



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO
EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA
PARROQUIA GUASAGANDA**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

AUTORAS:

Acosta Anchundia Karen Roxana
Campaña Herrera Cristina Isamar

TUTOR:

López Bósquez Jonathan Bismar

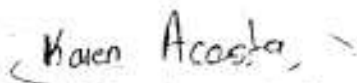
LA MANÁ-ECUADOR
AGOSTO-2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Karen Roxana Acosta Anchundia, con cédula de ciudadanía No. 1207907930, Cristina Isamar Campaña Herrera, con cédula de ciudadanía No. 0504336546 declaramos ser autoras del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”**, siendo el ing. Jonathan Bismar López Bósquez Mgs. Tutor del presente trabajo y, dejamos constancia de que la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales quedan exentos de toda responsabilidad legal derivada de eventuales reclamaciones o acciones judiciales relacionadas con el contenido del presente trabajo investigativo.

Así mismo, declaramos que todas las ideas, conceptos, procedimientos y resultados aquí expuestos son de nuestra absoluta y exclusiva responsabilidad.

La Maná, 28 de julio del 2025



Karen Roxana Acosta Anchundia
C.C: 1207907930



Cristina Isamar Campaña Herrera
C.C: 0504336546

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte ACOSTA ANCHUNDIA KAREN ROXANA con C.C. 1207907930 y CAMPAÑA HERRERA CRISTINA ISAMAR con C.C. 0504336546, de estado civil solteras, a quien en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **LAS CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Niveles de fertilización con nitrógeno y potasio en diferentes variedades de banano (*Musa spp*) en la parroquia Guasaganda”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Abril 2025 – Agosto 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de Julio del 2025

Tutor: Ing. Jonathan Bismar López Bósquez Mgs.

Tema: “**NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA PARROQUIA GUASAGANDA**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LAS CEDENTES** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LAS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta. v
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LAS CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

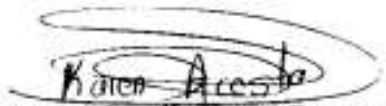
la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 07 días del mes de agosto del 2025.

DATOS PERSONALES



Acosta Anchundia Karen Roxana

LA CEDENTE



Campana Herrera Cristina Isamar

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor del proyecto de investigación sobre el título:

“NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”, de Karen Roxana Acosta Anchundia; Cristina Isamar Campaña Herrera, de la carrera de Agronomía, considero que dicho informe investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 22 de julio del 2025



Jonathan Bismar López Bósquez
C.C: 1205419292
TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, se aprueba el presente Informe de Investigación conforme a las disposiciones reglamentarias establecidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y su extensión La Maná. Las autoras, Karen Roxana Acosta Anchundia y Cristina Isamar Campaña Herrera, con el Proyecto de Investigación Titulado: **“NIVELES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA PARROQUIA GUASAGANDA”**, han considerado las observaciones realizadas oportunamente por el tribunal y el trabajo reúne los méritos necesarios para ser presentado en el acto de defensa del trabajo de titulación.

En virtud de lo expuesto, se autoriza la grabación de los archivos respectivos en un CD, conforme a la normativa institucional vigente.

La Maná, 28 de julio del 2025

Para lo consiguiente firman:



Kleber Augusto Espinosa Cunuhay
C.C: 0502612740
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Alex Enrique Salazar Saltos
C.C: 1803595584
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Eduardo Fabián Quinatoa Lozada
C.C: 1804011839
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, y de manera especial a la carrera de Agronomía, por brindarnos la oportunidad de formarnos académicamente y humanamente.

Valoramos profundamente el compromiso, la entrega y la calidad humana de cada uno de los docentes que, con su ejemplo nos guiaron a lo largo de este camino. Sus enseñanzas han dejado una huella significativa en nuestra formación y serán parte de nuestro ejercicio profesional.

De forma especial, expresamos nuestra gratitud al Ing. Jonathan López, quien, como tutor de este trabajo, nos acompañó con dedicación, compromiso y orientación constante. Su guía fue clave en la culminación de este proceso y en el logro de uno de nuestros más grandes objetivos: convertirnos en profesionales al servicio del agro y la sociedad.

**Karen
Cristina**

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuerza constante, mi guía y la luz que ha iluminado cada paso de este camino. Sin Su presencia, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, por su amor incondicional y los sacrificios diarios que han sido la base firme sobre la cual he construido mis sueños. Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Este logro no es solo mío, también es de ustedes, que me enseñaron a nunca rendirme.

A mi familia, por su apoyo inquebrantable y sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A aquellos seres amados que ya no están físicamente, pero viven eternamente en mi corazón: a mis abuelitos y hermanitas, mis angelitos en el cielo, gracias por ser mi fortaleza invisible. Esta meta alcanzada también lleva sus nombres.

Y a mis fieles compañeros de desvelos: mis mascotas. En cada noche de estudio, cuando el cansancio y la desmotivación me vencían, su silenciosa compañía y esos pequeños gestos hicieron todo más llevadero. Sin ustedes, habría sido mucho más difícil.

Karen

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, llena de fortaleza en medio del dolor.

A mis padres por su esfuerzo y dedicación, por los innumerables sacrificios que han hecho para que pudiera alcanzar mis metas, este trabajo es el reflejo de su amor y dedicación sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi hijo Christopher que es mi mayor motivación para seguir adelante su compañía y confianza en mí han sido fundamentales para llegar hasta aquí, a mis hermanos que con sus palabras me motivaron a seguir adelante este logro es fruto de su amor, confianza y presencia en mi vida con todo mi corazón les dedico este triunfo.

Cristina

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: NIVLES DE FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO Y POTASIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE BANANO (*Musa spp*) EN LA PARROQUIA GUASAGANDA

Autoras:

Acosta Anchundia Karen Roxana

Campaña Herrera Cristina Isamar

RESUMEN

La presente investigación evaluó la interacción entre tres cultivares de banano (Gros Michael, Williams y Orito) con diferentes dosis de nitrógeno (N) y potasio (K), para determinar su efecto en variables de crecimiento vegetativo en condiciones edafoclimáticas de la zona del Centro Experimental “Sacha Wiwa”, parroquia Guasaganda, cantón La Maná, Ecuador. Para ello, se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 24 tratamientos, combinando cuatro niveles de nitrógeno (0, 280, 380, 480 kg/ha) y cuatro de potasio (0, 500, 600, 700 kg/ha), aplicados a cada cultivar. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del fuste, número de hojas a la floración y a la cosecha, utilizando la prueba estadística de Tukey al 95 % para comparar los promedios. Los resultados mostraron interacciones significativas entre cultivares y fertilización, en el que Gros Michael presentó el mayor crecimiento estructural, alcanzando los 91,33 cm de diámetro de fuste con K-600 y hasta 400cm de altura, lo que confirma su alta exigencia nutricional y su potencial productivo bajo manejo intensivo. Orito, por su parte, destacó por su mayor retención foliar a la cosecha (7,33 hojas), atribuida a su tolerancia a la sigatoka negra y su ciclo corto. Williams mostró un desarrollo moderado pero estable, sin alcanzar los niveles máximos de las otras variedades. El manejo nutricional debe ser diferenciado por cultivar, priorizando dosis altas para Gros Michael y niveles intermedios para Orito y Williams, para lograr eficiencia fisiológica sin inducir desequilibrios. El análisis económico mostró que el cultivar Gros Michel, con 600 kg/ha de potasio, fue el más rentable (185%), siendo una buena opción para pequeños productores. Orito alcanzó mayor rendimiento con 380 kg/ha de nitrógeno, pero la mejor rentabilidad (89%) se logró con 280 kg/ha. Williams tuvo bajo desempeño, siendo poco rentable en las condiciones del estudio. Este estudio aporta criterios técnicos para optimizar la fertilización en cultivos de banano, considerando la respuesta genética y las condiciones agroambientales de cada zona.

Palabras clave: William; Orito; Gros Michel; Fertilización.

THECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

EXTENSION LA MANÁ

TITLE: LEVELS OF FERTILIZATION WITH NITROGEN AND POTASSIUM IN DIFFERENT VARIETIES OF BANANA (*Musa* spp) IN THE GUASAGANDA PARISH

Authors:

Acosta Anchundia Karen Roxana
Campaña Herrera Cristina Isamar

ABSTRACT

This research evaluated the interaction between three banana cultivars (*Gros Michael*, *Williams*, and *Baby banana*) and different doses of nitrogen (N) and potassium (K) to determine their effect on vegetative growth variables under the edaphoclimatic conditions of the “Sacha Wiwa” Experimental Center, Guasaganda parish, La Maná canton, Ecuador. A completely randomized bifactorial experimental design with 24 treatments was used, combining four nitrogen levels (0, 280, 380, 480 kg/ha) and four potassium levels (0, 500, 600, 700 kg/ha), applied to each cultivar. The evaluated variables were plant height, pseudostem diameter, number of leaves at flowering, and at harvest. Data were analyzed using Tukey’s statistical test at 95% significance to compare means. The results showed significant interactions between cultivars and fertilization. *Gros Michael* exhibited the greatest structural growth, reaching 91.33 cm in pseudostem diameter with K-600 and up to 5.3 m in height, confirming its high nutritional demand and productive potential under intensive management. *Baby banana*, meanwhile, stood out for its higher leaf retention at harvest (9.67 leaves), attributed to its tolerance to black Sigatoka and its short cycle. *Williams* showed moderate but stable development, without reaching the maximum values observed in the other cultivars. Nutritional management should be tailored to each cultivar, prioritizing high doses for *Gros Michael* and intermediate levels for *Orito* and *Williams*, to achieve physiological efficiency without inducing imbalances. The economic analysis showed that the Gros Michel cultivar, with 600 kg/ha of potassium, was the most profitable (185%), making it a good option for small producers. Baby banana achieved higher yields with 380 kg/ha of nitrogen, but the best profitability (89%) was achieved with 280 kg/ha. Williams performed poorly, being unprofitable under the conditions of the study. This study provides technical criteria to optimize banana crop fertilization based on genetic response and the agro-environmental conditions of each production zone.

Keywords: William; Baby banana; Gros Michel; Fertilization.

INDICE GENERAL

<i>AGRADECIMIENTO</i>	viii
<i>DEDICATORIA</i>	ix
<i>DEDICATORIA</i>	x
INDICE GENERAL	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. Objetivo general	6
6.2. Objetivo específico	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	8
8.1. Fertilización	8
8.2. Origen del banano.....	8
8.3. Importancia económica del banano	9
8.4. Producción de banano en Ecuador	10
8.5. Taxonomía del banano	11
8.6. Variedades de banano	11
8.6.1. Orito.....	11
8.6.2. Williams.....	12
8.6.3. Gross Michael.....	12
8.7. Descripción botánica del banano	13

8.7.1. Sistema radicular	13
8.7.2. Rizoma o bulbo.....	14
8.7.3. Hojas.....	14
8.7.4. Pseudotallo	15
8.7.5. Inflorescencia o bellota.....	15
8.7.6. Fruto	16
8.8. Condiciones edafoclimáticas	16
8.8.1. Clima	16
8.8.2. Altitud.....	16
8.8.3. Precipitaciones y requerimientos de agua	17
8.9. Valor nutricional del banano.....	18
8.10. Nitrógeno.....	19
8.10.1. El nitrógeno en el suelo	19
8.10.2. Fijación del nitrógeno.....	19
8.10.3. Procesos de transformación de nitrógeno en el suelo.....	20
8.10.4. Cómo actúa el nitrógeno en las plantas	20
8.10.5. Deficiencia de nitrógeno.....	21
8.10.6. El nitrógeno y el estrés hídrico	21
8.10.7. Indicadores del uso del nitrógeno.....	21
8.10.8. Efectos en el ecosistema por el uso de nitrógeno	22
8.10.9. Formas de absorción de nitrógeno por las plantas.....	22
8.10.10. Pérdidas del nitrógeno en el suelo	22
8.11. Potasio.....	23
8.11.1. El potasio en el suelo	24
8.11.2. Fijación del potasio.....	24
8.11.3. Procesos de transformación de potasio en el suelo.....	24
8.11.4. Funciones del potasio en las plantas.....	25

8.11.5. Deficiencia de potasio.....	25
8.12. El potasio y el estrés hídrico.....	26
8.13. Indicadores del uso del potasio.....	26
8.13.1. Efectos en el ecosistema por el uso de potasio.....	27
8.13.2. Formas de absorción del potasio por las plantas.....	27
8.13.3. Pérdidas del potasio en el suelo.....	28
8.14. Antecedentes investigativos.....	28
9. HIPÓTESIS.....	30
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
10.1. Ubicación y duración del proyecto.....	31
10.2. Tipos de investigación.....	31
10.2.1. Investigación Documental.....	31
10.2.2. Investigación Experimental.....	31
10.2.3. Investigación Descriptiva.....	31
10.3. Técnicas.....	32
10.4. Material vegetal.....	32
10.5. Otros materiales y equipos.....	33
10.6. Factores en estudio.....	33
10.7. Diseño experimental.....	34
10.8. Manejo de la Investigación.....	34
10.8.1. Limpieza del lote de musáceas.....	35
10.8.2. Toma de muestras de suelo para análisis físico-químico.....	35
10.8.3. Deshoje.....	35
10.8.4. Deschante.....	35
10.8.5. Deshije.....	36
10.8.6. Limpieza y corona de las plantas.....	36
10.8.7. Apuntalamiento.....	36
10.8.8. Registro de datos.....	36

10.8.9. Fertilización	36
10.9. Variables a evaluar.....	37
10.9.1. Altura de planta	37
10.9.2. Número de hojas.....	38
10.9.3. Ancho de hoja.....	38
10.9.4. Largo de hoja	38
10.9.5. Diámetro de fuste.....	38
10.9.6. Clorofila.....	38
10.9.7. Peso del racimo.....	38
10.9.8. Número de manos.....	39
10.9.9. Eficiencia Agronómica	39
10.9.10. Análisis económico.....	39
11. RESULTADOS Y DISCUSION	42
11.1. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Altura de planta.	42
11.2. Efecto simple del factor dosis de N y K, en la variable Altura de planta.	42
11.2.1. Interacción entre cultivares y dosis de N y K en la variable Altura de planta.	43
11.3. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de hojas.	45
11.4. Efecto simple del factor dosis de N y K, en la variable Número de hojas.	45
11.4.1. Interacción entre cultivares y dosis de N y K en la variable Número de hojas.	46
11.5. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Diámetro de fuste.....	47
11.6. Efecto simple del factor dosis de N y K en la variable Diámetro de fuste.	48
11.6.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Diámetro de fuste.	49
11.7. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Ancho de hoja.	51
11.8. Efecto simple del factor dosis de N y K en la variable Ancho de hoja.....	51
11.8.1. Interacción entre cultivares, dosis de nitrógeno y potasio en la variable Ancho de hoja.	52

11.9. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Largo de hoja.	53
11.10. Efecto simple del factor dosis con N y K en la variable Largo de hoja.....	54
11.10.1. Interacción entre cultivares, dosis de nitrógeno y potasio en la variable Largo de hoja.	55
11.11. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable de Clorofila.....	56
11.12. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Clorofila.	57
11.13. Análisis de la interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Clorofila.	58
11.14. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de hojas.	59
11.15. Efecto simple del factor dosis con N y K en la variable Número de hojas.	61
11.15.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Número de hojas.	61
11.16. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Peso del racimo.	63
11.17. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Peso del racimo.	63
11.17.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Peso del racimo.....	64
11.18. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Rendimiento kg/ha/año.....	65
11.19. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Rendimiento kg/ha/año.	66
11.18.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Rendimiento kg/ha/año.	67
11.20. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de manos.	68
11.21. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Número de manos.	69
11.21.1. Interacción entre cultivares de banano y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Número de manos.....	70
11.22. Eficiencia Agronómica	72
12. ANALISIS ECONOMICO.....	75
13. IMPACTOS	77
14. PRESUPUESTO.....	78

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
15.1 CONCLUSIONES.....	79
15.2 RECOMENDACIONES	80
16. BIBLIOGRAFÍA	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	7
Tabla 2 Taxonomía del cultivo de banano.	11
Tabla 3 Valor nutricional de Musa spp.	18
Tabla 4 Descripción del material vegetal.	32
Tabla 5 Materiales y equipos.	33
Tabla 6 Esquema de análisis de varianza.....	34
Tabla 7 Tratamientos en Estudio.	37
Tabla 8 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable altura de planta. ...	42
Tabla 9 Efecto simple de los factores dosis N y K en la variable altura de planta para el factor cultivares de banano.	43
Tabla 10 Interacción altura de planta a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	44
Tabla 11 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable número de hojas a la emisión de la bellota.	45
Tabla 12 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable número de hojas para el factor cultivares de banano.	46
Tabla 13 Interacción número de hojas la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	47
Tabla 14 Efecto simple en los factores cultivares de banano en la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota.	48
Tabla 15 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.....	49
Tabla 16 Interacción diámetro de fuste a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	50
Tabla 17 Efecto simple en los factores cultivares de banano en la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota.	51
Tabla 18 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable ancha de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.	52
Tabla 19 Interacción del ancho de hoja a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	53
Tabla 20 Efecto simple de los factores cultivares de banano, largo de hoja a la emisión de la bellota.	54

Tabla 21 Efecto simple en factores dosis con N y K largo de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.	55
Tabla 22 Interacción del largo de hoja a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	56
Tabla 23 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable clorofila.	57
Tabla 24 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable clorofila de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.....	58
Tabla 25 Interacción clorofila a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	59
Tabla 26 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable número de hojas a la cosecha.....	60
Tabla 27 Efecto simple en factores dosis con N y K variable número de hojas a la cosecha ..	61
Tabla 28 Interacción número de hojas a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	62
Tabla 29 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable peso del racimo.	63
Tabla 30 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable peso del racimo.	64
Tabla 31 Interacción peso de racimo a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	65
Tabla 32 Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable rendimiento.	66
Tabla 33 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable rendimiento /ha/año.	67
Tabla 34 Interacción rendimiento/ha/año a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	68
Tabla 35 Efecto simple de los factores cultivares de banano, variable número de manos.	69
Tabla 36 Efecto simple en factores dosis con N y K la variable número de manos.....	70
Tabla 37 Interacción número de manos a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.....	71
Tabla 38 Análisis económico de los tratamientos en estudio en las diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.	76
Tabla 39 Presupuesto de la Investigación.....	78

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Eficiencia agronómica de nitrógeno en repuesta al estudio con niveles de nitrógeno en tres cultivares de Banano.	73
Gráfica 2 Eficiencia agronómica de potasio en repuesta al estudio con niveles de nitrógeno en tres cultivares de Banano.	74

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:	Niveles de fertilización con nitrógeno y potasio en diferentes variedades de banano (<i>Musa spp</i>) en la parroquia Guasaganda
Fecha de inicio:	Abril 2025
Fecha de finalización:	Agosto 2025
Lugar de ejecución:	Centro Experimental “Sacha Wiwa” Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi
Facultad que auspicia:	Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
Carrera que auspicia:	Agronomía.
Equipo de trabajo:	Karen Roxana Acosta Anchundia Cristina Isamar Campaña Herrera
Tutor de Tesis:	Ing. Jonathan Bismar López Bósquez
Área de conocimiento:	Agricultura, Agronomía, Producción, Ecológica.
Línea de investigación:	Producción agrícola sostenible.
Sub línea de investigación:	Tecnología para la agricultura.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El cultivo de banano se consolida como el cuarto cultivo alimenticio de mayor relevancia, superado solo por el maíz, el arroz y el trigo. Este fruto representa cerca del 15% del volumen total de la producción frutícola en el mundo. Desempeñando un papel significativo en el crecimiento económico y social de varios países tropicales e intertropicales, principalmente por su aporte en la generación de empleos y divisas. (Vargas *et al.* 2017).

El banano es una de las frutas tropicales de mayor demanda a nivel global, atribuible principalmente a su elevado contenido energético. Más del 81% de las exportaciones mundiales se concentran en diez países, en su mayoría latinoamericanos. Ecuador se destaca como el principal productor y exportador mundial, con un promedio anual de exportaciones que superan las 6 millones de toneladas métricas distribuidas en diversos continentes. Esta actividad representa la segunda fuente generadora de ingresos del país, después del petróleo, y constituye un pilar clave para su desarrollo económico. (León *et al.* 2021).

Ecuador lidera la producción mundial de banano con exportaciones anuales que superan los 6 millones de toneladas métricas destinadas a distintos mercados internacionales. En el año 2020 se exportaron 37,6 millones de cajas, superando las cifras registradas en años anteriores. Según datos de la asociación de exportadores de banano del Ecuador (AEBE), hasta noviembre de 2019 se habían exportado 32,7 millones de cajas, mientras que en 2018 se reportaron 31,4 millones (Mariscal, 2020). La producción bananera se concentra principalmente en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos que agrupan el 41%, 34% y 16% de los productores respectivamente. La provincia de El Oro alberga la mayor proporción de pequeños productores (aproximadamente 42%), mientras que los grandes productores se localizan mayoritariamente en Guayas y Los Ríos. (Ministerio de Comercio Exterior, 2017).

En el Cantón La Maná, la agricultura constituye la principal actividad económica de la población destacándose el cultivo de banano, siendo uno de los cultivos principales dentro de sus actividades agrícolas. Este producto es de gran importancia económica, ya que esto ayuda a impulsar un mejor desarrollo de los pequeños y medianos productores; además, es una gran fuente de empleo para las familias ecuatorianas.

La presente investigación se desarrolló en el centro experimental “Sacha Wiwa”, ubicado en la parroquia Guasaganda, cantón La Maná, con el propósito de evaluar el efecto de distintas dosis de nitrógeno y potasio en distintas variedades de banano. Para ello se establecieron tratamientos

con diferentes niveles de fertilización con N y K. el diseño experimental empleado fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un arreglo factorial A x B, donde el factor A correspondió (variedades de banano) y el factor B (dosis de fertilizante), con tres repeticiones por tratamiento. Con la implementación de la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de probabilidad.

