UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

EFECTOS DE FOSFATO DIAMÓNICO MÁS MURIATO DE POTASIO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*), CANTÓN ELOY ALFARO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN VEGETAL

AUTOR

ZAMORA ANGULO ALEX ENRIQUE

TUTOR

ING. BURGOS HERRERÍA TANY MS.c

GUAYAQUIL - ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing., **TANY BURGOS HERRERÍA MS.c**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFECTOS DE FOSFATO DIAMÓNICO MÁS MURIATO DE POTASIO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*), CANTÓN ELOY ALFARO,** realizado por la estudiante **ZAMORA ÀNGULO ALEX ENRIQUE** con cédula de identidad N° **0804199941** de la carrera de **AGRONOMÌA**, Unidad Universitaria - Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. TANY BURGOS HERRERÍA MS.c
TUTOR

Guayaquil, 23 de septiembre del 2026

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **EFECTOS DE FOSFATO DIAMÓNICO MÁS MURIATO DE POTASIO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*), CANTÓN ELOY ALFARO,** realizado por la estudiante **ZAMORA ANGULO ALEX ENRIQUE** la misma que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. DARLYN AMAYA MÁRQUEZ MS.c
PRESIDENTE

ING. FERNANDO DECKER C MS.c
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. ALBINO ÁVILA FRANCO MS.C
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. TANY BURGOS HERRERÍA MS.c
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 23 de septiembre del 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios, por ser mi guía espiritual, por brindarme sabiduría, inteligencia, salud y la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo y por permitirme ver culminado este sueño.

A mi madre Eva Angulo Naranjo, por ser el cimiento de mi vida. Gracias por los valores que sembró en mí y por ser ese ejemplo de perseverancia inagotable que iluminó mi camino personal y académico.

A mi abuela Dominga Naranjo Vernaza, por ser mi compañía desde el cielo, quien siempre estuvo de acuerdo que siguiera mis estudios y logra adquirir un título de tercer nivel.

A mi hijo Yazzer Zamora Quevedo, quien es mi motor diario y la razón principal de mi constante superación; este éxito también te pertenece y es el fruto de mi amor por ti.

Finalmente, mi tutora la ingeniera Tany Burgos MS.c que con su cariño y conocimiento me guio en esta larga carrera y este experimento.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud a mi tutor