Asimismo, se valoraron variables correspondientes a la floración, tales como: altura de planta, número de hojas, ancho de hoja, diámetro de fuste, largo de hoja, clorofila. En la fase de cosecha, se evaluaron variables como: peso del racimo y número de manos. Esta investigación se enmarca en el proyecto generativo denominado “Gestión administrativa, financiera y técnica en el sector agrícola del cantón La Maná”, el cual tuvo una duración de 8 meses (243 días).

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El banano constituye el principal producto agrícola generador de ingresos para el Ecuador superando en aporte económico a cultivos como el café y el cacao. De acuerdo con registros del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), existen 162.039 hectáreas destinadas al cultivo de banano, de las cuales el 12% corresponde a producción orgánica, mientras que el 88% restante se orienta al sistema de producción convencional. (Mata *et al.* 2021).

El comercio del banano representa una fuente estratégica de ingresos para el Ecuador, constituyéndose como el segundo rubro económico más importante después del petróleo. esta actividad incide de manera significativa en el desarrollo económico del país. Según datos de la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Ecuador constituye con más de un tercio del total de exportaciones mundiales de banano registrado en ventas anuales entre 80 y 85 millones de cajas, lo que equivale aproximadamente al 40% de su producción nacional. Esta participación lo posiciona como el principal exportador de banano a nivel global, destacándose por ofrecer fruta de alta calidad y sabor exquisito y cuya producción ha alcanzado estándares internacionales de protección medioambiental. (Vásquez, 2012).

La fertilización en el cultivo de banano ha sido sujeta a investigaciones por toda América Latina, centrándose en países como Costa Rica Ecuador y Colombia Estas investigaciones han contribuido significativamente a comprender la respuesta del cultivo de manejo nutricional. (Espinosa & Mite, 2010).

El nitrógeno (N) y el potasio (K) son nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo del cultivo de banano. En particular, el nitrógeno desempeña un papel fundamental en el crecimiento vegetativo, ajustándose a las demandas nutricionales de la planta. (Roman *et al.* 2023). El adecuado desarrollo y reproducción del cultivo dependen de la eficiente absorción de nutrientes desde el suelo, por lo que en el manejo nutricional constituye 1 de los componentes más relevantes en la producción, con incidencia directa en el rendimiento y la calidad del fruto. Cabe destacar que los cultivos frutales presentan una alta demanda de elementos minerales, por lo que sus elevados niveles de productividad solo pueden mantenerse mediante el suministro balanceado de nutrientes en dosis adecuadas. (Rivas, 2020).

Por lo tanto en este estudio se evaluó el efecto de distintas dosis de fertilización con nitrógeno y potasio en distintas variedades de banano, con el objetivo de optimizar la rentabilidad de las plantaciones a través de una mejora en el crecimiento y la productividad del cultivo. Esta práctica ayuda a la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente, las cuales resultará del uso excesivo de los fertilizantes sintéticos. Al aplicar diferentes técnicas se busca que los agricultores puedan obtener un mejor ingreso y una mayor estabilidad económica por lo que es esencial la implementación de métodos eficientes de fertilización, con la finalidad de garantizar el fruto de las producciones bananeras.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios sobre los resultados obtenidos de esta investigación son los integrantes del colegio intercultural bilingüe “Jatari Unancha” y los productores de la parroquia Guasaganda por lo que tendrán una alternativa para optimizar el uso de fertilizantes generando ganancias para los agricultores.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de esta investigación son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes, a través del desarrollo de actividades de campo y la aplicación práctica de ensayos experimentales, fortalecerán sus conocimientos teóricos mediante la experiencia adquirida en el proceso investigativo.

5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La agricultura convencional se sustenta en el uso de fertilizantes sintéticos para maximizar los rendimientos agrícolas. No obstante, su aplicación excesiva ha generado impactos ambientales significativos, como la eutrofización, toxicidad del agua, La contaminación de aguas subterráneas la polución del aire la degradación del suelo y de los ecosistemas, así como el desequilibrio biológico y la reducción de la biodiversidad. Cabe destacar que las plantas únicamente logran absorber entre el 30% y el 50% de los fertilizantes químicos aplicados lo que implica una pérdida considerable de nutrientes hacia el suelo y el ambiente.

El nitrógeno es 1 de los nutrientes esenciales más determinantes en la productividad agrícola ya que forma parte de enzimas, proteínas, ADN y clorofila. Sin embargo, su uso excesivo provoca problemas significativos como la eutrofización la acidificación y la toxicidad de forma particularmente crítica, la intensificación del proceso de eutrofización en cuerpos de agua, lo cual compromete la calidad de los ecosistemas acuáticos.

En consecuencia, una mayor disponibilidad de nitrógeno puede favorecer el rendimiento de las plantas, Sin embargo, también conlleva alteraciones en el equilibrio del ciclo del nitrógeno La acidificación de suelos y cuerpos de agua dulce se deben a la absorción y posterior asimilación del Ion amonio por parte de las raíces Proceso que ocurre durante la nitrificación y la lixiviación del nitrato. además, Finalmente la toxicidad directa se debe a el amoníaco y el dióxido de nitrógeno, ambos en forma gaseosa. (González, 2019).

De acuerdo con estudios realizados, los agricultores de todo el mundo aplican anualmente alrededor de 115 millones de toneladas de fertilizantes a sus cultivos, de las cuales únicamente el 35% de esta cantidad es aprovechada por los cultivos lo que implica que cerca de 75 millones de toneladas terminan siendo liberadas en los entornos naturales generando impactos ambientales considerables. (Ritchie, 2021). La sobre fertilización, junto con un riego excesivo son dos de las causas más comunes en la aparición de enfermedades en los cultivos. Estas prácticas deterioran la salud de las plantas las cuales presentan un crecimiento deficiente, además, de la quema de la punta de las raíces debido a la acumulación de sales que contienen estas sustancias. En este aspecto es fundamental reconocer que la fertilización influye directamente en la sanidad vegetal tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes pueden aumentar la susceptibilidad de las plantas a diversas enfermedades lo que conlleva considerables pérdidas en la producción agrícola. (Probelte, 2019).

En las plantaciones de banano del Ecuador se ha utilizado en grandes cantidades fertilizantes a base de N y K más como resultado de una "tradicón" iniciada alrededor de 1948. Como consecuencia de usar inadecuadamente los fertilizantes, ha provocado una baja fertilidad de los suelos (Troya, 2019).

Por otro lado, los bajos niveles de productividad en el cultivo de banano suelen estar vinculados a una baja disponibilidad de K ya sea por deficiencias nutricionales o por desequilibrios en la absorción. En contraste las aplicaciones continuas y en exceso de potasio puede generar acumulaciones que inducen desórdenes nutricionales en la planta. Siendo este elemento fundamental para la producción y calidad del fruto. (Moreno *et al.* 2011).

Esta problemática refleja la situación actual de la producción bananera en el cantón La Maná donde el uso intensivo de insumos químicos en los últimos años ha generado desequilibrios en el suelo disminución de su fertilidad deficiencias en la absorción de nutrientes y formación de racimos de menor tamaño. Bajo este contexto se formuló el presente proyecto titulado "Niveles de fertilización con nitrógeno y potasio en diferentes variedades de banano (*Musa spp*) en la parroquia Guasaganda" cuya finalidad es conocer las cantidades idóneas para la producción de banano y sus beneficios en los procesos fisiológicos de la planta.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar los niveles de fertilización con nitrógeno y potasio en diferentes variedades de banano (*Musa spp*) en la parroquia Guasaganda.

6.2. Objetivo específico

- Determinar la respuesta agrónómca a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y potasio en la producción del cultivo de banano.
- Establecer las diferencias en el rendimiento de banano por efecto de la aplicación de potasio y nitrógeno.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Determinar la respuesta agronómica a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y potasio en la producción del cultivo de banano.	*Establecimiento del trabajo de campo y niveles de nitrógeno y potasio.	*Registro de variables como altura de planta, número de hojas, ancho de hoja, diámetro de fuste, largo de hoja y clorofila.	*Libro de campo *Fotografías
Establecer las diferencias en el rendimiento de banano por efecto de la aplicación de potasio y nitrógeno.	*Aplicación de niveles de nitrógeno y potasio *Registro de variables agronómicas	*Peso del racimo (kg) *Número de manos	*Libro de campo *Fotografías
Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.	*Determinar los costos de producción del cultivo de banano. *Rentabilidad *Costo-Beneficio	*Costo de producción *Beneficio/Costo	Excel Análisis Económico

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Fertilización

La fertilización en el cultivo de banano es clave para asegurar altos rendimientos y calidad de la fruta. Los nutrientes esenciales incluyen nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, siendo el nitrógeno y el potasio los más demandados. El nitrógeno favorece el crecimiento, mientras que el potasio es crucial para la fotosíntesis y el llenado de la fruta. La fertilización debe ajustarse según análisis de suelo y foliares, aplicando dosis fraccionadas a lo largo del año para maximizar la absorción. Un manejo adecuado ha permitido a países lograr altos rendimientos, pero la fertilización debe complementarse con otros factores agronómicos para garantizar el éxito del cultivo. En suelos con bajos niveles de fósforo y potasio, se recomienda la aplicación de aproximadamente 25 kg/ha/año de fósforo y entre 200 y 250 kg/ha/año de potasio. La aplicación de fertilizantes químicos debe realizarse posterior a las labores de limpieza y deshije, preferiblemente cerca del hijuelo seleccionado para el siguiente ciclo productivo. (Bonilla, 2021).

La aplicación de fertilizantes, particularmente nitrógeno y potasio, siguiendo recomendaciones técnicas y dosis adecuadas, permite maximizar el potencial productivo del cultivo de banano. Esta práctica contribuye a evitar costos de producción innecesarios y reduce el deterioro del suelo, lo que traduce en un aumento del rendimiento y una mejora en la rentabilidad del sistema agrícola. Para lograr estos beneficios, es fundamental que la fertilización se ajuste a los requerimientos específicos del cultivo, considerando las condiciones edáficas propias de la zona de producción, ya que tanto las necesidades nutricionales del suelo como la eficiencia en el uso de los nutrientes pueden variar significativamente entre localidades. (Vivas *et al.* 2018).

8.2. Origen del banano

Históricamente, se originó en el sudeste asiático, El cultivo de banano se remonta a aproximadamente 10 000 años atrás, y los primeros indicios de su domesticación se han identificado en la región de Nueva Guinea, hacia el siglo VII a.C. Aún se halla en estado salvaje en Filipinas e Indonesia; sin embargo, el origen inicial no está totalmente claro. En tiempos anteriores, esta planta herbácea se producía por medio de semillas; en la actualidad, los vínculos naturales la amplia variabilidad genética a lo largo del tiempo ha dado lugar a la aparición de numerosas variedades de banano sin semillas esta especie herbácea forma parte de la familia de las musáceas, clase monocotiledónea. Algunas variedades se han manejado como plantas

ornamentales, que se consumen también por sus fibras naturales para materiales de construcción e incluso remedios naturales. Además, se ha observado diversidad de variedades de este cultivo donde se ha permitido ser un alimento apropiado para las personas por su sabor y un alto valor nutritivo (Carrión, 2018).

8.3.Importancia económica del banano

El cultivo de banano (*Musa AAA*) representa la principal actividad agrícola del Ecuador, tanto por su relevancia económica como por su impacto social. En términos de exportación, el país registró la salida de 265.587.828 cajas de 18,14 kg, equivalentes a aproximadamente 4,83 millones de toneladas métricas, lo que constituye cerca de un tercio del total de exportaciones mundiales. Esta actividad genera ingresos cercanos a los 1.900 millones de dólares por concepto de divisas y alrededor de 90 millones de dólares en impuestos para el Estado. En términos macroeconómicos, el banano aporta el 3,84% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, el 50% al PIB agrícola y representa el 20% de las exportaciones privadas del país. Además, la cadena de valor del banano proporciona empleo a más de un millón de familias, lo que equivale a aproximadamente 2,5 millones de personas, es decir, cerca del 17% de la población ecuatoriana depende directa o indirectamente de esta industria. El mercado internacional del banano ecuatoriano es amplio y diversificado, con principales destinos en la Unión Europea (42%), Estados Unidos (21%), Rusia (20%) y el Cono Sur (6%), mientras que el 11% restante se dirige a mercados emergentes o marginales como Medio Oriente, Europa del Este, África del Norte y Asia.(Cedeño G. , 2017).

Las principales provincias productoras de banano en el Ecuador son el Oro Guayas y Los Ríos concentrando el 41%, 34% y 16% de la producción nacional respectivamente. La provincia de El Oro se caracteriza por albergar la mayor proporción de pequeños productores bananeros (alrededor del 42), mientras que Guayas y Los Ríos son las zonas donde se ubican predominantemente los grandes productores y empresarios del sector. En conjunto, El Oro y Guayas abarcan el 80% del área cosechada, con aproximadamente 200.000 hectáreas dedicadas al cultivo de banano. A nivel nacional, El Oro cuenta con el mayor número de haciendas bananeras: en el año 2021 se reportaron 5.737 fincas, de las cuales más del 41% se localizan en dicha provincia. Cabe destacar que el sector bananero ecuatoriano se vio afectado durante la pandemia de COVID-19, debido a que más del 10% de las exportaciones tenían como destino China, y cerca del 30% se dirigían a Europa y Medio Oriente, regiones que implementaron cierres fronterizos durante la emergencia sanitaria. (Mata *et al.* 2021).

8.4. Producción de banano en Ecuador

El banano se posiciona como una de las frutas tropicales de mayor demanda a nivel global, principalmente por su alto contenido energético. Más del 81% de las exportaciones mundiales de este fruto provienen de tan solo 10 países en su mayoría ubicados en América Latina y el Caribe, lo cual responde a las condiciones agroecológicas favorables para su cultivo en estas regiones. (Plaza, 2024).

Ecuador se ha consolidado como el principal exportador mundial de banano, destacando especialmente en el mercado de la unión europea, al cual destina aproximadamente el 40% de sus envíos. Este producto ocupa un lugar clave en la economía nacional, siendo la segunda fuente de ingresos más importante después del petróleo. Según datos de Organización unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), el país cubre por sí solo más de un tercio del comercio internacional de esta fruta, con exportaciones que oscilan entre 80 y 85 millones de cajas lo que representa cerca de 40% de su producción total. Este liderazgo no solo se debe al volumen, sino también a la calidad de banano ecuatoriano, reconocido por su sabor y por cumplir con rigurosos estándares internacionales en cuanto a sostenibilidad y protección ambiental. Además, gracias a su ubicación geográfica en la ecuatorial, Ecuador goza de un clima tropical estable que permite la producción y exportación de banano durante todo el año. (Vásquez, 2012).

Durante el año 2023, la superficie destinada a la cosecha de banano en Ecuador alcanzó las 175.181 hectáreas, lo que representa un incremento del 4,6% en comparación al año anterior. Esta actividad agrícola se concentra principalmente en la región costa del país, principalmente en tres provincias, Los Ríos, Guayas y El Oro concentran en conjunto en 89,0% del total de área cultivada, mientras que la región sierra contribuye con 11,0% restante. En cuanto a la producción, se registran 7.2 millones de toneladas de banano durante el mismo año, lo que significó un crecimiento del 17,8% respecto al 2022. (Ipiates & Cuichán, 2024).

8.5. Taxonomía del banano

En la siguiente tala se muestra la taxonomía del cultivo de banano:

Tabla 2: Taxonomía del cultivo de banano.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Familia:	Musáceas
Genero:	Musa
Especie:	paradisiaca

Fuente: (Pineda, 2021)

8.6. Variedades de banano

El banano representa uno de los cultivos agrícolas más relevantes para la economía ecuatoriana, no solo por su significancia, contribución al producto interno bruto, sino también por el papel que desempeña en la generación de empleo a nivel nacional. En las principales zonas productoras, los agricultores cuentan con diversas variedades que se ajustan a las condiciones edafoclimáticas particulares de cada región, lo que permite una producción eficiente y sostenida. Estas variedades se encuentran distribuidas estratégicamente en distintas áreas del país, donde se pueden encontrar cultivares como Cavendish, Williams, entre otros, las cuales son utilizadas no obstante también se cultivan otros genotipos como el Gross Michael, los mismos que son utilizados por productores pequeños (Vargas *et al.* 2017).

8.6.1. Orito

El banano orito es una variedad tradicional originaria del cantón Bucay, en la provincia del Guayas y se ha consolidado como un cultivo emblemático de la zona. Su producción se destina principalmente al mercado estadounidense donde goza de alta aceptación gracias a su característico sabor dulce. Además de Guayas, del cultivo orito también está presente en otras provincias como Azuay, El Oro, Bolívar, Cotopaxi y Chimborazo. A nivel nacional, se estima que existe aproximadamente 8.000 hectáreas destinadas a su producción bajo sistemas orgánicos. Este cultivo representa una fuente importante de sustento económico para muchas familias, especialmente en las provincias mencionadas, donde predomina el manejo orgánico y tradicional. La producción de orito ha estado mayoritariamente en manos de pequeños y

medianos agricultores, quienes a menudo enfrentan limitaciones económicas y tecnológicas. Su cultivo se extiende por todas las regiones continentales del Ecuador (Costa-Sierra y Amazonia), y en algunas zonas se le conoce con el nombre de “almendra”, su fruta se caracteriza por una pulpa amarilla clara, suave, pastosa, de sabor dulce y aroma intenso al madurar. El ciclo entre siembra y cosecha varía entre 8,4 y 9,7 meses. Según la experiencia de los productores, las condiciones óptimas para obtener fruta de calidad exportable se encuentran en altitudes entre los 200 y 800 m.s.n.m, donde también se registra una menor incidencia de enfermedades en comparación con zonas más elevadas. (Freire & Jaime, 2015).

8.6.2. Williams

La variedad Williams se destaca por su alta productividad y por la calidad del fruto que ofrece. Su morfología la clasifica como una planta semi enana, con un pseudotallo robusto y un sistema radicular bien desarrollado, lo que le proporciona mayor resistencia al volcamiento causado por vientos fuertes. Esta estructura también le permite adaptarse eficientemente a condiciones climáticas, edáficas e hídricas adversas. No obstante, su principal limitación es su alta vulnerabilidad frente a nematodos y a la enfermedad conocida como sigatoka negra. Dentro de las variedades de banano destinadas a la exportación, Williams ocupa el segundo lugar en importancia después del cultivar Gran Enano. Su pseudotallo puede alcanzar alturas de entre 3,5 y 4,0 metros, y sus hojas adoptan una disposición ligeramente vertical, lo que se traduce en un menor potencial fotosintético comparado con el Gran Enano. Sin embargo, esta característica también les confiere cierta tolerancia a enfermedades foliares.

En cuanto al racimo, este presenta una forma más cónica que el del gran enano y requiere un manejo más cuidadoso, particularmente en la poda manual. La variedad Williams se adapta bien a escenarios desfavorables, siempre que se establezca una densidad de siembra adecuada. Esto es clave para garantizar una buena relación racimo/año y prolongar la vida productiva del cultivo. (Cuellar & Morales, 2006).

8.6.3. Gross Michael

La variedad Gros Michael apareció en América hasta inicios del siglo XIX. Jean François Pouyat, botanista francés, esta variedad tiene su origen en la Región de Guadalupe y, en el contexto ecuatoriano, su presencia es limitada, ya que solo se cultiva una reducida cantidad de hectáreas. Localmente es conocida con el nombre de “Guineo Seda”, la ventaja de esa especie es que soporta los rigores del transporte por su piel gruesa, racimos compactos y maduración

uniforme, se convirtió en la primera fruta de temporada a precios accesibles para los estadounidenses, entre 1875 y 1894, además, tiene una altura que varían 3,3 y 5,3 metros. Su pseudotallo presenta una coloración que va desde el verde amarillento hasta el verde parduzco, con manchas oscuras visibles en su superficie. En su interior, los tonos predominantes son rosados y morados. Las hojas son de un verde claro, mientras que el peciolo muestra una transición cromática de verde claro a un tono amarillo verdoso. El racimo es de forma cilíndrica, compuesto por manos compactas que oscilan entre 9 y 13, y puede alcanzar un peso entre 27 y 63 kg. El fruto se caracteriza por su gran tamaño, pulpa firme y sabor dulce; presenta una cascara gruesa y una cutícula resistente, que se torna de color amarillo al alcanzar la madurez. Las brácteas externas son purpuras mientras que en su interior presentan tonalidades rojo intenso con amarillo limón. Estas se enrollan después de abrirse, y la parte masculina de la inflorescencia evidencia un geotropismo acentuado. El ciclo vegetativo de esta variedad se sitúa entre 9,7 y 10,6 meses. Desde el punto de vista fitosanitario, es susceptible a enfermedades como Sigatoka Negra, Moko y Mal de Panamá, aunque presenta una baja sensibilidad frente a los nematodos. (Orellana *et al.* 2008).

8.7. Descripción botánica del banano

8.7.1. Sistema radicular

El sistema radicular del banano constituye la base esencial para el crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo, porque además de ser un soporte para la planta, es la principal vía para la adsorción de agua y nutrientes esenciales que la planta utiliza durante todo su desarrollo. Otra función que realiza el sistema radicular es almacenar productos para una alimentación adecuada, formando un entorno apropiado para los diversos macro y microorganismos benéficos en la rizosfera lo que convierte al sistema radicular en uno de los órganos más relevantes de las plantas. (Tuz, 2018).

Una planta de banano en condiciones óptimas de crecimiento puede desarrollar entre 200 y 500 raíces. Estas estructuras cumplen funciones esenciales como el anclaje al suelo, la absorción del agua y nutrientes, así como la síntesis y almacenamiento de hormonas. No obstante, su desarrollo y funcionamiento están influenciados por las características físicas y químicas del suelo en el que se establecen. (Galan *et al.* 2018).

En términos generales, las plantas cultivadas en suelos pesados presentan un desarrollo radicular más limitado en comparación con aquellas establecidas en suelos de textura liviana.

El sistema radicular del banano suele concentrarse en el perfil del suelo comprendido entre los 20 y 50 cm de profundidad. Su crecimiento está condicionado por diversos factores, entre ellos; la textura y estructura del suelo, la disponibilidad de oxígeno, el nivel de humedad influenciado por el drenaje y el riego, la fertilidad del suelo, el grado de compactación y el uso de insumos químicos. (Capa *et al.* 216).

Para la formación del sistema radicular deben estar presentes una diversidad de componentes (nutrientes, vitaminas) que son la base para un buen desarrollo de las raíces. El nutriente o macroelemento principal para obtener un mejor crecimiento y desarrollo de la raíz es el fósforo (P), este sistema desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas de banano. Se ha observado que entre el 60% y 70% de las raíces se los localizan en los primeros 30 cm de profundidad del suelo, mientras que entre un 10 y 15% se distribuyen en capas más profundas. (Yanez, 2022).

8.7.2. Rizoma o bulbo

El rizoma en el caso del banano, corresponde al eje subterráneo de la planta caracterizado por su corto, grueso y de crecimiento erecto, con entre nudos vestigiales poco desarrollados. Está compuesto principalmente por tejido parenquimático, rico en gránulos de almidón. En su parte superior se origina el follaje, mientras que en la inferior emergen las raíces adventicias. Su función principal es actuar como órgano de reserva, almacenando compuestos esenciales para el desarrollo de las plantas (Galan *et al.* 2018).

El bulbo, la mayoría del material, está compuesto de parénquima rico en gránulos de almidón, por lo que su papel es fundamental para la planta, por su almacenamiento de reservas energéticas. Su estructura es cilíndrica, gruesa y carnosa, con entrenudos vestigiales. En la parte superior se encuentra el pseudotallo, agregado su follaje, y en la inferior, sus raíces (Pineda, 2021).

8.7.3. Hojas

Las hojas del banano se caracterizan por ser lisas, tiernas, con un ápice truncado y una base redondeada. Tienen nervaduras verticales que se extienden a lo largo de toda la lámina foliar, lo que provoca que, con el tiempo tienda a desgarrarse de manera natural otorgándoles un aspecto desordenado. En promedio, una planta posee entre 5 y 15 hojas funcionales, siendo 10 el número mínimo necesario para que se considere fisiológicamente madura. La vida útil de

cada hoja no supera los dos meses. El desarrollo foliar ocurre dentro del pseudotallo, desde donde emergen arrolladas en forma de cigarro. Estas hojas son de gran tamaño, color verde intenso y se disponen en espiral alrededor del pseudotallo. Su longitud puede variar entre 2 y 4 metros con un ancho de hasta 1.5 metros. En su fase adulta, adoptan una forma oval oblonga, con ápice obtuso y una ligera asimetría entre los semi limbos. El número total de hojas que una planta de banano puede formar depende principalmente de su variedad y estado fenológico, y suele distribuirse en proporciones como 1/3, 3/7 o 4/9 en plantas adultas. (Duque *et al.* 2019).

8.7.4. Pseudotallo

El pseudotallo del banano está conformado por la compacta y enrollada superposición de las vainas foliares, y en su interior alberga el verdadero tallo aéreo, que es responsable de conducir la eflorescencia hasta el ápice. A diferencia de las hojas, el pseudotallo presenta una baja densidad estomática, estimada entre 7 y 12 estomas por milímetro cuadrado. El tallo aéreo cumple funciones fundamentales: establece la conexión bascular entre las hojas, raíces, y frutos; brinda soporte estructural al sistema foliar, al pseudotallo y a la inflorescencia; y actúa como reservorio de gua, carbohidratos y nutrientes esenciales para la planta. La eliminación del pseudotallo de la planta madre tras la cosecha es una práctica común orientada al control de plagas y enfermedades. Cuando se realiza de forma gradual los restos de pseudotallo pueden aportar temporalmente agua y minerales a los brotes sucesores. Sin embargo, si no se retira a tiempo, su descomposición podría favorecer a la proliferación de plagas y patógenos de importancia económica. Por otro lado, la eliminación inmediata evita estos riesgos sanitarios, aunque también impiden el aprovechamiento de los recursos remanentes por parte de la nueva generación de plantas. (Rodríguez *et al.* 2015).

8.7.5. Inflorescencia o bellota

Una vez que se inicia el proceso de floración y el primordio de la inflorescencia puede observarse a simple vista, comienza el ascenso de la futura bellota a través del centro del pseudotallo, impulsa por el alargamiento progresivo de los entrenudos. A medida que estos se extienden, la bellota también crece significativamente. Este proceso continúa hasta poco antes que se da la emisión floral. Al finalizar, los entrenudos situados en los extremos del tallo floral suelen ser más cortos que los que se encuentran en la parte media. En el ápice de este tallo floral se desarrolla el primordio de bellota, que dará origen al racimo. Este acontecimiento sucede después de la diferenciación floral y coincide en promedio con la aparición de unas 28 hojas.

En ese momento, dentro del pseudotallo ya es posible identificar la estructura inicial del tallo floral donde se distingue entre 9 y 10 nudos y el primordio de bellota en la parte terminal. Durante esta etapa crucial se define el número potencial de manos de dedos que tendrá el racimo, y también se completa la formación de todas las hojas que la planta emitirá a lo largo de su ciclo. (Aristizábal & Jaramillo, 2011).

8.7.6. Fruto

El banano es considerado una baya falsa, ya que carece de semillas. Su forma es alargada y cilíndrica, y los frutos se agrupan en conjuntos llamados manos, que pueden contener entre 30 y 70 unidades cada una con una longitud aproximada de 20 a 40 cm y un diámetro de entre 4 y 7 cm. La parte comestible es únicamente la pulpa, la cual se aprovecha en diversas formas culinarias. Este fruto es ampliamente reconocido a nivel mundial, no solo por su sabor agradable, si no también por su alto valor nutricional, lo que lo convierte en un alimento esencial, en muchas dietas humanas. Su origen se encuentra en el ovario de una flor femenina; sin embargo, los óvulos no se desarrollan y se tornan negros, observándose como pequeños puntos oscuros al abrir el fruto. En su etapa temprana, el banano contiene canales de látex los cuales se desactivan a medida que el fruto madura. Una vez alcanzando su madurez presenta un contenido de azúcares entre el 12 y 16% y de almidón entre el 5 y 7% en comparación con el plátano que puede contener entre 10 y 18% de almidón. (Tenesaca, 2019).

8.8. Condiciones edafoclimáticas

8.8.1. Clima

El banano es una planta que crece en diferentes variedades de condiciones edáficas y climáticas. Las condiciones adecuadas son ecosistemas tropicales húmedos en los que se registran temperaturas de 18,5°C; de esta manera no se retarda su crecimiento. Se produce durante todo el año, contiene minerales como magnesio, ácido fólico y potasio, y es cultivado en más de 150 países, en relación con las variedades existentes. Se considera que existen casi 1000 variedades y 50 grupos, de estas, la variedad que más popularidad tiene es Cavendish, que es producida para exportación (Santos, 2021).

8.8.2. Altitud

Las zonas con mayor rendimiento en la producción bananera se ubican dentro de una franja comprendida entre los 15 grados de latitud norte y sur del ecuador terrestre. En cuanto a altitud,

aunque se puede cultivar hasta los 2.000 msnm, se ha determinado que las condiciones óptimas se encuentran generalmente entre los 400 y 600 msnm, rango en el que se sitúan la mayoría de las plantaciones comerciales. (Ramos, Ortiz, & Moreno, 2020).

8.8.3. Precipitaciones y requerimientos de agua

Este factor es el segundo de mayor importancia, a pesar de la existencia de humedad y precipitación continua en las zonas de producción; el cultivo de banano requiere de una precipitación de entre 120 a 200mm. Adicional a ello, se le puede ayudar mediante el uso de sistemas de riego en épocas de sequía (INTAGRI, 2018).

8.8.3.1. Temperatura

La temperatura desempeña un papel clave en el desarrollo y rendimiento del cultivo de banano. El rango término óptimo para su producción se encuentran entre los 25 y 30° C, condiciones bajo las cuales se logran los mejores resultados productivos. Cuando las temperaturas bajan por debajo de los 18°C, el crecimiento de la planta se ralentiza considerablemente, llegando incluso a interrumpirse, lo que afecta negativamente la productividad. Esta variable climática es especialmente relevante, ya que influye directamente en el engrosamiento del fruto, en la duración del ciclo productivo: a mayor temperatura dentro del rango óptimo, más acelerado será el desarrollo del cultivo. (Flores & Lalangui, 2022).

8.8.3.2. Humedad relativa

Idealmente, la humedad relativa debe estar entre 75% y 85%, favoreciendo la fotosíntesis y el desarrollo adecuado de las plantas. Humedades demasiado altas, superiores al 90%, pueden incrementar la incidencia de enfermedades fúngicas como la Sigatoka negra (Turner, Fortescue, & Thomas, 2007).

8.8.3.3. Luminosidad

El cultivo de banano puede adaptarse a diferentes condiciones de iluminación; no obstante, una reducción significativa en la luz solar puede prolongar el ciclo vegetativo de la planta, aunque no impide la emisión de nuevas hojas. Por esta razón el banano se desarrolla mejor en zonas soleadas y con baja nubosidad donde reciba una radiación adecuada. Se estima que requiere al menos 1200 horas de sol directo al año, lo que equivale a unas 3 a 5 horas de luz solar intensa

y una acumulación aproximada de 4380 horas luz anuales para alcanzar un desarrollo óptimo. (Tigasi, 2017).

8.8.3.4. Suelos

El suelo debe tener un pH de 6,5 a 7, dado que es considerado muy bueno para la siembra y explotación del cultivo, aunque es tolerante a suelos ligeramente ácidos y alcalinos (5,5 y 7,2) para la siembra. Debe tener un suelo rico en nutrientes o materia orgánica de alta fertilidad, con buen drenaje y una pendiente ligeramente entre 0 y 3%. Que tenga una profundidad efectiva superior a los 90 cm (Santacruz *et al.* 2020).

8.9. Valor nutricional del banano

El plátano tiene bajo contenido de proteínas (1,2%) y lípidos (0,3%), pero es rico en hidratos de carbono (20%). El almidón en los plátanos inmaduros se convierte en azúcares simples al madurar, facilitando la digestión. Sin embargo, los plátanos verdes pueden causar malestar digestivo. También contiene inulina y fructooligosacáridos, que benefician el tránsito intestinal, así como potasio y vitamina B6, que apoyan la función muscular y del sistema nervioso (FEN. 2018).

Tabla 3: Valor nutricional de Musa spp.

Descripción	%
Total, grasa 0,3 g	0%
Grasa saturada 0.1 g	0%
Polyunsaturated Grasa 0.1 g	
Monounsaturated Grasa 0 g	
Colesterol 0 mg	0%
Sodio 1 mg	0%
Potasio 362 mg	10%
Total, Carbohydrate 23 g	7%
Fibra 2.6 g	10%
Azúcar 12 g	
Proteína 1.1 g	2%
Vitamina A	1%
Calcio	0%
Vitamina D	0%
Vitamina B-12	0%
Vitamina C	14%
Hierro	1%
Vitamina B-6	20%
Magnesio	6%

Fuente: (Mena, 2019).

8.10. Nitrógeno

La aplicación de nitrógeno en el cultivo de banano resulta fundamental, ya que este nutriente es clave para alcanzar altos niveles de rendimiento, ya que este cultivo demanda grandes cantidades de nitrógeno. Las principales fuentes de nitrógeno utilizadas incluyen la urea, fosfato diamónico, nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio, cada una con sus características y efectos en el suelo. La urea recubierta con azufre, por ejemplo, puede aumentar la productividad hasta un 18%. Se recomienda aplicar entre 100 y 600 kg de nitrógeno por hectárea al año, fraccionando las dosis para maximizar la eficiencia. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes amoniacales puede acidificar el suelo, mientras que los nitratos no alteran el pH del mismo (Vargas, 1995).

8.10.1. El nitrógeno en el suelo

El nitrógeno es necesario para el crecimiento de las plantas y proviene principalmente de la atmósfera, donde es fijado por microorganismos. Además, se libera de la materia orgánica en el suelo en formas asimilables como amonio y nitrato. Los fertilizantes nitrogenados son utilizados para asegurar su disponibilidad en los cultivos, como el banano (Guy S., 2024).

El nitrógeno en el suelo existe en formas orgánicas e inorgánicas. Su deficiencia provoca clorosis y menor producción de frutos, mientras que el exceso afecta el desarrollo de raíces y frutos. Para optimizar su uso, es esencial realizar análisis de suelo y aplicar fertilizantes de manera fraccionada para mejorar la absorción y reducir pérdidas (Acosta, 2021).

8.10.2. Fijación del nitrógeno

La fijación biológica del nitrógeno, facilitada por microorganismos como *Azospirillum* y *Bacillus*, desempeña un papel importante en el cultivo de banano, ya que aumenta la disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Estas bacterias pueden aportar entre el 37% y el 39% del nitrógeno necesario para el banano. El nitrógeno es esencial para la formación de proteínas y aminoácidos, y su presencia adecuada favorece un buen crecimiento vegetativo, aumentando la producción de hojas y, por ende, el rendimiento del cultivo (Baset *et al.*, 2007).

Para optimizar la absorción de nitrógeno, es importante aplicar fertilizantes de manera balanceada y realizar análisis regulares del suelo. Inocular el suelo con rizobacterias como *Azospirillum* y *Bacillus*, junto con una mínima cantidad de fertilizante nitrogenado, puede

mejorar tanto la fijación de nitrógeno como el rendimiento del cultivo. Un manejo adecuado del nitrógeno asegura un crecimiento saludable y una mayor productividad en el cultivo de banano (Gauggel & Arevalo, 2010).

8.10.3. Procesos de transformación de nitrógeno en el suelo

Los procesos de transformación del nitrógeno en el suelo son esenciales para su disponibilidad para las plantas y afectan la fertilidad del suelo. La fijación del nitrógeno convierte el N_2 atmosférico en formas asimilables como amonio, mientras que la mineralización transforma el nitrógeno orgánico en formas inorgánicas como amonio y nitrato, liberando nitrógeno disponible para las plantas. Además, la nitrificación convierte el amonio en nitrato, que es fácilmente absorbido por las plantas (Celaya & Castellanos, 2011).

Sin embargo, otros procesos como la inmovilización, desnitrificación, volatilización y lixiviación pueden reducir la disponibilidad de nitrógeno. La inmovilización retiene nitrógeno en los microorganismos, la desnitrificación libera nitrógeno en forma de gases, y la volatilización y lixiviación provocan pérdidas de nitrógeno, lo que afecta la eficiencia del uso del fertilizante y la fertilidad del suelo (Murrell, 2003).

8.10.4. Cómo actúa el nitrógeno en las plantas

El nitrógeno es el nutriente fundamental que estimula crecimiento del cultivo de banano. Su presencia favorece el desarrollo del pseudotallo y de las hojas, proporcionando un color verde intenso, indicando de un buen estado nutricional. Además, el nitrógeno contribuye a formar una estructura vegetativa vigorosa y saludable, condición indispensable para alcanzar altos rendimientos. Se ha observado que las plantas con deficiencia de nitrógeno llegan a desarrollar solo siete hojas, mientras que aquellas con un suministro adecuado pueden producir hasta 17 hojas, lo que refleja claramente su impacto en el crecimiento y la productividad del cultivo. (Haifa, 2024).

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que las raíces del banano absorben principalmente en forma de ion nitrato. Este elemento forma parte fundamental de moléculas clave para la vida celular, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas y hexosaminas, entre otras. Su disponibilidad es crucial para promover una óptima división celular, favorece el crecimiento de la planta y asegura un funcionamiento eficiente para el proceso respiratorio. (Gómez S. , 2020).

8.10.5. Deficiencia de nitrógeno

Cuando el nitrógeno es deficiente en el cultivo de banano, el desarrollo de las hojas se ve seriamente afectado. Estas condiciones, en, hoja puede tardar hasta 23 días en emerger, en contraste con 10 días que demora en plantas con un suministro adecuado de este nutriente. La deficiencia de nitrógeno provoca un crecimiento más lento, hojas de color más pálido, una reducción en el área foliar y una menor tasa de producción. Además, este nutriente tiene una influencia directa en el crecimiento longitudinal de los peciolo. El síntoma más evidente de su carencia es el amarillamiento progresivo de las hojas, causado por la disminución en la síntesis de clorofila. Este cambio de color comienza en las hojas más viejas y, si la deficiencia persiste o se intensifica, también se manifiesta en las hojas jóvenes. (Torres, 2020).

8.10.6. El nitrógeno y el estrés hídrico

La interacción entre el nitrógeno y el estrés hídrico es crucial para el crecimiento y la productividad de las plantas. Un suministro adecuado de nitrógeno mejora la tolerancia al estrés hídrico al promover el ajuste osmótico, mantener la turgencia celular y mejorar la asimilación de nitrógeno, incluso en condiciones de sequía. Además, el óxido nítrico (NO) producido bajo estrés hídrico ayuda a regular el cierre estomático, reduciendo la pérdida de agua (Reynaldo *et al.*, 2002).

El estrés hídrico también afecta la accesibilidad de nitrógeno en el suelo. El exceso de agua puede provocar lixiviación y deficiencia de nitrógeno, mientras que la sequía dificulta la absorción de nutrientes, reduciendo su disponibilidad para las plantas. Ambos factores, déficit y exceso hídrico, pueden comprometer la asimilación de nitrógeno y afectar negativamente el rendimiento del cultivo (Fuentes, 2000).

8.10.7. Indicadores del uso del nitrógeno

La evaluación del nitrógeno en el cultivo de banano es esencial para optimizar la fertilización y mejorar la productividad. El contenido de nitrógeno foliar debe estar entre el 2.5% y el 3%, y la deficiencia causa clorosis y menor crecimiento. Además, es crucial mantener un balance adecuado de nitrógeno y potasio (N-K) para maximizar el rendimiento (Rivacoba, 2016).

Se recomienda realizar análisis regulares del suelo y ajustar las dosis de nitrógeno, que oscilan entre 100 y 600 kg/ha/año. El uso de tecnologías como sensores ópticos y el índice NDVI permite un monitoreo más preciso del estado nutricional de las plantas (Sosa & García, 2018).

8.10.8. Efectos en el ecosistema por el uso de nitrógeno

El uso excesivo de nitrógeno, especialmente a través de fertilizantes sintéticos, provoca varios impactos ambientales. La eutrofización, debido al exceso de nitrógeno en cuerpos de agua, reduce la calidad del agua y afecta la biodiversidad acuática, mientras que la acidificación del suelo y el agua altera el pH y la disponibilidad de nutrientes. Además, el nitrato lixiviado contamina las aguas subterráneas, lo que representa riesgos para la salud humana, especialmente en lactantes (González P. , 2019).

También se produce una pérdida de biodiversidad, ya que el exceso de nitrógeno favorece a algunas especies vegetales sobre otras, alterando las cadenas alimenticias. Finalmente, el uso de fertilizantes nitrogenados contribuye al cambio climático, al liberar óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero que intensifica el calentamiento global (ONU, 2023).

8.10.9. Formas de absorción de nitrógeno por las plantas

La asimilación del nitrógeno en las plantas es un proceso clave donde compuestos inorgánicos como el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) se convierten en aminoácidos y proteínas esenciales para su crecimiento. El nitrato se reduce a amonio dentro de la planta, mientras que el amonio se utiliza directamente para la síntesis de aminoácidos. Además, algunas plantas pueden absorber urea, que también se convierte en amonio (Pereyra, 2001).

Este proceso resulta fundamental para la nutrición y el rendimiento de las plantas, dado que el nitrógeno es un componente esencial de la clorofila, los ácidos nucleicos y las proteínas, compuestos indispensables para la fotosíntesis, la replicación celular y el crecimiento vegetal. La disponibilidad de nitrógeno depende de factores como la calidad del suelo, la actividad microbiana y las condiciones ambientales, lo que influye directamente en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Tortosa, 2015).

8.10.10. Pérdidas del nitrógeno en el suelo

El nitrógeno, a pesar de ser un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas, puede perderse en los sistemas agrícolas mediante diversos procesos como la volatilización, lixiviación,

desnitrificación, inmovilización y erosión. La volatilización ocurre cuando el nitrógeno, especialmente en forma de urea o amonio, se transforma en amoníaco gaseoso y se pierde a la atmósfera particularmente en condiciones de altas temperaturas, pH elevado y suelos mal incorporados. Se pierde como amoníaco (NH_3) hacia la atmósfera, especialmente tras aplicar fertilizantes como la urea. La lixiviación arrastra nitratos hacia capas más profundas del suelo o cuerpos de agua, especialmente en suelos arenosos y con riego excesivo. La desnitrificación convierte nitratos en gases nitrogenados, contribuyendo también a la emisión de óxido nitroso (N_2O), un gas de efecto invernadero (Larios *et al.* 2021).

La inmovilización ocurre cuando el nitrógeno es absorbido por microorganismos del suelo y se vuelve temporalmente no disponible para las plantas. Además, la erosión del suelo puede arrastrar nitrógeno y materia orgánica, especialmente en suelos mal gestionados. Estos procesos, junto con factores climáticos, reducen la eficiencia del uso del nitrógeno (Adoty *et al.* 2021).

8.11. Potasio

La fertilización de potasio (K) en el cultivo de banano es crucial, ya que este nutriente es el más demandado por la planta. El potasio es vital para procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, formación de clorofila y regulación hídrica, además de ser esencial en el transporte y acumulación de azúcares, fundamentales para el llenado de la fruta. Las fuentes más comunes son el cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio (K_2SO_4), siendo el KCl el más utilizado, a pesar de su contenido de cloro. La deficiencia de potasio puede afectar el desarrollo y la calidad de la fruta, por lo que se recomienda un análisis de suelo para ajustar las aplicaciones de fertilizantes según las necesidades del cultivo (Vargas, 1995).

En el cultivo de banano, al momento de la floración, la planta ha acumulado aproximadamente el 56% de potasio que utilizara a lo largo de su ciclo de desarrollo. Para el momento de la cosecha, se estima que el 55% del potasio total se encuentra distribuido en las hojas, el pseudotallo y el rizoma, mientras que el racimo contiene el 45% restante. Tras la floración, los niveles de potasio en las hojas tienden a disminuir. Este nutriente cumple una función clave en el transporte y almacenamiento de azúcares dentro de la planta, siendo fundamental en el proceso de llenado de fruto. Por ello, el potasio se relaciona directamente con el rendimiento del cultivo, aunque su participación en el crecimiento vegetativo es limitada. (Mendoza C., 2023).

8.11.1. El potasio en el suelo

El potasio (K) es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, presente en varias formas en el suelo, cada una con diferente disponibilidad. El potasio estructural, que representa la mayor parte, no está disponible para las plantas, mientras que el potasio intercambiable y soluble son las formas más accesibles para su absorción. El potasio fijado, aunque no directamente disponible, puede liberarse bajo ciertas condiciones (Marín, 2009).

La disponibilidad del potasio depende del tipo de suelo, condiciones ambientales y prácticas agrícolas. Suelos arcillosos con alta proporción de minerales 2:1 retienen más potasio, mientras que el pH, la humedad y la temperatura del suelo influyen en su absorción. El potasio es crucial para la regulación osmótica, la activación enzimática y la resistencia al estrés, lo que permite a las plantas mantener su estructura celular, optimizar su metabolismo y adaptarse a condiciones adversas (Fert, 2021).

8.11.2. Fijación del potasio

La fijación del potasio ocurre principalmente en suelos con arcillas tipo 2:1, como illitas y esmectitas, donde los iones de potasio se adsorben en los espacios interlaminares de las partículas de arcilla, lo que reduce su disponibilidad inmediata para las plantas. Este proceso se ve favorecido por suelos secos, un pH bajo y la competencia con otros cationes como el amonio. Aunque disminuye temporalmente la disponibilidad de potasio, la fijación también actúa como una reserva que puede liberarse cuando la concentración en la solución del suelo disminuye (López *et al.*, 2021).

Comprender la fijación del potasio es crucial para optimizar la fertilización agrícola, ya que permite a los agricultores planificar mejor las aplicaciones de fertilizantes, asegurando que se mantenga un nivel adecuado de potasio disponible para los cultivos (González *et al.*, 2009).

8.11.3. Procesos de transformación de potasio en el suelo

El potasio en el suelo pasa por varios procesos que afectan su disponibilidad para las plantas. La adsorción es cuando el potasio se adhiere a las partículas del suelo y se libera a la solución conforme las plantas lo absorben. En el proceso opuesto, la desorción, el potasio adsorbido se libera a la solución cuando su concentración aumenta, como al aplicar fertilizantes. La fijación del potasio ocurre en suelos con arcillas tipo 2:1, donde el potasio se retiene en los espacios

interlaminares de las partículas, y puede liberarse lentamente bajo ciertas condiciones, como cambios en la humedad o pH (Agro, 2024).

Otros procesos como la mineralización y la meteorización liberan pequeñas cantidades de potasio disponible para las plantas, aunque de manera más lenta. Todo esto crea un equilibrio dinámico entre las diferentes formas de potasio en el suelo (intercambiable, fijado, soluble), lo que asegura que las plantas mantengan un suministro adecuado de este nutriente esencial (Sanzano, 2010).

8.11.4. Funciones del potasio en las plantas

El potasio es un nutriente fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a su participación en múltiples procesos bioquímicos y fisiológicos. Entre sus funciones más relevantes se encuentran la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, la fotosíntesis, así como la osmorregulación y el control de la actividad estomática. Además, intervienen en la transferencia de energía, el transporte de compuestos a través del floema, el equilibrio y único contribuye a mejorar la resistencia de las plantas frente a los factores de estrés biótico y abiótico. (Intagri, 2016).

La fertilización con potasio es fundamental en el cultivo de banano, ya que este nutriente es el que la planta requiere en mayores cantidades para su correcto desarrollo. El potasio es absorbido principalmente en forma de ion y representa el catión más abundante dentro de las células del banano. Su función principal está relacionada con el transporte y almacenamiento de azúcares en la planta, proceso que es clave para el adecuado llenado y formación del fruto. (Chávez, 2013).

8.11.5. Deficiencia de potasio

Los síntomas típicos de la deficiencia de potasio en el banano incluyen principalmente la clorosis de las hojas, que se manifiestan como un amarillamiento en las puntas de las hojas más viejas. Conforme la planta crece, estas hojas se curvan hacia el interior y finalmente mueren. Otro signo visible es la deformación del racimo, donde los frutos son pequeños, delgados y presentan un mal llenado, lo que da lugar a racimos deformes. Además, la falta de potasio suele provocar un crecimiento lento y una apariencia achaparrada en las plantas. Esta deficiencia también afecta negativamente el desarrollo del sistema radicular, resultando en raíces poco desarrolladas, tallos débiles y una mayor tendencia a caída o doblamiento de la planta. Por

último, las plantas con carencia de potasio muestran una resistencia reducida a enfermedades, lo que puede comprometer a un más su salud y productividad. (Intagri, 2015).

La deficiencia de potasio en el cultivo de banano representa un problema significativo que impacta negativamente en su crecimiento, desarrollo y productividad. Los síntomas iniciales suelen manifestarse en las hojas más antiguas, debido a que el potasio es un nutriente altamente, móvil dentro de la planta y se transfiere desde los tejidos más viejos hacia los más jóvenes. Conforme la deficiencia agrava, los síntomas se extienden hacia las hojas superiores. El signo más frecuente es la clorosis en los bordes de las hojas, mientras que las venas centrales suelen mantenerse verdes. Las plantas afectadas exhiben un crecimiento lento, raíces poco desarrolladas y tallos débiles, además de una disminución notable en la floración, fructificación y en el desarrollo general de la planta. (Robinson, 2010).

8.12. El potasio y el estrés hídrico

El potasio es importante para la resistencia de los cultivos al estrés hídrico, ya que regula la turgencia celular, permitiendo que las células mantengan su presión interna y crezcan, incluso en condiciones de sequía. También ayuda a ajustar la presión osmótica, facilitando la adaptación a la falta de agua y optimizando el uso energético. Además, el potasio controla la apertura de las estomas, reduciendo la pérdida de agua por transpiración y mejorando la eficiencia en el uso del agua (Benlloch et al., 2014).

El potasio también promueve el desarrollo de raíces más fuertes, mejorando la absorción de agua y nutrientes, especialmente en suelos secos. Para enfrentar el estrés hídrico, se recomienda una fertilización adecuada con potasio, lo que aumenta la resiliencia y los rendimientos. Las aplicaciones foliares de potasio, aunque aún en estudio, pueden ser una estrategia complementaria para mejorar la resistencia a la sequía en algunos cultivos (Fertilab, 2018).

8.13. Indicadores del uso del potasio

La evaluación del uso de potasio en los cultivos es esencial para optimizar la fertilización y asegurar un buen crecimiento. El análisis de suelo, mediante técnicas como $K-NH_4Ac$ y $K-HNO_3$, permite determinar el contenido disponible de potasio y clasificar los suelos en bajos, medios o altos. Además, la concentración de potasio en las hojas, que debe ser superior al 1.5%, es un indicador clave de la salud nutricional de las plantas y debe monitorearse regularmente.

Un adecuado suministro de potasio no solo mejora el rendimiento de los cultivos, sino también la calidad de los frutos (Sadzawka & Ruiz, 2003).

La eficiencia en el uso del potasio varía entre el 40% y el 60%, y depende de factores como el tipo de fertilizante y las prácticas agronómicas implementadas, como el fertirriego. El seguimiento de la respuesta a la fertilización, medido a través del aumento en la actividad fotosintética y el desarrollo radicular, permite ajustar las estrategias de fertilización y mejorar el rendimiento de los cultivos (Melgar *et al.* 2011).

8.13.1. Efectos en el ecosistema por el uso de potasio

El uso de potasio en la agricultura tiene efectos tanto beneficiosos como negativos en los ecosistemas. En el lado positivo, el potasio aumenta la resistencia de las plantas al estrés hídrico y aumenta la eficiencia en el uso del agua, lo que favorece el rendimiento y la calidad de los cultivos. Sin embargo, un uso excesivo puede alterar el equilibrio microbiano del suelo y contribuir a la contaminación del agua, causando eutrofización en cuerpos de agua cercanos. Además, la salinización del suelo y los impactos en los ecosistemas forestales pueden ser problemáticos si no se gestionan adecuadamente (Sardans *et al.* 2012).

Para minimizar estos efectos negativos, es clave implementar prácticas agrícolas sostenibles, como análisis regulares del suelo y aplicaciones balanceadas de nutrientes. También se requiere más investigación para comprender mejor el impacto ambiental del uso de potasio y optimizar su aplicación, asegurando un equilibrio entre productividad agrícola y salud ambiental (ICL, 2024)

8.13.2. Formas de absorción del potasio por las plantas

El potasio (K) es primordial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo absorbido principalmente en forma de iones K^+ a través de las raíces, mediante un sistema de transporte activo. Su absorción se ve influida por factores como la concentración en el suelo, la humedad y la temperatura. Una vez absorbido, el potasio se transporta por la xilema hacia diversas partes de la planta, distribuyéndose selectivamente hacia los tejidos que más lo requieren (SMEAP, 2023).

El potasio cumple funciones clave, como la regulación estomática, que optimiza la transpiración y la absorción de CO_2 para la fotosíntesis, y la activación de enzimas involucradas en el

metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, mantiene el equilibrio osmótico y la turgencia celular, lo que ayuda a las plantas a enfrentar el estrés hídrico. Tanto la deficiencia como el exceso de potasio pueden ser perjudiciales: la deficiencia causa síntomas como clorosis y necrosis, mientras que el exceso interfiere con la absorción de otros nutrientes esenciales (Guy S. , 2024).

8.13.3. Pérdidas del potasio en el suelo

La correcta gestión del potasio (K) en la agricultura es esencial para evitar pérdidas en el suelo y garantizar su accesibilidad para las plantas. La lixiviación, que arrastra el potasio a capas profundas del suelo, y la volatilización, que lo pierde en condiciones de altas temperaturas y baja humedad, son procesos que reducen la cantidad de potasio disponible. Además, la fijación del potasio en arcillas tipo 2:1 limita su accesibilidad para las plantas (LABISER, 2024).

Otros factores que afectan su disponibilidad incluyen la competencia con otros nutrientes, como calcio y magnesio, y la erosión del suelo, que puede arrastrar tanto nutrientes como materia orgánica. La aplicación incorrecta de fertilizantes y un manejo inadecuado del riego también contribuyen a la pérdida de potasio. Por lo tanto, es clave implementar prácticas agrícolas adecuadas, como una fertilización balanceada y un riego eficiente, para maximizar la retención de potasio en el suelo (Intagri, 2017).

8.14. Antecedentes investigativos

Entre los años 2013 y 2015, el instituto de investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) llevo a cabo un estudio experimental en el que se evaluaron diferentes dosis de nitrógeno fosforo y potasio en el cultivo de banano. La investigación consistió en tres experimentos bajo un diseño factorial con los siguientes tratamientos T1: 0; 100; 200; 300 y 400 g N. planta-1; T2: 0; 25; 50; 75 y 100 g P₂O₅. planta-1 y T3: 0; 240; 480; 720 y 960 g K₂O. planta-1. Estos tratamientos fueron aplicados con y sin inoculación de micorrizas del tipo glomus intraradices .Los resultados indicaron incrementos significativos en el crecimiento y rendimiento del cultivo cuando se combinaron dosis optimas de fertilizantes minerales con la inoculación micoristica .En particular , bajo ,las condiciones de estudio, la aplicación d e200g de nitrógeno por planta resulto ser la dosis óptima para obtener los mayores rendimientos, superando las recomendaciones del instructivo técnico del cultivo . Esta estrategia no solo mostro beneficios productivos y económico, sino que también representa una alternativa sostenible con menor impacto ambiental, contribuyendo así a la sostenibilidad agroalimentaria. (Ruíz *et al*, 2016).

El banano representa uno de los cultivos con mayor superficie sembrada en Ecuador y constituye una de las principales fuentes de Producto Interno Bruto (PIB) agrícola del país, siendo particularmente relevante en la ciudad de Machala, ubicada en la provincia de El Oro, donde se considera una fuente clave de ingresos. La producción orgánica de banano ha demostrado un impacto positivo en el margen bruto, aunque también presenta mayores costos de producción, principalmente asociados a la mano de obra y al uso de fertilizantes permitidos en agricultura orgánica. El estudio en cuestión se estructuró en dos partes: una valuación productiva, basada en la metodología de superficie de respuesta, y un análisis económico, mediante técnicas de análisis marginal. Los resultados indicaron que la combinación que genera los mayores rendimientos productivos en el segundo ciclo corresponde a la aplicación de 130,43 kg/ha de potasio. Sin embargo, desde un enfoque económico, el óptimo de rentabilidad se alcanza con 89,20 kg/ha de nitrógeno y la misma dosis de 120,75 kg/ha de potasio. Bajo este manejo, la producción de banano orgánico puede generar un margen neto de aproximadamente USD 6.984 por hectárea. (Aguilar, 2019).

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. En el análisis de la variable clorofila, se observaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos que incluyeron aplicaciones de nitrógeno (200,400 y 600 kg/ha), en comparación con las dosis de testigos de 0 kg/ha. En contraste los tratamientos con distintas dosis de potasio (0,350,700 y 1050 kg/ha potasio) no mostraron diferencias estadísticas significativas en las variables área foliar. En cuanto la variable AF, los tratamientos con nitrógenos también presentaron diferencias estadísticas frente a las dosis 0kg/ha. Sin embargo, al igual que es IC, las dosis de potasio aplicadas no evidenciaron variaciones estadísticas entre sí. Estos resultados fueron confirmados mediante una prueba F, la cual indicó que solo tratamientos con nitrógeno generaron diferencias estadísticas significativas, mientras que las dosis de potasio y la interacción N x K no influyeron estadísticamente sobre las variables IC y AF. No obstante, durante el mes de mayo se registró una interacción estadísticamente significativa del potasio y su interacción con nitrógeno sobre el área foliar. (Cervantes *et al*, 2020).

9. HIPÓTESIS

Ha: las dosis de fertilización con nitrógeno y potasio influyen significativamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento económico en las variedades de banano.

Ho: las dosis de fertilización con nitrógeno y potasio no influyen significativamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento económico en las variedades de banano.

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Ubicación y duración del proyecto

La investigación se llevó a cabo en el centro experimental “Sacha Wiwa”, ubicado en la parroquia Guasaganda, provincia de Cotopaxi, en un terreno perteneciente al colegio Jatari Unancha, donde se realizó la investigación con distintos niveles de fertilización con nitrógeno y potasio para las tres variedades de banano con una ubicación geográfica WGS 84, latitud 0°48'00.0"S, longitud 79°10'01.2"W y una altitud de 549 msnm. Con una duración de 8 meses.

10.2. Tipos de investigación

10.2.1. Investigación Documental

La investigación de carácter documental, se basa en el análisis crítico de literatura científica sobre la fertilización con nitrógeno y potasio. Esta metodología permite establecer una base teórica sólida sobre la dinámica de estos nutrientes y su efecto en el desarrollo fisiológico del banano. Asimismo, facilita la comparación de estudios previos, promoviendo una interpretación rigurosa de los datos y fortaleciendo el pensamiento crítico en la evaluación de la hipótesis.

10.2.2. Investigación Experimental

El presente trabajo tiene un enfoque experimental ya que se fundamenta en la implementación de un ensayo práctico, en el cual se establecieron variables relacionadas con la implementación de nitrógeno y potasio, con el fin de evaluar su efecto sobre el crecimiento del cultivo de banano. De esta manera, se busca dar respuesta a los objetivos propuestos, bajo las condiciones específicas determinadas en el desarrollo de la investigación.

10.2.3. Investigación Descriptiva

La presente investigación también posee un enfoque descriptivo, ya que se realizó la recolección directa de datos correspondientes a las variables definidas en el estudio, tales como: altura de planta (cm), número de hojas, ancho y largo de hojas (cm), diámetro del fuste, clorofila, en la cosecha, peso del racimo (kg) y número de manos. Estas variables permitieron obtener datos cuantificables, fundamentales para el posterior análisis e interpretación de resultados.

10.3. Técnicas

Observación de campo: Esta técnica permitió llevar un seguimiento directo al proyecto, facilitando la recolección de datos en tiempo real y control de factores externos que pudieran influir en los resultados obtenidos. Su aplicación fue clave para garantizar la validez y precisión en el desarrollo del estudio.

10.4. Material vegetal

Tabla 4: Descripción del material vegetal.

Característica	Orito	Williams	Gros Michel
Altura de la planta	2.5 a 4 metros	3 a 4 metros	6 a 8 metros
Ciclo de vida	30 a 32 semanas	35 a 37 semanas	47 a 50 semanas
Tamaño de los dedos	8 a 12 cm	12 a 25 cm	15 a 28 cm
Cantidad de manos	5 a 8	10 a 13 manos	12 a 14 manos
Comportamiento fitosanitario	Resistente a sigatoka negra y tolerante al viento	Alta susceptibilidad a sigatoka negra	Buena resistencia a transporte
Destino del cultivo	Subtropical de La Maná, consumo y exportación local	Principal material de exportación	Actualmente uso interno; antes fue exportado
Observaciones	Cultivar rústico, adaptado a condiciones subtropicales	Ampliamente sembrado en zonas bananeras	Fue desplazado por susceptibilidad a enfermedades

Fuente: (Moreira, 2015).

10.5. Otros materiales y equipos

Los materiales y equipos que se emplearon en la investigación se muestran en la tabla 4.

Tabla 5: Materiales y equipos.

Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Materiales y suministros		Equipos	
Machete	1	Bomba de mochila	1 unidad
Flexómetro	2	Balanza digital	1 unidad
Balde	2	Gramera	1 unidad
		Balanza romana	1 unidad
Análisis de suelo	1	Fertilizantes minerales	
Pala	1	Urea	50 kg
Lima	1	Super fosfato triple	50 kg
Azadón	2	Muriato de potasio	50 kg
Identificaciones	72	Sulfato de Mg	50 kg
Cinta métrica	2		

Elaborado por: Acosta & Campaña (2025)

10.6. Factores en estudio

La investigación estuvo conformada por dos factores en estudio A x B, los que se detallan a continuación:

Factor A: Variedades de Banano

- Orito
- William
- Gros Michael

Factor B: Dosis de Fertilización

- N-0
- N-280
- N-380
- N-480
- K-0
- K-500
- K-600
- K-700

10.7. Diseño experimental

En este proyecto de investigación se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 3 x 8, donde A son las variedades de banano y B las dosis de fertilización, conformando 24 tratamientos y 3 repeticiones por cada unidad experimental. Los resultados serán analizados mediante el programa INFOSTAT y una prueba de Tukey al 95% de probabilidad estadística.

Tabla 6: Esquema de análisis de varianza.

Fuente de variación		Grados de libertad
Bloques	(r-1)	2
Factor A	(a-1)	2
Factor B	(b-1)	7
Interacciones A x B	(a-1) (b-1)	14
Error experimental	(a.b-1) (r-1)	46
Total	(a.b.r-1)	71

Elaborado por: Acosta & Campaña (2025)

10.8. Manejo de la Investigación

En la presente investigación se establecieron parcelas de 6m x 3m, bajo un diseño de bloque completamente al azar. La interacción entre el factor A y el factor B conformo un total de veinte y cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, dando un total de 72 unidades experimentales.

El manejo de la investigación se llevó a cabo en la colección de musáceas durante la segunda generación R1, cuando las plantas presentaban una altura entre 100 y 150 cm, correspondiente a la fase vegetativa inicial.

10.8.1. Limpieza del lote de musáceas

El mantenimiento del terreno se llevó a cabo mediante labores de limpieza periódicas, ejecutadas una vez por semana. Para esta actividad se emplearon herramientas manuales como machetes y palas. Los machetes permitieron eliminar la vegetación más densa y eliminar las malezas de mayor porte, mientras que las palas facilitaron la extracción de las hierbas desde la raíz, garantizando la completa eliminación de estas. La regularidad en estas tareas fue fundamental para mantener el área libre de malezas, promoviendo un espacio más apto y eficiente para futuras labores agrícolas.

10.8.2. Toma de muestras de suelo para análisis físico-químico

La recolección de muestras de suelo se efectuó con el objetivo de obtener una evaluación precisa y representativa de las condiciones edáficas del terreno. Para ello, se identificaron zonas homogéneas y se procedió a la limpieza superficial del área de muestreo, con el fin de evitar contaminaciones que pudieran alterar los resultados. La extracción se realizó a una profundidad constante de 20 cm, recolectando un total de 10 submuestras con una pala previamente desinfectada. Posteriormente, las submuestras se homogenizaron mediante mezcla manual hasta conformar una muestra compuesta representativa de 1kg. Esta muestra final fue almacenada en una bolsa de papel rotulada para su envío al laboratorio.

10.8.3. Deshoje

Consiste en la eliminación de hojas secas o afectadas por enfermedades, a fin de reducir focos de infección y mejorar la ventilación e iluminación dentro del cultivo, esta práctica se realizó utilizando machetes previamente desinfectados. En cultivares de mayor tamaño, el procedimiento se ejecutó con podones, facilitando el acceso a las hojas superiores. Esta actividad se enmarca dentro de las labores culturales esenciales para mantener la sanidad y vigor de las plantas.

10.8.4. Deschante

El deschante es una práctica fundamental en el manejo del cultivo de banano. Consiste en la eliminación del tallo principal cuando este presenta deterioro, con el objetivo de evitar la propagación de enfermedades. Esta labor se ejecutó de forma mensual, garantizando el mantenimiento sanitario y estructural de la plantación.

10.8.5. Deshije

El deshije es una labor cultural, se realizó la remoción selectiva de hijuelos o brotes secundarios que emergen alrededor de la planta madre. Estos retoños, al competir por nutrientes, agua y espacio, pueden afectar negativamente el crecimiento de la planta principal. En este ensayo, el deshije se realizó utilizando una palilla previamente desinfectada, y se realizó de manera continua conforme emergían nuevos brotes, asegurando una adecuada regulación del número de hijos por planta.

10.8.6. Limpieza y corona de las plantas

La corona es una práctica de limpieza que se lleva a cabo alrededor del pseudotallo de la planta de banano. Consiste en eliminar completamente las malezas en un radio de 30 a 40 cm, formando un círculo despejado que facilita las labores de manejo y reduce la competencia por recursos. Esta actividad se llevó a cabo dos veces al mes para mantener el área libre de malezas y favorecer el desarrollo del cultivo

10.8.7. Apuntalamiento

El apuntalamiento es una técnica preventiva que tiene como finalidad evitar la caída de las plantas de banano, especialmente durante la etapa de llenado y maduración del racimo. Esta práctica consistió en la instalación de dos cañas de guadua como soporte en las plantas que presentaban riesgo de volcamiento, brindando estabilidad y reduciendo las pérdidas por daño mecánico.

10.8.8. Registro de datos

Para el registro de las variables evaluadas, se emplearon diferentes instrumentos de medición según la característica a evaluar. La altura de planta, el ancho y largo de la hoja fueron determinados utilizando un flexómetro, mientras que el diámetro del pseudotallo se midió con una cinta métrica. Para cuantificar el peso del racimo se utilizó una balanza romana de precisión, mientras que para la variable de clorofila se utilizó un SPAD garantizando exactitud en los datos recolectados.

10.8.9. Fertilización

A partir del análisis del suelo y considerando los requerimientos nutricionales del cultivo, se establecieron ocho tratamientos con diferentes dosis de nitrógeno (N) y potasio (K), los cuales fueron aplicados a lo largo del experimento. La fertilización se llevó a cabo de manera fraccionada, con dos aplicaciones mensuales, alcanzando un total de dieciséis aplicaciones

durante todo el ciclo del ensayo (243 días). Las fuentes minerales utilizadas incluyeron superfosfato triple (P_2O_5), muriato de potasio (K_2O), sulfato de magnesio ($MgSO_4$) y urea.

Tabla 7: Tratamientos en Estudio.

Tratamientos	Variedades de Banano	Fuente de N y K (Kg/ha)
T1	Orito	N-0
T2	Orito	N-280
T3	Orito	N-380
T4	Orito	N-480
T5	Orito	K-0
T6	Orito	K-500
T7	Orito	K-600
T8	Orito	K-700
T9	Williams	N-0
T10	Williams	N-280
T11	Williams	N-380
T12	Williams	N-480
T13	Williams	K-0
T14	Williams	K-500
T15	Williams	K-600
T16	Williams	K-700
T17	Gros Michael	N-0
T18	Gros Michael	N-280
T19	Gros Michael	N-380
T20	Gros Michael	N-480
T21	Gros Michael	K-0
T22	Gros Michael	K-500
T23	Gros Michael	K-600
T24	Gros Michael	K-700

Elaborado por: Acosta & Campaña (2025)

10.9. Variables a evaluar

10.9.1. Altura de planta

Para la obtención de esta variable se utilizó un flexómetro; fue tomada desde la base del suelo en la unión con el corno hasta la axila de la primera hoja de la planta. Estos datos fueron registrados al momento de la floración (emisión de la bellota).

10.9.2. Número de hojas

Para el número de hojas se contaron el total de hojas presentes en la planta, esta variable se tomó en la floración y al momento de la cosecha.

10.9.3. Ancho de hoja

Para el registro de esta variable se tomó la hoja número tres al momento de la floración (emisión de la bellota) con la ayuda de un flexómetro; se tomó en la parte central de la hoja, los cuales fueron expresados en cm.

10.9.4. Largo de hoja

Para el registro de esta variable se tomó la hoja número tres al momento de la floración (emisión de la bellota) con la ayuda de un flexómetro; se desde la base hasta el ápice; los datos se expresaron en cm.

10.9.5. Diámetro de fuste

Esta labor se realizó en días a la floración de acuerdo con las variedades evaluadas para su registro se utilizó una cinta métrica y se tomó la medida a partir de 50 cm del suelo al corno del pseudotallo.

10.9.6. Clorofila

El índice de verdor foliar se realizó en la parte media de la lámina de la tercera hoja más joven completamente expandida en unidades SPAD con un medidor portátil de clorofila serie 5161-LED.

10.9.7. Peso del racimo

Una vez que los racimos llegaron a su madures fisiológica estos fueron cosechados y se procedió a la cosecha con la ayuda de una balanza electrónica, sus datos fueron registrados en kilogramos.

10.9.8. Número manos

Esta variable fue determinada al momento de la cosecha contabilizando de abajo hacia arriba el número de manos en cada racimo evaluado.

10.9.9. Eficiencia Agronómica

La eficiencia agronómica es la capacidad de un sistema agrícola para maximizar la productividad de biomasa o rendimiento de cultivos por unidad de fertilizante aplicado. Por lo cual, en este ensayo se tomó esta variable con la siguiente fórmula:

$$EA = (R - R_0) / CDA \quad (3)$$

Donde:

EA= Eficiencia agronómica

R= Rendimiento de la porción cosechada con aplicación de N, P, K, Mg

R₀= Rendimiento del fruto con tratamiento control (sin aplicación).

CDA= Cantidad de N, P, K y Mg aplicado (Moreno, 2024).

10.9.10. Análisis económico

Para el análisis económico se tomarán en cuenta los costos totales de la inversión efectuada durante el ensayo, como también los ingresos de producción de los tratamientos bajo estudio, dichos procedimientos se detallan a continuación:

a. Ingresos brutos por tratamiento

Los datos para estos rubros se derivaron de los totales obtenidos durante la investigación, y se aplicó la fórmula siguiente para su cálculo.

$$IB = Y \times PY$$

Donde:

IB = Ingresos bruto

Y = Producto

PY = Precio del producto

b. Costos totales por tratamiento

Para determinar los costos totales, se consideraron los valores de inversión necesarios para llevar a cabo todas las tareas relacionadas con la producción de (Banano), incluyendo tanto los costos fijos como los variables. Estos costos fueron identificados y agregados para cada uno de los tratamientos.

$$CT = X + PX$$

Donde:

CT = Costos totales

X = Costos fijos

PX = Costos variables

c. Beneficio neto (BN)

El beneficio neto de este estudio se calculó restando los costos totales de los ingresos brutos, utilizando la fórmula siguiente:

$$BN=IB-CT$$

Donde:

BN= Beneficio neto

IB =Ingreso bruto

CT =Costos totales

d. Relación beneficio costo (B/C)

Se determinó el índice neto de rentabilidad mediante la división del valor actual de los beneficios netos entre el valor actual de los costos de inversión, utilizando la siguiente fórmula.

$$B/C=BN/CT$$

Donde:

B/C = El costo-beneficio B/N = Beneficios netos

CT = Costos totales

e. Rentabilidad

Se determinó dividiendo los beneficios netos entre los costos de inversión. Para expresarlo como un porcentaje, se multiplicó el resultado obtenido por 100. Esta fórmula fue propuesta por el ingeniero en finanzas César Martines Dueñas. Donde:

$$ROI = \frac{BN}{CT} * 100$$

ROI= Retorno de la investigación o rentabilidad

BN = Beneficios netos

CT = Costos totales (Guamán & Garzón, 2021).

11. RESULTADOS Y DISCUSION

11.1. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Altura de planta.

En la tabla 8 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano. Se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, destacándose el cultivar Gros Michael, que alcanzó los valores más altos de altura, con un valor de 325,08 cm, diferenciándose estadísticamente de Williams alcanzando una altura de 231,92 cm y Orito con 241,79 cm respectivamente. Este comportamiento es considerado normal, ya que, en condiciones de manejo convencional, el cultivar Gros Michael se caracteriza por su porte alto y desarrollo vegetativo vigoroso. En un estudio realizado por (Jiménez, 2019) manifiesta que este cultivar puede alcanzar entre 300cm y 500cm metros bajo condiciones edafoclimáticas óptimas, como suelos profundos, alta humedad relativa y buena radiación, lo cual puede variar dependiendo del lugar de cultivo. También, estudios como el de (Rosado, 2022) indican que Gros Michael puede alcanzar alturas entre 330 y 530 cm bajo condiciones óptimas de fertilización, lo cual concuerda con lo observado en este ensayo.

Por su parte esta investigación presenta en los cultivares Williams y Orito alturas menores, lo cual también es característico de su estructura morfofisiológica. En especial, el Orito es una variedad de tipo compacto, con un rango de altura reportado por investigadores entre 180cm y 250cm metros según (Cedeño, 2020), por lo que sus valores en este estudio no representan una deficiencia, sino una expresión típica de su genotipo.

Tabla 8: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable altura de planta.

Cultivares	Altura de planta (cm)	Significancia estadística
Orito	241,79	b
Williams	231,92	b
Gros Michael	325,08	a
C.V.%	15,20	

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

11.2. Efecto simple del factor dosis de N y K, en la variable Altura de planta.

En la tabla 9 se presenta el efecto simple de las dosis de nitrógeno y potasio sobre la altura de planta a la emisión de la bellota. Se observó que no presenta diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio.

Estos resultados confirman la importancia del manejo nutricional, en particular del nitrógeno, para estimular el crecimiento en altura. Tal como indica (Mendoza P. , 2017) y (Rincón, 2018), el nitrógeno interviene en el alargamiento celular y la formación de tejidos estructurales, mientras que el potasio contribuye a la regulación hídrica y el fortalecimiento de los tallos.

Tabla 9: Efecto simple de los factores dosis N y K en la variable altura de planta para el factor cultivares de banano.

Dosis	Altura de planta (cm)	Significancia estadística
N-0	240,44	a
N-280	254,67	a
N-380	261,78	a
N-480	286,33	a
K-0	259,22	a
K-500	275,33	a
K-600	297,11	a
K-700	255,22	a
C.V.%	15,20	

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

11.2.1. Interacción entre cultivares y dosis de N y K en la variable Altura de planta.

La Tabla 10 muestra los resultados de la interacción entre cultivares de banano y las dosis de nitrógeno y potasio, para la variable altura de planta a la emisión de la bellota. Según los datos obtenidos en el presente estudio, el cultivar Gros Michael presentó la respuesta más destacada a la aplicación de N y K, alcanzando una altura máxima de 400,00 cm con la dosis de K-600, estadísticamente superior al resto de tratamientos.

También mostró un comportamiento favorable con N-280 (341,67 cm) y N-480 (347,00 cm), lo que indica que este cultivar es altamente sensible a un suministro adecuado de nitrógeno, tal como se evidenció en esta investigación. Esta respuesta coincide con lo reportado por (Jiménez, 2019), quienes describen al Gros Michael como un cultivar de porte vigoroso, que bajo condiciones tecnificadas puede superar los 3,5 m de altura.

Para el cultivar Orito, existen diferencias estadísticas significativas entre los niveles de nitrógeno. Alcanzando una altura (257,67 cm) con N-380 en comparación con N-0 que obtuvo el valor más bajo con (203,33 cm). En el caso del potasio, las alturas fueron similares en todos los niveles, sin variaciones relevantes. Lo que sugiere que el potasio disponible en el suelo fue suficiente para cubrir sus requerimientos básicos. Estos resultados concuerdan con lo planteado

por (Gómez A. , 2016), quien sostiene que, en suelos tropicales con buen contenido natural de potasio.

En el cultivar Williams, también se observó diferencias estadísticas entre las dosis de N y K. Si bien se registraron valores más altos en K-500 (265,00 cm) y N-480 (239,33 cm). Los resultados de este estudio coinciden con lo descrito por (Freire L., 2015), quien señala que Williams presenta una respuesta más moderada a la fertilización, con menor expresividad morfológica ante cambios nutricionales. En conjunto, los resultados indican que la respuesta en altura de planta a la fertilización depende del genotipo, siendo Gros Michael el cultivar con mayor expresión fenotípica bajo manejo nutricional, mientras que Orito y Williams se caracterizan por una respuesta más constante. Este conocimiento permite ajustar las estrategias de manejo de N y K según la variedad cultivada, optimizando el uso de insumos y el rendimiento agronómico.

Tabla 10: Interacción altura de planta a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Altura de planta (cm)	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	203,33	d
N-280	207,67	d
N-380	257,67	bcd
N-480	272,67	abcd
K-0	252,33	bcd
K-500	251,00	bcd
K-600	248,33	bcd
K-700	241,33	bcd
Cultivar Gros Michael		
N-0	287,67	abcd
N-280	341,67	abc
N-380	315,33	abcd
N-480	347,00	ab
K-0	280,67	abcd
K-500	310,00	abcd
K-600	400,00	a
K-700	318,33	abcd
Cultivar Williams		
N-0	230,33	d
N-280	214,67	cd
N-380	212,33	d
N-480	239,33	bcd
K-0	244,67	bcd
K-500	265,00	bcd
K-600	243,00	bcd
K-700	206,00	d

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

11.3. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de hojas.

En la tabla 11 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre la variable número de hojas a la emisión de la bellota. Se observó que el cultivar Gros Michael alcanzó los mayores valores promedio, con 9,67 hojas, presentando una diferencia estadística significativa respecto a los otros cultivares. Según (Rodríguez, 2020), este comportamiento está relacionado con su porte vigoroso y ciclo vegetativo más largo, que le permite mantener una mayor cantidad de hojas funcionales antes de la floración. Cabe mencionar que el ensayo se desarrolló a una altitud de 500 msnm, con temperaturas promedio entre 18–24 °C, condiciones similares a las descritas por (Rosado, 2022). Por su parte, los cultivares Williams y Orito, 8,79 y 9,13 hojas, lo cual no representa una limitación agronómica. Esta diferencia responde a su arquitectura compacta y desarrollo foliar controlado, característica típica de materiales adaptados a sistemas de producción de ciclo corto. Esta estrategia morfofisiológica permite un manejo eficiente del cultivo, como señala (Freire L, 2015).

Tabla 11: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable número de hojas a la emisión de la bellota.

Cultivares	Número de hojas	Significancia estadística
Orito	9,13	ab
Williams	8,79	b
Gros Michael	9,67	a
C.V.%	13,45	

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

11.4. Efecto simple del factor dosis de N y K, en la variable Número de hojas.

En la tabla 12 se muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el número de hojas emitidas hasta la floración. Se evidenciaron diferencias estadísticas marcadas, se observa una tendencia positiva al incremento del número de hojas con la dosis de N. El tratamiento N-480 destacó por alcanzar el valor más alto con 10 hojas, lo cual coincide con lo señalado por (Mendoza P. , 2017), quien indica que el nitrógeno favorece la formación y conservación de hojas a través de su participación en la síntesis de clorofila y proteínas. En cuanto al potasio, su

papel en la regulación osmótica y activación enzimática también influye en la persistencia del follaje activo durante la etapa vegetativa (Rincón, 2018).

Tabla 12: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable número de hojas para el factor cultivares de banano.

Dosis	Número de hojas	Significancia estadística
N-0	8,11	b
N-280	9,00	ab
N-380	9,67	ab
N-480	10,00	a
K-0	9,44	ab
K-500	9,67	ab
K-600	9,33	ab
K-700	8,33	ab
C.V.%	13,45	

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

11.4.1. Interacción entre cultivares y dosis de N y K en la variable Número de hojas.

La Tabla 13 presenta los resultados de la interacción entre cultivares de banano y las distintas dosis de nitrógeno y potasio, para la variable número de hojas a la emisión de la bellota. De acuerdo con los datos de este estudio, el tratamiento Gros Michael N-280 obtuvo el mayor número de hojas (11,33), diferenciándose positivamente del resto.

Lo que evidencia que este cultivar responde favorablemente a dosis baja de nitrógeno, nutrientes esenciales para la formación y mantenimiento del área foliar activa. En el caso del cultivar Orito, se registró diferencias estadísticas significativas con la dosis de K-700, siendo esta la más baja alcanzando 7,33 hojas. Esto indica que, Orito tiene un desarrollo foliar más limitado por su naturaleza genética. En contraste, el cultivar Williams no presenta diferencias estadísticamente al resto de cultivares. Este patrón podría estar relacionado con una menor sensibilidad a la fertilización, como ha mencionado (Freire L., 2015), quien describe a Williams como un cultivar de respuesta moderada ante cambios nutricionales.

Cabe señalar que los tratamientos con K-700 mostraron una ligera reducción en el número de hojas en todos los cultivares, especialmente en Orito, donde se registró el valor más bajo (7,33 hojas). Este comportamiento podría deberse a un desequilibrio nutricional, ya que niveles excesivos de potasio pueden interferir en la absorción de magnesio y calcio, afectando la formación foliar (Gómez A. , 2016). En conjunto, los resultados muestran que el número de

hojas está condicionado tanto por el cultivar como por el manejo de N y K aplicado, siendo Gros Michael el cultivar con mayor expresión foliar ante la fertilización, Orito y Williams con un desarrollo más constante, aunque menos expresivo.

Tabla 13: Interacción número de hojas la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Numero de hojas	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	8,00	ab
N-280	8,00	ab
N-380	10,33	ab
N-480	9,67	ab
K-0	9,67	ab
K-500	10,00	ab
K-600	10,00	ab
K-700	7,33	b
Cultivar Gros Michael		
N-0	8,67	ab
N-280	11,33	a
N-380	9,67	ab
N-480	10,67	ab
K-0	9,00	ab
K-500	9,00	ab
K-600	9,67	ab
K-700	9,33	ab
Cultivar Williams		
N-0	7,67	ab
N-280	7,67	ab
N-380	9,00	ab
N-480	9,67	ab
K-0	9,67	ab
K-500	10,00	ab
K-600	8,33	ab
K-700	8,33	ab

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

11.5. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Diámetro de fuste.

En la tabla 14 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota, el cultivar Gros Michael alcanzó los mayores valores, con 75,13 cm de diámetro, diferenciándose estadísticamente de Williams con 62,21 y Orito, cuyos resultados fueron 49,92 cm. El comportamiento observado entre los cultivares refleja una respuesta fenotípica característica de cada uno, lo que se traduce en diferencias estadísticas significativas.

El cultivar Orito, genéticamente adaptado a ambientes subtropicales, manifestó su potencial con el menor promedio de diámetro, lo cual no representa una deficiencia estructural, sino una característica morfológica esperada. En contraste, Williams mostró un resultado de diámetro positivo, pero sin alcanzar su desarrollo estructural, probablemente debido a las condiciones agroambientales del ensayo, ya que en entornos más favorables puede desarrollar un pseudotallo más robusto. (Bonilla, 2021).

Este parámetro morfológico constituye un indicador agronómico clave, ya que se asocia con la capacidad de sostén de la planta, la acumulación de reservas y el soporte de racimos de mayor peso, factores que lo convierten en un criterio relevante para la selección de materiales con alto potencial productivo en sistemas tecnificados. Según (Jiménez, 2019), el cultivar Gros Michael puede alcanzar diámetros superiores a 85 cm bajo condiciones de nutrición óptima, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio. Por su parte, (Freire L, 2015) reporta que cultivares como Williams y Orito presentan una estructura foliar y de tallo más compacta, asociada a su morfología de crecimiento moderado y menor biomasa aérea.

Tabla 14: Efecto simple en los factores cultivares de banano en la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota.

Cultivares	Diámetro de fuste (cm)	Significancia estadística
Orito	49,92	c
Williams	62,21	b
Gros Michael	75,13	a
C.V.%	15,29	

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

11.6. Efecto simple del factor dosis de N y K en la variable Diámetro de fuste.

En la tabla 15 se presenta el efecto simple de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el diámetro del fuste a la emisión de la bellota, Si bien no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En conjunto, los resultados resaltan la importancia de definir rangos óptimos de fertilización que tomen en cuenta tanto la eficiencia en el uso de los nutrientes como la respuesta fisiológica del cultivo. El diámetro del fuste, al estar asociado con la capacidad de sostén del racimo y la acumulación de reservas, se consolida como un indicador clave del vigor y del potencial productivo en el cultivo de banano. (Mendoza P. , 2017)

Tabla 15: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.

Dosis	Diámetro de fuste (cm)	Significancia estadística
N-0	55,78	a
N-280	57,33	a
N-380	68,67	a
N-480	64,78	a
K-0	63,33	a
K-500	65,67	a
K-600	66,56	a
K-700	57,22	a
C.V.%	13,45	

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

11.6.1. Interacción entre cultivares, dosis de nitrógeno y potasio en la variable Diámetro de fuste.

La Tabla 16 presenta los resultados de la interacción entre cultivares de banano y distintas dosis de nitrógeno y potasio, sobre el diámetro del fuste a la emisión de la bellota.

Gros Michael fue el cultivar con mayor respuesta morfológica al manejo nutricional intensivo, alcanzando el diámetro más alto (91,33 cm) con la dosis de K-600, valor estadísticamente superior al resto. También se observaron resultados destacados con las dosis N-480 (83,00 cm) y K-500 (75,00 cm), lo cual demuestra que este cultivar se beneficia significativamente de dosis elevadas de potasio y nitrógeno. Este comportamiento confirma que Gros Michael tiene un alto potencial estructural, siendo el más expresivo en cuanto a engrosamiento del pseudotallo bajo condiciones de fertilización adecuada.

En el caso de Williams los tratamientos más destacados fueron K-500 (76,00 cm) y N-380 (63,67 cm). Esto sugiere que, si bien responde positivamente a la fertilización, su expresión estructural es más moderada, lo que coincide con lo descrito por (Freire L, 2015) sobre su comportamiento estable en condiciones de fertilización media.

El cultivar Orito presentó los valores más bajos de diámetro del fuste, con 43,67 cm (N-0) y 67,00 cm (N-380) mostrando diferencias estadísticas significativas.

Este resultado sugiere que, si bien Orito tiene una estructura genética compacta, puede expresar un mejor desarrollo estructural con dosis moderadas de nitrógeno. La respuesta al potasio fue

menos evidente, posiblemente por una menor demanda o una eficiencia de uso diferente en este genotipo.

En conjunto, esta interacción muestra que el diámetro del fuste está influenciado tanto por el material genético como por el manejo nutricional aplicado. El potasio se confirmó como el nutriente con mayor impacto estructural en la variable evaluada, especialmente en el caso de Gros Michael. Por su parte, Williams y Orito presentaron un desarrollo más constante, aunque con menor expresividad morfológica, lo que debe considerarse al diseñar estrategias de fertilización diferenciadas por cultivar.

Tabla 16: Interacción diámetro de fuste a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Diámetro de fuste (cm)	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	43,67	d
N-280	46,33	cd
N-380	67	abcd
N-480	50,33	cd
K-0	53,67	bcd
K-500	46,00	cd
K-600	48	cd
K-700	44,33	d
Cultivar Gros Michael		
N-0	70,67	abcd
N-280	72,00	abcd
N-380	75,33	abc
N-480	83,00	abc
K-0	62,67	abcd
K-500	75,00	bcd
K-600	91,33	a
K-700	71,00	abcd
Cultivar Williams		
N-0	53,00	cd
N-280	53,67	bcd
N-380	63,67	abcd
N-480	61,00	bcd
K-0	73,67	abcd
K-500	76,00	abc
K-600	60,33	bcd
K-700	56,33	bcd

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

11.7. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Ancho de hoja.

En la tabla 17 se muestran los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre la variable ancho de hoja a la emisión de la bellota, El cultivar Gros Michael presentó el mayor ancho de hoja, con un valor de 73,63 cm, seguido por Williams con 69,13 cm, y en último lugar Orito, que alcanzó valores cercanos a los 54,5 cm. Este comportamiento se relaciona con la arquitectura de cada cultivar. Williams y Gros Michael poseen hojas más amplias que permiten una mayor intercepción de luz, lo que beneficia el rendimiento fotosintético. Según (Cedeño J. Z., 2020), el ancho de hoja está vinculado al vigor vegetativo y al potencial productivo de la planta. En cambio, Orito, al ser una variedad compacta, presenta menor desarrollo foliar lateral, característica que no representa una desventaja agronómica, sino una adaptación morfofisiológica que favorece su manejo en espacios reducidos.

Tabla 17: Efecto simple en los factores cultivares de banano en la variable diámetro de fuste a la emisión de la bellota.

Cultivares	Ancho de hojas(cm)	Significancia estadística
Orito	54,5	b
Williams	69,13	a
Gros Michael	73,63	a
C.V.%	12,97	

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

11.8. Efecto simple del factor dosis de N y K en la variable Ancho de hoja.

En la tabla 18 se muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el ancho de hoja. Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas con las dosis K-500, K-600 y N-48 fueron los que promovieron mayor expansión foliar. Se destaca el valor máximo de 70,22 cm obtenido con la dosis N-48 y con K-500 se obtuvo un valor de 71,44 cm. El potasio contribuye al engrosamiento y elongación celular, lo cual explica el incremento en el ancho de hoja. Además, el nitrógeno favorece la formación de tejido vegetal activo y la producción de clorofila, lo que también influye positivamente en el crecimiento foliar (Mendoza P. , 2017); (Rincón, 2018). Los tratamientos sin fertilización (N-0 y K-0) mostraron los valores más bajos de ancho, confirmando que la ausencia de nutrientes limita la expansión foliar.

Tabla 18: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable ancha de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.

Dosis	Ancho de hoja (cm)	Significancia estadística
N-0	55,56	b
N-280	62,78	ab
N-380	65,22	ab
N-480	70,22	a
K-0	69,89	a
K-500	71,44	a
K-600	69,56	a
K-700	61,33	ab
C.V.%	12,97	

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

11.8.1. Interacción entre cultivares, dosis de nitrógeno y potasio en la variable Ancho de hoja.

La Tabla 19 se muestra los resultados de la interacción entre cultivares y tratamientos de fertilización para la variable ancho de hoja mostrando diferencias estadísticas significativas. Se destaca el tratamiento Williams K-500, con el ancho más alto registrado (82,23 cm), seguido por Gros Michael N-480 (81,33 cm). Esto confirma que ambas variedades responden favorablemente a fertilizaciones equilibradas. El cultivar Orito mostró valores menores, siendo N-380 (66,67 cm) su mejor tratamiento. Aunque los valores fueron más bajos, las diferencias entre tratamientos fueron más leves, lo que indica que este cultivar mantiene un desarrollo foliar estable, aun bajo diferentes condiciones nutricionales. Por otro lado, los tratamientos sin fertilización presentaron reducciones notables en los tres cultivares. Por ejemplo, Orito K-0 apenas alcanzó 53,33 cm, mientras que Williams N-0 se quedó en 59,67 cm, lo cual evidencia que la deficiencia de nutrientes afecta negativamente la formación de hoja ancha, limitando el área fotosintética efectiva.

Tabla 19: Interacción del ancho de hoja a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Ancho de Hoja (cm)	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	47,67	ef
N-280	53,67	def
N-380	66,67	abcdef
N-480	61,67	abcdef
K-0	53,33	ef
K-500	54,33	cdef
K-600	55,67	bcdef
K-700	43,00	f
Cultivar Gros Michael		
N-0	59,33	abcdef
N-280	80,33	abc
N-380	67,33	abcdef
N-480	81,33	ab
K-0	71,00	abcde
K-500	77,67	abcd
K-600	77,33	abcd
K-700	74,67	abcd
Cultivar Williams		
N-0	59,67	abcdef
N-280	54,33	cdef
N-380	61,67	abcdef
N-480	67,67	abcdef
K-0	85,33	a
K-500	82,23	ab
K-600	75,67	abcd
K-700	66,33	abcdef

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

11.9. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Largo de hoja.

En la tabla 20 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre el largo de hoja a la emisión de la bellota. Se observa que el cultivar Gros Michael alcanzó el mayor largo foliar, con promedios que superaron los 222,58 cm en varios tratamientos, seguido por Williams, con 204,88cm, y en último lugar Orito, que presentó longitudes de hoja con 199,92 cm. Presentando diferencias estadísticas significativas a las características morfológicas propias de cada variedad. Gros Michael, al ser un cultivar de porte alto y vigoroso,

forma hojas más largas y de mayor superficie, lo cual permite una mejor captación de radiación solar y mayor eficiencia fotosintética (Rodríguez, 2020). Por el contrario, Orito, por su arquitectura compacta, presenta un largo foliar reducido, comportamiento que no representa una deficiencia agronómica, sino una adaptación natural de su genotipo (Cedeño J. Z., 2020).

Tabla 20: Efecto simple de los factores cultivares de banano, largo de hoja a la emisión de la bellota.

Cultivares	Largo de hoja (cm)	Significancia estadística
Orito	199,92	b
Williams	204,88	ab
Gros Michael	222,58	a
C.V.%	13,60	

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

11.10. Efecto simple del factor dosis con N y K en la variable Largo de hoja.

En la tabla 21 se muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el largo de hoja. Se evidenció una respuesta positiva diferenciándose significativamente con las dosis medias y altas de nitrógeno (N-280, N-380 y N-480), así como a los tratamientos con K-600, que en varios casos permitieron alcanzar longitudes superiores a los 221 cm. El nitrógeno es un elemento esencial para la formación y elongación celular, y está directamente relacionado con el crecimiento foliar, mientras que el potasio favorece el mantenimiento estructural y fisiológico de las hojas (Mendoza P. , 2017); (Rincón, 2018). Esto explica por qué los valores más bajos de largo de hoja se registraron en los tratamientos sin fertilización (N-0 y K-0), donde se observaron promedios entre 200 y 220 cm.

Tabla 21: Efecto simple en factores dosis con N y K largo de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.

Dosis	Largo de hoja (cm)	Significancia estadística
N-0	172,33	b
N-280	206,89	ab
N-380	214,22	ab
N-480	216,67	a
K-0	226,33	a
K-500	220	a
K-600	221,78	a
K-700	194,78	ab
C.V.%	13,60	

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

11.10.1. Interacción entre cultivares, dosis de nitrógeno y potasio en la variable Largo de hoja.

La Tabla 22 muestra la interacción entre los cultivares y los tratamientos de fertilización para la variable largo de hoja. Se destaca el tratamiento Gros Michael K-600, con el valor más alto registrado (253,33 cm) mostrando diferencias estadísticas significativas, mientras que el cultivar Williams no presenta dichas diferencias estadísticas. En el caso de Orito, el mayor largo de hoja se obtuvo con K-600 (193,67 cm) y N-480 (214,67cm), aunque los valores se mantuvieron dentro de su rango fisiológico. Esto indica que, aunque este cultivar tiene un potencial foliar más limitado, responde favorablemente al manejo nutricional, siempre dentro de sus límites morfológicos. Los tratamientos sin fertilización fueron los de menor rendimiento en los tres cultivares.

Tabla 22: Interacción del largo de hoja a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Largo de Hoja (cm)	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	156,67	b
N-280	191,33	ab
N-380	241,00	ab
N-480	214,67	ab
K-0	224,33	ab
K-500	202,33	ab
K-600	193,67	ab
K-700	175,33	ab
Cultivar Gros Michael		
N-0	161,00	b
N-280	252,00	a
N-380	233,00	ab
N-480	227,00	ab
K-0	208,33	ab
K-500	213,33	ab
K-600	253,33	b
K-700	232,67	ab
Cultivar Williams		
N-0	199,33	ab
N-280	177,33	ab
N-380	168,67	ab
N-480	208,33	ab
K-0	246,33	ab
K-500	244,33	ab
K-600	218,33	ab
K-700	176,33	ab

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

11.11. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable de Clorofila.

En la tabla 23 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre el contenido de clorofila a la emisión de la bellota, El cultivar Gros Michael registró los valores más altos, con un máximo de 50,64 unidades SPAD, seguido por Williams con 47,41 y Orito, que obtuvo los valores más bajos, con promedios entre 37,33 SPAD. Estos resultados se explican que mostraron diferencias estadísticas significativas por las diferencias morfofisiológicas entre los cultivares. Gros Michael, al presentar mayor desarrollo foliar y un

índice de área foliar más alto, también tiende a tener mayor concentración de clorofila por hoja, lo cual favorece su capacidad fotosintética y su eficiencia en la producción de biomasa (Rodríguez, 2020). Por su parte, Orito mostró menor contenido de clorofila, probablemente por su estructura foliar más reducida, pero dentro de los rangos considerados normales para su genotipo (Cedeño J. Z., 2020).

Tabla 23: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable clorofila.

Cultivares	SPAD	Significancia estadística
Orito	37,33	c
Williams	47,41	b
Gros Michael	50,64	a
C.V.%	7,04	

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

11.12. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Clorofila.

En la tabla 24 se muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el contenido de clorofila. Los tratamientos con N-380 y K-500 fueron los que reportaron los valores más altos, con diferencias estadísticas significativas especialmente en Gros Michael, lo cual confirma que la fertilización influye directamente sobre la síntesis de clorofila. El nitrógeno es un componente esencial de la molécula de clorofila, y su disponibilidad favorece la formación de tejido foliar verde y funcional. Por su parte, el potasio contribuye a la regulación estomática, la actividad enzimática y el balance osmótico, factores que ayudan a mantener hojas sanas y activas (Mendoza P. , 2017); (Rincón, 2018). En contraste, los tratamientos sin fertilización (N-0 y K-0) mostraron los valores más bajos de clorofila, con promedios inferiores a 40 SPAD, especialmente en Orito y Williams, lo que indica una limitación metabólica por carencia de nutrientes.

Tabla 24: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable clorofila de hoja a la emisión de la bellota para el factor cultivares de banano.

Dosis	SPAD	Significancia estadística
N-0	40,6	b
N-280	40,67	b
N-380	48,43	a
N-480	46,59	a
K-0	47,4	a
K-500	47,92	a
K-600	43,81	ab
K-700	45,61	a
C.V.%	7,04	

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

11.13. Análisis de la interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Clorofila.

La Tabla 25 presenta los datos de la interacción entre cultivares y dosis de fertilización sobre el contenido de clorofila mostrando diferencias estadísticas significativas. El mayor valor se registró en el tratamiento Gros Michael N-380 (59,07 SPAD), seguido por Gros Michael K-700 (53,37 SPAD) y Williams K-700 (50,70 SPAD). Esto demuestra que los cultivares de mayor biomasa foliar responden de forma significativa a un aporte adecuado de nitrógeno y potasio. En el caso de Orito, sus mejores valores se observaron en los tratamientos K-500 (43,93 SPAD) y N-380 (39,80 SPAD), aunque sus niveles generales de clorofila fueron más bajos en comparación con los otros cultivares. Esto se debe a su menor área foliar y capacidad de almacenamiento de pigmentos, aunque sigue siendo fisiológicamente eficiente dentro de su tipo. Por otro lado, los tratamientos sin fertilización reflejaron los valores más bajos de clorofila, especialmente Orito N-0 (32,83 SPAD), lo que confirma la dependencia directa de esta variable respecto al estado nutricional del cultivo.

Tabla 25: Interacción clorofila a la floración en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	SPAD	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	32,83	fg
N-280	27,23	g
N-380	39,80	ef
N-480	39,6	ef
K-0	41,1	def
K-500	43,93	bcde
K-600	41,4	edef
K-700	32,77	g
Cultivar Gros Michael		
N-0	45,50	cdef
N-280	46,60	bcde
N-380	59,07	a
N-480	50,03	abcde
K-0	52,80	abc
K-500	50,97	abcd
K-600	46,80	bcde
K-700	53,37	ab
Cultivar Williams		
N-0	43,47	cdef
N-280	48,17	bcde
N-380	46,43	bcde
N-480	50,13	defg
K-0	48,30	bcde
K-500	48,87	bcde
K-600	43,23	cde
K-700	50,70	defg

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

11.14. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de hojas.

En la tabla 26 se presentan los resultados del efecto simple del factor cultivares de banano sobre el número de hojas funcionales a la cosecha, Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los cultivares, siendo Orito el que mostró la mayor retención foliar, con promedios de hasta 6,25 hojas funcionales, seguido por Williams, mientras que Gros Michael presentó el menor número de hojas activas en esta etapa. Este resultado sugiere que Orito presenta una ventaja fisiológica y agronómica en la conservación del área foliar durante las fases finales del ciclo. Dicha característica se relaciona no solo con su ciclo vegetativo más corto, sino también con su mayor tolerancia a la sigatoka negra, enfermedad que afecta

directamente el estado de las hojas. De acuerdo con (Cedeño J. Z., 2020), Orito mantiene una mejor proporción de hojas verdes hasta la cosecha, lo cual favorece el llenado de racimos al conservar mayor capacidad fotosintética. Estos resultados coinciden con lo descrito por (González R. L., 2021), quienes evaluaron la fisiología de musáceas en condiciones tropicales y encontraron que la longevidad foliar y la resistencia a enfermedades fúngicas están estrechamente vinculadas al genotipo. En ese estudio, los cultivares de ciclo corto presentaron menor pérdida foliar antes de la cosecha, similar a lo observado en Orito en este experimento.

En contraste, Gros Michael, a pesar de su vigor vegetativo inicial, evidenció una mayor tasa de senescencia foliar en la etapa final del cultivo, lo que redujo su número de hojas funcionales al momento de la cosecha. (Rodríguez, 2020) ya había reportado este comportamiento en estudios comparativos, señalando que la pérdida foliar avanzada en este cultivar puede comprometer la eficiencia fisiológica en la etapa de llenado del fruto. Williams, por su parte, mostró valores intermedios. Su desempeño puede estar condicionado por su alta susceptibilidad a la sigatoka negra, como lo advierte (Freire L. &, 2015). Esta condición lo hace más vulnerable a la pérdida prematura de hojas si no se aplican programas de manejo fitosanitario eficientes, lo cual es una desventaja en términos de productividad. En general, estos resultados refuerzan el papel del número de hojas funcionales como indicador del estado fisiológico del cultivo en la fase de cosecha. La selección de cultivares con mejor conservación del follaje no solo contribuye al rendimiento final, sino también a la eficiencia en el uso de insumos y la reducción de riesgos asociados a enfermedades foliares en sistemas de producción tropical.

Tabla 26: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable número de hojas a la cosecha.

Cultivares	Número de hojas	Significancia estadística
Orito	6,25	a
Williams	5,58	a
Gros Michael	4,71	b
C.V.%	18,57	

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

11.15. Efecto simple del factor dosis con N y K en la variable Número de hojas.

En la tabla 27 se observa el efecto de las dosis de fertilización sobre el número de hojas a la cosecha. Los tratamientos N-380 y K-500 fueron los que generaron mayor retención foliar, especialmente en Orito, con valores que superaron las 6 hojas sin presentar diferencias estadísticas significativas. Esto se debe a que una nutrición equilibrada promueve la longevidad del follaje, manteniéndolo activo y funcional por más tiempo. El nitrógeno favorece la formación de tejido nuevo y el retraso en la senescencia, mientras que el potasio mejora la resistencia de las hojas al estrés fisiológico, lo que facilita su permanencia en la planta hasta el final del ciclo (Mendoza P. , 2017); (Rincón, 2018). Los tratamientos sin fertilización, particularmente N-0 y K-0, mostraron los valores más bajos, con promedios de 5 hojas, lo que demuestra el impacto negativo de la deficiencia nutricional en la conservación del área foliar activa al momento de cosecha.

Tabla 27: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable número de hojas a la cosecha.

Dosis	Número de hojas	Significancia estadística
N-0	5,11	a
N-280	4,89	a
N-380	5,11	a
N-480	6,00	a
K-0	5,89	a
K-500	5,89	a
K-600	5,78	a
K-700	5,44	a
C.V.%	18,57	

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

11.15.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Número de hojas.

La Tabla 28 presenta los resultados de la interacción entre los cultivares y las dosis de N y K sobre el número de hojas a la cosecha presentando una diferencia estadística significativa. El tratamiento Orito K-500 fue el que registró el mayor número de hojas (7,33), seguido por Orito N-280 (6,67) y Williams K-500 (7,33), lo que indica que dosis moderadas de potasio y nitrógeno favorecen la retención foliar en los tres cultivares.

En el caso de Gros Michael, aunque sus valores fueron ligeramente menores, se destaca el tratamiento N-480 (5,67), lo que sugiere que una fertilización intermedia también puede

mejorar la persistencia de hojas, incluso en cultivares con alta senescencia foliar. Los menores valores se observaron en los tratamientos sin fertilización, como Gros Michael K-0 (5,00) y Orito N-0 (6,33), lo cual evidencia que una nutrición deficiente compromete la integridad del follaje, reduciendo la capacidad fotosintética final del cultivo. Es así como, el número de hojas a la cosecha está condicionado por el cultivar y la calidad del manejo nutricional, siendo el Orito el que mostró mayor capacidad de retención foliar, lo cual podría representar una ventaja agronómica en sistemas donde se requiere eficiencia fotosintética sostenida hasta la maduración del racimo.

Tabla 28: Interacción número de hojas a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Número de Hojas	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	6,33	abc
N-280	6,67	ab
N-380	4,67	abc
N-480	6,33	abc
K-0	6,33	abc
K-500	7,33	a
K-600	6,33	abc
K-700	6,00	abc
Cultivar Gros Michael		
N-0	4,67	abc
N-280	3,33	c
N-380	5,00	abc
N-480	5,67	abc
K-0	5,00	abc
K-500	3,67	bc
K-600	5,67	abc
K-700	4,67	abc
Cultivar Williams		
N-0	4,33	abc
N-280	4,67	abc
N-380	5,67	abc
N-480	6,00	abc
K-0	6,33	abc
K-500	6,67	ab
K-600	5,33	abc
K-700	5,67	abc

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

11.16. Efecto simple del factor cultivares de banano en la variable Peso del racimo.

En la tabla 29 se presentan los resultados del efecto simple del factor cultivares de banano sobre el peso del racimo a la cosecha con diferencias estadísticas significativas. El cultivar Gros Michael alcanzó el mayor peso promedio, con racimos que superaron los 19,21kg, seguido por Williams, con valores cercanos a 11,42 kg, y finalmente Orito, que presentó racimos más ligeros, con un peso 11,42 kg. Este comportamiento confirma que Williams es un cultivar de alta productividad, ampliamente conocido por su capacidad de generar racimos grandes y con buena distribución de manos (Jiménez, 2019). Por su parte, Gros Michael, aunque históricamente ha sido un material muy productivo, mostró una ligera variabilidad en esta variable, lo cual puede estar influenciado por factores de manejo o clima. En cambio, Orito, al ser una variedad de menor porte y racimos más compactos, se mantuvo dentro de los valores normales para su tipo. Estudios como los de (Cedeño J. Z., 2020) reportan que los racimos de Orito tienen un peso promedio entre 20 y 25 kg, lo cual concuerda con lo observado.

Tabla 29: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable peso del racimo.

Cultivares	Peso del racimo (kg)	Significancia estadística
Orito	6,83	c
Williams	11,42	b
Gros Michael	19,21	a
C.V.%	14,88	

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

11.17. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Peso del racimo.

En la gráfica 30 se muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el peso del racimo. Se evidencia una respuesta positiva al incremento de fertilización mostrando una diferencia estadística significativa, especialmente en los tratamientos con K-600 y N-480, que generaron los mayores pesos, particularmente en Williams y Gros Michael. El tratamiento K-600 alcanzó el valor más alto (20,11kg), mientras que la dosis de N-380 alcanzo un valor de (12,78 kg). Esto resalta el papel del potasio como regulador del llenado del fruto, ya que interviene en la translocación de azúcares y mejora la calidad y tamaño del racimo (Rincón, 2018). El nitrógeno también mostró una influencia importante, al favorecer el desarrollo vegetativo que antecede a la formación del racimo (Mendoza P. , 2017). En contraste, los tratamientos sin fertilización

(N-0 y K-0) resultaron en racimos considerablemente más livianos, lo que evidencia que la deficiencia nutricional reduce significativamente el potencial productivo del cultivo.

Tabla 30: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable peso del racimo.

Dosis	Peso del racimo (kg)	Significancia estadística
N-0	9,33	d
N-280	9,89	cd
N-380	12,78	b
N-480	11,78	bcd
K-0	12,22	bc
K-500	13,00	b
K-600	20,11	a
K-700	10,78	bcd
C.V.%	14,88	

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

11.17.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Peso del racimo.

En la tabla 31 se muestra la interacción entre cultivares y tratamientos de fertilización sobre el peso del racimo mostrando diferencias estadísticas significativas. El tratamiento Williams K-600 obtuvo el mayor valor registrado (19,67 kg), seguido por Gros Michael K-600 (19,67 kg) lo que indica que la fertilización potásica tiene un impacto directo y significativo en esta variable. El cultivar Orito, aunque con pesos menores, mostró su mejor rendimiento con el tratamiento N-380 (8,00 kg), lo que sugiere que, aunque no alcanza los valores de los otros cultivares, puede responder adecuadamente al manejo nutricional, manteniéndose productivo dentro de su rango fisiológico. Los tratamientos con menor fertilización presentaron los valores más bajos de peso de racimo, como por ejemplo Orito N-0 (2,67 kg), confirmando que una nutrición deficiente compromete el rendimiento del cultivo. En conjunto, el análisis muestra que el peso del racimo está altamente influenciado tanto por el cultivar como por el nivel de fertilización, siendo Williams el más productivo y Gros Michael el más sensible al manejo nutricional, mientras que Orito, aunque menos expresivo, mantiene una respuesta constante y adaptada a sistemas de menor exigencia.

Tabla 31: Interacción peso de racimo a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Peso del Racimo (kg)	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	2,67	j
N-280	7,67	ghij
N-380	8,00	ghij
N-480	5,33	hij
K-0	7,67	ghij
K-500	8,67	fghi
K-600	10,00	fghi
K-700	4,67	ij
Cultivar Gros Michael		
N-0	17	bcd
N-280	16,67	bcd
N-380	18	bc
N-480	19,33	b
K-0	10,33	c
K-500	16,33	bcde
K-600	19,67	a
K-700	16,33	bcdef
Cultivar Williams		
N-0	8,33	fghij
N-280	5,33	hij
N-380	12,33	cdefg
N-480	10,67	fghi
K-0	9,67	fghi
K-500	14	bcdef
K-600	19,67	b
K-700	11,33	efgh

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

11.18. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Rendimiento kg/ha/año.

En la tabla 32 se presentan los resultados del efecto simple para el factor cultivares de banano sobre el rendimiento por hectárea por año (kg/ha/año). El cultivar Gros Michael alcanzó el mayor rendimiento, con valores que superaron los 21609,38kg/ha/año, presentando diferencias estadísticas significativas de Williams con alrededor de 12843,75kg/ha/año, y finalmente Orito, que registró rendimientos menores, por debajo de 7687,5kg/ha/año. Este comportamiento refleja el potencial productivo del Gros Michael, que bajo condiciones de manejo adecuadas

puede alcanzar altos niveles de rendimiento anual, debido a su robustez y capacidad de generar racimos grandes y bien desarrollados (Jiménez, 2019). Por su parte, Williams también mostró una respuesta productiva sólida, mientras que Orito, aunque menos productivo en volumen, mantiene una estabilidad agronómica que puede ser ventajosa en sistemas de cultivo de baja demanda (Cedeño J. Z., 2020)

Tabla 32: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable rendimiento.

Cultivares	Rendimiento/ha/año	Significancia estadística
Orito	7687,5	c
Williams	12843,75	b
Gros Michael	21609,38	a
C.V.%	14,88	

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

11.19. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Rendimiento kg/ha/año.

En la tabla 33 se evidencia el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el rendimiento anual por hectárea. Se observó una respuesta positiva y consistente a las dosis altas presentando una diferencia estadística significativa, especialmente con la dosis de K-600 se obtuvo 22625/ha/año. Estos resultados reafirman el papel del potasio como nutriente esencial en la translocación de azúcares y el llenado de fruto, y del nitrógeno como promotor del crecimiento vegetativo y rendimiento total (Mendoza P. , 2017); (Rincón, 2018). En cambio, los tratamientos sin fertilización (N-0 y K-0) obtuvieron los rendimientos más bajos, lo cual demuestra que una nutrición.

Tabla 33: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable rendimiento /ha/año.

Dosis	Rendimiento/ha/año	Significancia estadística
N-0	10500	d
N-280	11125	cd
N-380	14375	b
N-480	13250	bcd
K-0	13750	bcd
K-500	14625	b
K-600	22625	a
K-700	12125	bcd
C.V.%	14,88	

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

1.18.1. Interacción entre cultivares y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Rendimiento kg/ha/año.

La Tabla 34 presenta los resultados de la interacción entre cultivares y tratamientos de fertilización para el rendimiento anual por hectárea. El mayor valor se registró en el tratamiento Gros Michael K-600 (34.500 kg/ha/año), seguido por Gros Michael N-480 (21.750 kg/ha/año) y Williams K-600 (22.125 kg/ha/año) estos cultivares mostraron diferencias estadísticas significativas. Estos resultados confirman que el mayor rendimiento se obtiene al aplicar fertilización potásica adecuada en cultivares de alto potencial genético. Por su parte, el cultivar Orito mostró sus mejores valores con N-380 (9.000 kg/ha/año) y K-600 (11.250 kg/ha/año), manteniéndose dentro de su rango fisiológico de producción. Aunque sus cifras fueron inferiores a las de los otros cultivares, se observa una respuesta positiva y estable frente al manejo nutricional. Los tratamientos sin fertilización fueron los menos productivos en todos los cultivares, destacando que el uso racional de nutrientes permite optimizar el rendimiento agrícola y aprovechar al máximo el potencial de cada variedad.

Tabla 34: Interacción rendimiento/ha/año a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Rendimiento/ha/año	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	3000	j
N-280	8625	ghij
N-380	9000	ghij
N-480	6000	hij
K-0	8625	abcd
K-500	9750	fghi
K-600	11250	fghi
K-700	5250	ij
Cultivar Gros Michael		
N-0	19125	bcd
N-280	18750	bcd
N-380	20250	bc
N-480	21750	b
K-0	21750	b
K-500	18375	bcde
K-600	34500	a
K-700	18375	bcde
Cultivar Williams		
N-0	9375	fghij
N-280	6000	hij
N-380	13875	defg
N-480	12000	fghi
K-0	10875	fjhi
K-500	15750	bcdef
K-600	22125	b
K-700	12750	fghi

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

11.20. Efecto simple del factor cultivares de banano, en la variable Número de manos.

En la tabla 35 se presentan los resultados del efecto simple del factor cultivares de banano sobre el número de manos por racimo con diferencias estadísticas significativas. El cultivar Gros Michael mostró el mayor número de manos, alcanzando hasta 6,67, seguido de cerca por Williams, mientras que Orito fue el que menos manos desarrolló, con un promedio entre 5,25manos. Este comportamiento es coherente con las características estructurales de cada cultivar. Gross Michael, al tener una arquitectura más productiva y racimos con mayor densidad de frutos, tiende a formar más manos por unidad de racimo. Según (Carrillo, 2021), el número

de manos está fuertemente influenciado por la genética del cultivar y por el balance hormonal que regula la floración femenina en el pseudotallo. En contraste, Orito, por su morfología más compacta y sus racimos de menor tamaño, tiende naturalmente a formar menos manos, aunque con una distribución uniforme y comercialmente aceptada.

Tabla 35: Efecto simple de los factores cultivares de banano, en la variable número de manos.

Cultivares	Número de manos	Significancia estadística
Orito	5,25	b
Williams	5,96	ab
Gros Michael	6,67	a
C.V.%		19,34

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

11.21. Efecto simple del factor dosis con N y K la variable Número de manos.

En la tabla 36 muestra el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio sobre el número de manos por racimo. Se evidencia diferencias estadísticas significativas, especialmente K-600 y N-380, que favorecieron la formación de más manos, principalmente en los cultivares Williams y Gros Michael. El potasio tiene un papel clave en la translocación de carbohidratos y energía hacia el racimo, lo cual estimula una floración femenina más completa y una mayor formación de manos (Rincón, 2018). Por su parte, el nitrógeno apoya el desarrollo de estructuras florales completas, siempre que se administre de forma equilibrada. Los tratamientos sin fertilización (N-0 y K-0) mostraron una reducción significativa en el número de manos, con valores por debajo de 8, especialmente en Orito.

Tabla 36: Efecto simple en factores dosis con N y K la variable número de manos.

Dosis	Número de manos	Significancia estadística
N-0	4,89	b
N-280	5,00	b
N-380	6,11	b
N-480	5,78	b
K-0	5,78	b
K-500	6,33	b
K-600	8,22	a
K-700	5,56	b
C.V.%	19,34	

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

11.21.1. Interacción entre cultivares de banano y dosis de nitrógeno y potasio en la variable Número de manos.

La tabla 37 presenta los resultados de la interacción entre cultivares y fertilización sobre el número de manos por racimo presentando diferencias estadísticas significativas. El tratamiento Gros Michael K-600 alcanzó el valor más alto registrado (10,00 manos), seguido por Williams K-600 (8,33 manos) y Gros Michael N-380 (7,00 manos). Estos resultados indican que la fertilización potásica intensa promueve una mayor diferenciación floral y formación de manos, especialmente en cultivares de alto rendimiento. En el caso de Orito, sus mejores valores se observaron en los tratamientos K-600 (6,33) y N-480 (5,67), mientras que los tratamientos sin fertilización presentaron los valores más bajos, como N-0 (3,33 manos). Esto confirma que este cultivar, si bien menos expresivo en esta variable, responde positivamente a una nutrición balanceada.

Tabla 37: Interacción número de manos a la cosecha en diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Dosis de elemento	Número de Manos	Significancia estadística
Cultivar Orito		
N-0	3,33	d
N-280	4,67	cd
N-380	5,00	bcd
N-480	5,67	bcd
K-0	5,67	bcd
K-500	5,67	bcd
K-600	6,33	bcd
K-700	5,67	bcd
Cultivar Gros Michael		
N-0	5,67	bcd
N-280	6,00	abc
N-380	7,00	abc
N-480	6,33	bcd
K-0	7,00	abc
K-500	5,67	bcd
K-600	10,00	a
K-700	5,67	bcd
Cultivar Williams		
N-0	5,67	abc
N-280	4,33	cd
N-380	6,33	bcd
N-480	5,33	bcd
K-0	4,67	cd
K-500	7,67	abc
K-600	8,33	ab
K-700	5,33	bcd

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

11.22. Eficiencia Agronómica

En la Gráfica 1 se presenta la respuesta a la eficiencia agronómica de los cultivares Gros Michel, Orito y Williams ante diferentes dosis de nitrógeno, evidenciando diferencias en el coeficiente de determinación (R^2). El cultivar Orito presentó el R^2 más alto, indicando una fuerte relación entre la dosis de nitrógeno y el rendimiento. A 280 kg N ha^{-1} , alcanzó su mayor eficiencia agronómica con 20 kg de fruta por kg de nitrógeno, lo que sugiere que responde mejor a dosis moderadas.

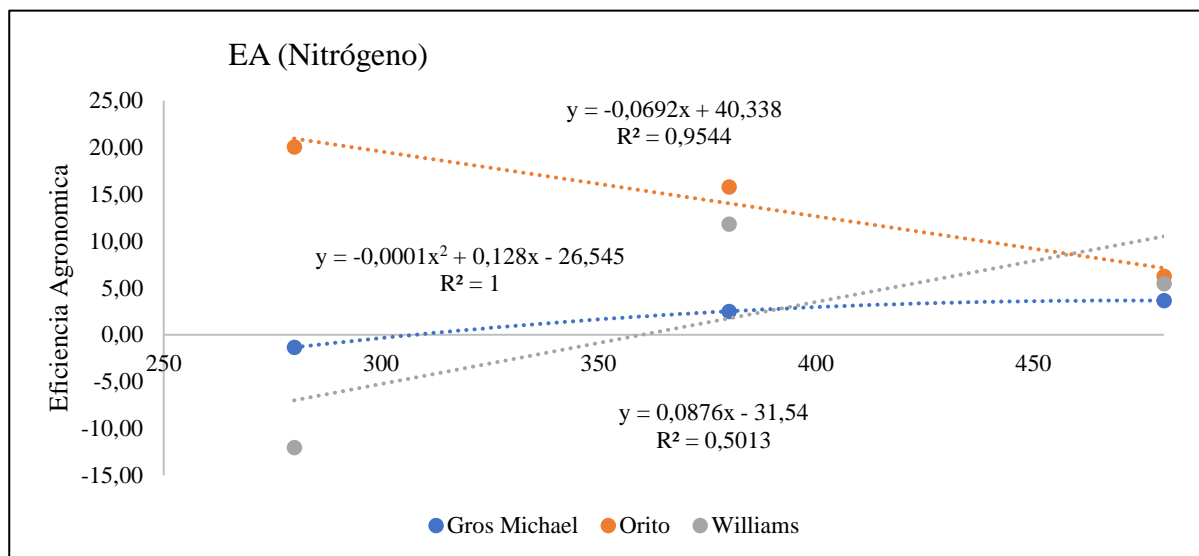
Por otro lado, el cultivar Gros Michel mostró el valor más bajo de R^2 , lo que sugiere que su rendimiento no dependió significativamente del nitrógeno aplicado, Esta baja correlación puede deberse a que Gros Michel es menos exigente en nitrógeno, presenta una absorción más eficiente de los nutrientes disponibles en el suelo, o que existen otros factores limitantes, como el contenido de otros nutrientes, la estructura del suelo o condiciones climáticas que afectaron su rendimiento y no fueron considerados en el modelo.

El cultivar Williams presentó un R^2 intermedio, mostrando una respuesta moderada al nitrógeno, con un rendimiento que aumentó hasta cierto punto, pero disminuyó a dosis más altas. Esto indica que otros factores también inciden en su productividad.

En general, la eficiencia agronómica tiende a disminuir con dosis elevadas de nitrógeno, destacando la necesidad de identificar la dosis óptima para cada cultivar, optimizando el uso del nutriente, evitando pérdidas y minimizando el impacto ambiental.

Este tipo de respuesta ha sido reportada por (Rodríguez & Pradenas, 2020), quienes observaron que las plantas de banano solo pueden utilizar eficientemente el nitrógeno hasta cierto umbral, después del cual, dosis adicionales no mejoran el rendimiento y pueden incluso causar desequilibrios nutricionales o estrés osmótico. Asimismo, (Calberto & Elbehri, 2015), encontraron que, en condiciones tropicales, el uso excesivo de nitrógeno en banano genera pérdidas por lixiviación y un impacto negativo en la calidad del fruto.

Gráfica 1: Eficiencia agronómica de nitrógeno en respuesta al estudio con niveles de nitrógeno en tres cultivares de Banano.



La Gráfica 2 muestra la relación entre la dosis de potasio (K) y la eficiencia agronómica (EA) en los cultivares Orito, Gross Michael y Williams, utilizando un modelo polinomial de segundo grado. En los tres cultivares, la Eficiencia Agronómica aumento con la dosis de 600 kg/ha de K hasta un punto óptimo, tras el cual disminuyó, evidenciando saturación nutricional.

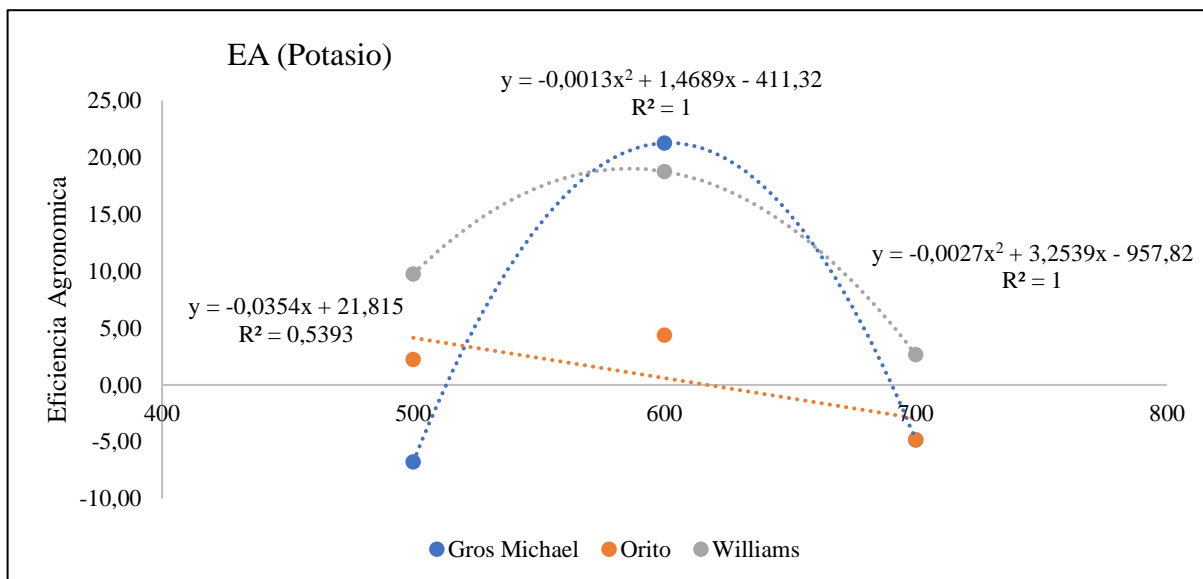
En Gross Michael, la curva mostro máxima eficiencia con 600 kg/ha, disminuyendo con dosis superiores, posiblemente por antagonismo con otros nutrientes. El alto R^2 valida la precisión del modelo. Orito también alcanzo su mayor Eficiencia Agronómica con 600 kg/ha. Dosis mayores redujeron la eficiencia, posiblemente por la ley de los rendimientos decrecientes o desequilibrados nutricionales como la inhibición de (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). El modelo se ajusta bien al comportamiento observado y permite establecer esta dosis como la más eficiente.

Williams presento un patrón similar. Su alta demanda nutricional podrá explicar la caída de eficiencia con dosis mayores, debido a interferencias en la absorción de cationes esenciales o problemas osmóticos. El alto R^2 confirma que la variación en Eficiencia Agronómica está bien explicada para las EA dosis de K. En conjunto, los resultados destacan que 600 kg/ha de potasio es la dosis óptima para maximizar la eficiencia agronómica en los tres cultivares, evitando perdidas y efectos negativos por excesos de nutrientes.

Trabajos como el de (Tomalá, 2019), han señalado que el potasio es el macronutriente más extraído por el banano y que su eficiencia de uso varía según el genotipo. También, (Condoy,

2023) y (Benitez, 2019), encontraron que el cultivar Gros Michel mostró mayor sensibilidad al déficit de potasio, reflejándose en una mayor respuesta al incremento del nutriente.

Gráfica 2: Eficiencia agronómica de potasio en repuesta al estudio con niveles de nitrógeno en tres cultivares de Banano.



12. ANALISIS ECONOMICO

En la Tabla 16 se presenta el análisis económico de la investigación. Los valores se calcularon en función de los precios actuales de mercado para la exportación de banano y orito, considerando cajas de 19,54 kg y 19,27 kg, respectivamente. El precio de venta por caja se fijó en USD 7,30 para banano y USD 4,80 para orito. El cultivar Gros Michael, con una aplicación de nitrógeno de 480 kg/ha, obtuvo un rendimiento de 890 cajas por hectárea, generando un beneficio neto de USD 2.842 y una rentabilidad del 78%. Por otro lado, con una aplicación de potasio de 600 kg/ha, este mismo cultivar alcanzó un rendimiento superior de 1.412 cajas por hectárea, con un beneficio neto de USD 6.687 y una rentabilidad del 185%. Estos resultados indican que el cultivar Gros Michael presentó un buen comportamiento agronómico en la zona de estudio, destacándose por un mayor número de manos y mayor peso por racimo. Esto lo convierte en una alternativa para los pequeños productores de la zona.

En el caso del cultivar Orito, la aplicación de 380 kg/ha de nitrógeno permitió alcanzar el mayor rendimiento, con 990 cajas por hectárea y un ingreso bruto de USD 4.754. No obstante, el nivel de 280 kg/ha de nitrógeno resultó ser el más eficiente en términos económicos, ya que generó la mayor rentabilidad, alcanzando un 89%. Esto sugiere que, aunque una mayor dosis de nitrógeno incrementa la producción, no necesariamente se traduce en una mejor relación costo-beneficio, debido al aumento en los costos de insumos. Respecto al potasio, el nivel de 600 kg/ha permitió obtener el mayor rendimiento para este cultivar, con 1.238 cajas por hectárea, lo que generó un ingreso bruto de USD 5.942 y un beneficio neto de USD 3.329.

La relación beneficio/costo fue de 1,27, lo que indica que por cada dólar invertido se obtuvo una ganancia neta de USD 1,27. Estos resultados reflejan que el equilibrio entre dosis de fertilización y costos asociados es fundamental para optimizar la rentabilidad del cultivo.

Finalmente, el cultivar Williams mostró un comportamiento limitado bajo las condiciones en las que se desarrolló el cultivo, las cuales no fueron las más favorables para esta variedad. Solo con la aplicación de 380 kg/ha de nitrógeno se logró obtener una ganancia, con un rendimiento de 568 cajas por hectárea y una rentabilidad del 18%.

En cuanto al potasio, con un nivel de 600 kg/ha se obtuvo 906 cajas por hectárea al año, lo que generó un beneficio neto de USD 3.019 y una rentabilidad del 84%. Aunque estos resultados son relativamente mejores, siguen siendo modestos en relación con el potencial productivo de Williams cuando se cultiva en ambientes más adecuados.

Estos datos evidencian que el cultivar Williams no respondió favorablemente a las condiciones del ensayo, lo cual sugiere que su cultivo podría no ser la opción más rentable para zonas con limitaciones agroecológicas similares a las del presente estudio.

Tabla 38: Análisis económico de los tratamientos en estudio en las diferentes variedades de banano con niveles de fertilización con nitrógeno y potasio, Guasaganda.

Tratamientos	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Caja ha ⁻¹ 1/año Ajustado 20%	Beneficios Brutos (USD Kg ha ⁻¹)	Total, Costos Fijos + Variables	Beneficios Netos	B/C	Rentabilidad %
Gros Michael							
Control	19125	783	5716	4047	1669	0,41	41
<u>Nitrógeno</u>							
280	18750	768	5604	3399	2205	0,65	65
380	20250	829	6052	3529	2523	0,72	72
480	21750	890	6501	3659	2842	0,78	78
<u>Potasio</u>							
500	18375	752	5492	3494	1998	0,57	57
600	34500	1412	10311	3624	6687	1,85	185
700	18375	752	5492	3674	1818	0,49	49
Orito							
Control	3000	330	1585	2020	-435	0,22	-22
<u>Nitrógeno</u>							
280	8625	949	4556	2410	2146	0,89	89
380	9000	990	4754	2539	2215	0,87	87
480	6000	660	3169	2645	524	0,20	20
<u>Potasio</u>							
500	9750	1073	5150	2514	2636	1,05	105
600	11250	1238	5942	2613	3329	1,27	127
700	5250	578	2773	2663	110	0,04	4
Williams							
0	9375	384	2802	3023	-221	0,07	-7
<u>Nitrógeno</u>							
280	6000	246	1793	3368	-1575	0,47	-47
380	13875	568	4147	3513	634	0,18	18
480	12000	491	3586	3635	-48	0,01	-1
<u>Potasio</u>							
500	15750	645	4707	3488	1219	0,35	35
600	22125	906	6613	3593	3019	0,84	84
700	12750	522	3811	3660	150	0,04	4

Urea = USD 0,53/kg

Muriato de potasio = USD 0,49/kg

Precio venta Banano caja 19,54 kg = USD 7,30

Precio venta Orito caja 7,27 kg = 4,80

Cosecha + Transporte = USD 0,06/kg

13. IMPACTOS

Impactos técnicos: La presente investigación tiene como finalidad proporcionar información actualizada y proponer nuevas alternativas técnicas orientadas a optimizar el desarrollo y la producción del cultivo de musáceas. Los resultados generados contribuirán al mejoramiento de las prácticas agrícolas, beneficiando directamente a los productores incrementando la calidad de sus cultivos.

Impactos ambientales: El análisis de las prácticas de fertilización en el cultivo de musáceas debe considerar tanto los beneficios agronómicos como los posibles impactos ambientales asociados. La evaluación e implementación de estrategias sostenibles es fundamental para mitigar efectos adversos sobre el entorno fomentando una agricultura responsable con el medioambiente

Impactos sociales: La investigación en fertilización de musáceas tiene un impacto social relevante, al incidir en la mejora de la productividad agrícola y el fortalecimiento de la economía local. Asimismo, puede promover la generación de empleo, el desarrollo de capacidades técnicas y enfrentar posibles riesgos asociados a la salud humana y al entorno social.

Impactos económicos: Desde una perspectiva económica, el estudio sobre la fertilización en musáceas presenta impactos mayoritariamente positivos. Se prevé un aumento en la productividad, una reducción en los costos de producción y una mejora en la competitividad del cultivo a nivel regional y nacional, contribuyendo así a la economía del sector agrícola.

14. PRESUPUESTO

Tabla 39: Presupuesto de la Investigación.

Parámetro	Unidad	Cantidad a usar por ensayo	Valor Unitario	Costos (USD)
Análisis de suelo	Unidad	1	35	35
Terreno	Ha	0,54	200	108
Preparación del terreno	jornal	0,41	20	8,23
Control Fitosanitario	jornal	0,59	20	11,8
Cosecha	jornal	0,71	20	14,1
Urea	Kilogramo	21,6	0,53	11,44
Potasio	Kilogramo	21,6	0,48	10,36
Fósforo	Kilogramo	3,16	0,87	2,75
Magnesio	Kilogramo	2,11	0,31	0,65
Aplicación de fertilizantes	jornal	20	10	200
Subtotal				402,33
Imprevistos (10%)				40,23
Total				442,56

Elaborado por: Acosta & Campaña (2025).

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1 CONCLUSIONES

- ✓ El cultivar Gros Michel presentó un notable incremento en las variables morfológicas con 480 kg/ha de nitrógeno y 600 kg/ha de potasio, destacando en altura, diámetro de fuste, número de hojas y largo de hojas. En Williams no hubo diferencias significativas, aunque se evidenció una tendencia positiva con 480 kg/ha de nitrógeno y 500 kg/ha de potasio. Orito presentó un comportamiento similar posiblemente por su menor demanda nutricional y ciclo más corto.
- ✓ La eficiencia agronómica de los resultados varió según el cultivar. Orito fue más eficiente en el uso del nitrógeno con 280 kg/ha, produciendo 20 kg de frutas frescas por cada kg aplicado. En cambio, Gross Michael y Williams destacaron con 600 kg/ha de potasio, alcanzando 23 kg de fruta por kg aplicado. Estos resultados evidencian la importancia de ajustar la fertilización según el genotipo para mejorar el rendimiento y reducir impactos ambientales.
- ✓ El cultivar Gross Michael obtuvo el mejor desempeño productivo y económico con 600 kg/ha de potasio, logrando 1.412 cajas/ha y un 185% de rentabilidad, siendo una opción viable para pequeños agricultores. Orito alcanzó mayor rendimiento con 380 kg de potasio, pero fue más rentable con 280 kg/ha de nitrógeno. En cambio, Williams mostró baja rentabilidad, lo que limita su viabilidad en condiciones similares.
- ✓ Los resultados confirman la hipótesis alternativa, evidenciando que la dosis de nitrógeno y potasio influyen significativamente en el crecimiento, desarrollo y rentabilidad de los cultivares evaluados, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

15.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda aplicar 480 kg/ha de nitrógeno y 600 kg/ha de potasio en el cultivo de Gros Michel para potenciar el desarrollo morfológico, especialmente en altura, grosor del fuste y desarrollo foliar. En el caso de los cultivares Williams y Orito, se sugiere realizar ajustes en la fertilización considerando sus menores requerimientos nutricionales, priorizando el monitoreo de respuestas específicas a menores dosis para evitar el uso excesivo de insumos.
- ✓ Para maximizar la eficiencia en el uso de nutrientes, se recomienda aplicar 280 kg/ha de nitrógeno en Orito, ya que esta dosis permite un uso más eficiente del fertilizante con una alta producción por unidad aplicada. En Gros Michel y Williams, se aconseja priorizar el potasio con dosis de 600 kg/ha para satisfacer su alta demanda durante la etapa de llenado del racimo, garantizando así una mejor calidad del fruto y mayor retorno productivo.
- ✓ Se recomienda priorizar el cultivo de Gros Michel bajo esquemas de fertilización con 600 kg/ha de potasio en zonas similares a las del estudio, dado su alto rendimiento y rentabilidad. Para Orito, se aconseja mantener una fertilización balanceada con 280 kg/ha de nitrógeno para asegurar una relación favorable entre costo e ingreso. En el caso de Williams, se recomienda evaluar su implementación solo en condiciones agroclimáticas más favorables o complementar con tecnologías que mejoren su rentabilidad.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, B. (2021). Función del nitrógeno en las plantas y su importancia. *Ecología Verde*.
Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Agro, (2024). Transformaciones del Potasio en el suelo agrícola - Fertilización Potásica en Agricultura. *AgroEs.es*. Obtenido de <https://www.agroes.es/agricultura/abonos/210-transformaciones-del-potasio-en-el-suelo-agricultura>
- Aguilar, K. (2019). Evaluación productiva y económica del banano orgánico Cavendish bajo distintas dosis de fertilización con nitrógeno y potasio en Machala, Ecuador. (*Tesis de grado, Zamorano*). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0d0af33b-5635-40da-9762-6b54e52dbe9e/content>
- Aristizábal, M., & Jaramillo, C. (2011). *Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano dominico hartón (Musa AAB)*. Obtenido de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133297528>
- Benitez, O. (2019). *Fortalecimiento de la asociatividad para exportar productos de alta calidad contribuir al desarrollo regional*. Republica Dominicana: Ministeriode la Agricultura.
- Bonilla, C. (2021). Efecto de la Eficiencia de Diferentes Nutrientes Edáficos a Distintos niveles de Fertilizantes en el Cultivo de Banano. (*Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador*). Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BONILLA%20PLUAS%20CAROL%20JOEL.pdf>

- Calberto, G., & Elbehri, A. (2015). *Cambio Climático Y Sostenibilidad Del Banano En El Ecuador*. Roma: Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura.
- Carrillo, M. (2021). Influencia de la nutrición mineral en el desarrollo reproductivo de cultivares de *Musa spp.* bajo condiciones de trópico húmedo. *Revista Fruticultura Tropical*, 17-25.
- Carrión, A. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (*Musa acuminata triploide A*), aplicando un fertilizante a base de silicio en el cantón El Guabo, provincia de El Oro*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10345/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-138.pdf>
- Cedeño, G. (2017). *Banano, plátano y otras musáceas*. INIAP.
- Cedeño, J. Z. (2020). Evaluación morfofisiológica del cultivar Orito en condiciones de trópico húmedo. *Revista Ciencias Agrarias*, 22–30.
- Celaya, H., & Castellanos, A. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343
- Chávez, M. (2013). *Efecto de la aplicación de tres dosis de potasio en banano, bajo dos sistemas de labranza en suelos ricos en potasio. Zamorano, Honduras*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/56935a93-881c-4c15-9671-703de1c9a930/content>

- Conday, Y. (2023). Evaluación En Dos Fases Fenológicas Del Banano Gros Michel Bajo Dos Sistemas De Fertilización. *Científica Agroecosistemas*, 91-99.
- Cuellar, J., & Morales, M. (2006). *Efecto de la densidad y sistema de siembra sobre el rendimiento en banano Musa AAA variedad Williams en la zona bananera departamento del Magdalena*. Universidad del Magdalena. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/densidad-sistema-siembra-banano-williams/densidad-sistema-siembra-banano-williams.pdf>
- Espinosa, J., & Mite, F. (2010). *Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano*. International Plant Nutrition Institute. Obtenido de <https://bananotecnia.com/wp-content/uploads/2020/07/Nutricion-banano-IPNI.pdf>
- Fert, A. (2021). Potasio (K). *LAT Nitrogen Austria GmbH*. Obtenido de [https://www.lat-nitrogen.com/es/es/nutrients/potassium-\(k\)-3](https://www.lat-nitrogen.com/es/es/nutrients/potassium-(k)-3)
- Fertilab, (2018). El Potasio (K) Ayuda a Contrarrestar el Estrés por Sequía en los Cultivos. *Fertilab*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/197-El-Potasio-Ayuda-a-Contrarrestar-el-Estres.pdf>
- Flores, F., & Lalangui, Y. (2022). Evaluación del Desarrollo Vegetativo de Plántulas de Banano de Banano (*Musa spp.*) Var Williams con Propagación a Partir de Yemas Adventicias Utilizando Dos Sustratos y Dos Biorreguladores de Crecimiento. (*Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi*).
- Freire, L. &. (2015). Comparación agronómica de cultivares de banano en diferentes sistemas de fertilización. *Revista Fitos*, 10(3), 56–64.
- Freire, N., & Jaime, L. (2015). *Desarrollo de un proyecto de exportación del orito orgánico, con la finalidad de impulsar la marca ecuatoriana en el mercado asiático*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3469/1/T-UCSG-PRE-ECO-ADM-181.pdf>

- Fuentes, V. (2000). Influencia del nitrógeno sobre las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a estrés hídrico moderado de larga duración. *Universidad de Murcia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=260995>
- Gauggel, C., & Arevalo, G. (2010). Fertilización del plátano. *Zamorano*, 10-13. Obtenido de https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Gauggel_and_gauggel_fertilizacion_en_banano.pdf
- Gómez, A. (2016). Disponibilidad natural de potasio y respuesta de cultivos en suelos tropicales. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agropecuarias*, 6(1), 13–19.
- Gómez, S. (2020). Requerimientos Nutricionales de Macronutrientes en el Cultivo de Plátano. [Monografía, Universidad Agraria del Ecuador]. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TORRES%20GOMEZ%20SONIA%20AZUCEN A.pdf>
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio%2F10221%2F27059%2F1%2FConsecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- González, R. L. (2021). Evaluación fisiológica de cultivares de musáceas en condiciones tropicales húmedas. *Revista Ciencias Agrícolas*, 55–62.
- Guamán, L. E., & Garzón, V. J. (2021). *Análisis económico del sector agrícola del cantón Chilla provincia del Oro*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

- Guy, S. (2024). El nitrógeno en las plantas. *Cropaia*. Obtenido de <https://croipaia.com/es/blog/nitrogeno-en-las-plantas/>
- Haifa, (2024). Recomendaciones nutricionales para Banano. Obtenido de https://www.haifa-group.com/sites/default/files/crop/Banana_Spanish_0.pdf
- ICL, (2024). Entendiendo y Controlando la Deficiencia de Potasio (K). *Growing Solutions*. Obtenido de <https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/categories/understanding-and-managing-potassium-k-deficiency/>
- Intagri, (2015). El Papel del Potasio en la Nutrición del Banano; Indispensable Para Lograr Altos Rendimientos y Calidad de los Frutos. Obtenido de <https://intagri.wordpress.com/2015/07/03/el-papel-del-potasio-en-la-nutricion-del-banano-indispensable-para-lograr-altos-rendimientos-y-calidad-de-los-frutos/>
- Intagri, (2016). *Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>
- Intagri, (2018). Requerimientos de Clima y Suelos para el Cultivo de Banano. *Serie Frutales Artículos Técnicos de INTAGRI*. Obtenido de Serie Frutales Artículos Técnicos de Intagri: <https://intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano>
- Ipiales, O., & Cuichán, M. (2024). *Boletín Técnico*. ESPAC "Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua". Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf

- Jiménez, R. M. (2019). Caracterización morfológica y agronómica de cultivares de banano (*Musa spp.*) en sistemas de producción tropical. *Revista Agronómica del Trópico*, 34(2), 45–52.
- Labiser, (2024). La importancia del Potasio (K). Obtenido de <https://labiser.es/la-importancia-del-potasio/>
- Marín, G. (2009). El Potasio en el suelo. *Agrosavia*. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22387/21230_789.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mariscal, A. (2020). *Problemas de la comercialización de banano (Musa paradisiaca), en el Ecuador*. Babahoyo - Los Ríos - Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8507/E-UTB-FACIAGING%20AGROP-000105.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, C. (2023). *Efecto de la aplicación de dos fertilizantes edáficos y tres fertilizantes foliares sobre la producción y rentabilidad del cultivo de banano (Musa AAA.) en el cantón Baba*. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/09b8310e-a837-4858-956c-b72069c43d53/content>
- Mendoza, P. (2017). *Efecto del nitrógeno y potasio en el crecimiento de musáceas en la región litoral ecuatoriana*. Boletín Técnico INIAP.
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *Informa sector bananero Ecuatoriano*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-esp%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Moreno, P. (2024). Eficiencia Agronómica. *Appropedia*.

- Murrell, T. (2003). Transformaciones De Los Nutrientes En El Suelo. *INPOFOS*. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/428A7BFC6E27E1A8852579A3007796F3/\\$FILE/Transformaciones%20de%20los%20nutrientes%20en%20el%20suelo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/428A7BFC6E27E1A8852579A3007796F3/$FILE/Transformaciones%20de%20los%20nutrientes%20en%20el%20suelo.pdf)
- ONU, (2023). Cuatro razones para limitar la contaminación por nitrógeno. *Programa para el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/cuatro-razones-para-limitar-la-contaminacion-por-nitrogeno>
- Pereyra, M. (2001). Asimilación del nitogeno en plantas. *Universidad de La Pampa*. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Asimilacion%20del%20nitrogeno.pdf>
- Pineda, J. (2021). *Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banano*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16561/1/TTUACA-2021-IA-DE00027.pdf>
- Plaza, F. (3 de Octubre de 2024). *Los mayores exportadores de bananas del mundo*. Obtenido de <https://www.freshplaza.es/article/3097383/los-mayores-exportadores-de-bananas-del-mundo/>
- Probelte. (29 de Agosto de 2019). *¿Qué impacto tiene el exceso de fertilizantes para los cultivos?* Obtenido de <https://probelte.com/es/noticias/que-impacto-tiene-el-exceso-de-fertilizantes-para-los-cultivos/#:~:text=El%20exceso%20de%20fertilizante%20tiene,sales%20que%20contienen%20estas%20sustancias.>

- Ramos, M., Ortiz, A., & Moreno, L. (2020). Sistema de monitoreo usando tecnología XBee y GSM para la supervisión del clima en la producción de plátano. *Información tecnológica*, 31(6), 69-76. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600069&script=sci_abstract
- Rincón, L. G. (2018). Relación entre potasio disponible en el suelo y respuesta fisiológica en banano (Musa AAA). *Revista de Suelos y Nutrición Vegetal*, 17(2), 101–108.
- Ritchie, H. (7 de Septiembre de 2021). *Uso excesivo de fertilizantes: ¿qué países causan daños ambientales por su aplicación excesiva?* Obtenido de <https://ourworldindata.org/excess-fertilizer>
- Rivacoba, L. (2016). Evaluación de medidas de nitrógeno en planta para su uso como sistema de recomendación de abonado nitrogenado en el cultivo de coliflor. *Universidad de La Rioja*. Obtenido de <https://investigacion.unirioja.es/documentos/5c13b175c8914b6ed37769da>
- Rivas, K. (2020). *Uso del nutriente translaminar, en el desarrollo vegetativo del banano (Musa AAA.) variedad Williams Cantón Valencia, Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/44d18f64-81fd-4a97-9479-996a3f14b87b/content>
- Robinson, J. (2010). Síntomas que indican deficiencias de potasio. Obtenido de <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/sintomas-que-indican-deficiencias-de-potasio/>
- Rodriguez, G. A., & Pradenas, H. E. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*, 117-128.

- Rodríguez, M. L. (2020). Comportamiento fisiológico de cultivares de banano (*Musa spp.*) bajo diferentes niveles de fertilización. *Revista de Producción Tropical*, 45(1), 33–40.
- Rosado, K. (2022). *Evaluación agronómica de tres cultivares de banano bajo fertilización nitrogenada y potásica en el centro experimental Sacha Wiwa*. Quevedo, Ecuador: Tesis de grado, Universidad Técnica de Quevedo.
- Sadzawka, A., & Ruiz, R. (2003). Uso del análisis químico del potasio del suelo como indicador de la nutrición potásica en la vid y modificación por la fertilización potásica. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 63(1), 48-58. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1236555>
- Santos, W. (2021). Efectos de la Aplicación de Bioestimulantes Orgánicos en la Plantación de Banano de la Granja Santa Inés. (*Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Machala*). Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17493/1/TTUACA-2021-IA-DE00075.pdf>
- Sanzano, A. (2010). El potasio del suelo. *Cátedra de Edafología*. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/El%20Potasio%20del%20suelo.pdf>
- Smeap, (2023). Funciones del Potasio en la Plantas. *Published by Smeap México*. Obtenido de <https://smeapmexico.org/funciones-del-potasio-en-las-plantas/>
- Sosa, B., & García, Y. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v29n1/1659-1321-am-29-01-00215.pdf>
- Tenesaca, S. (2019). *Determinación de la dosis optima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa X paradisiaca) clon Williams*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de

https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15165/1/DE00021_trabajodetitulacion.pdf

Tigasi, C. (2017). Cultivo de Alta Densidad en Banano. (*Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi*). Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a894a739-1fb9-436e-a598-b2612741ec0f/content>

Tomalá, J. N. (2019). “*Efecto a la aplicación de bioestimulantes en el cultivo de banano (Musa AAA) en la zona de La Unión*”. Babahoyo: Universidad Técnica De Babahoyo Facultad De Ciencias Agropecuarias.

Torres, S. (2020). *Requerimientos nutricionales de macronutrientes en el cultivo de banano*. Naranjal - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TORRES%20GOMEZ%20SONIA%20AZUCEN A.pdf>

Tortosa, G. (2015). ¿Cómo asimilan el nitrógeno las plantas? *Compostando Ciencia*. Obtenido de <https://www.compostandociencia.com/2015/09/como-asimilan-el-nitrogeno-las-plantas/>

Troya, J. (2019). *Manejo de la fertilización potásica en el cultivo de banano “Musa paradisiaca AAA”, en la Hacienda Bolívar del cantón Pueblo Viejo*. Babahoyo – Los Ríos - Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6024/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000138.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Turner, D., Fortescue, J., & Thomas, D. (2007). Environmental physiology of the bananas (*Musa spp.*). *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 463-484. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/250024277_Environmental_physiology_of_the_bananas_Musa_spp

Tuz, I. (2018). *manejo integrado del cultivo de banano (Musa X paradisiaca L.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. Universidad Técnica de Machala.

Obtenido de https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_Trabajodetitulacion.pdf

Vargas, R. (1995). Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. *Corporación Bananera Nacional*. Obtenido de

[http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/N%20F%20Banano.002.002.pdf/N%20F%20Banano.pdf)

Vásquez, R. (2012). *El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador*.

Obtenido de <https://mail.afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>

Yanez, J. (2022). *Comportamiento del sistema radicular del cultivo de banano, por efecto del fertirriego en un suelo Inceptisol*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18491/1/TTUACA-2022-IA-DE00017.pdf>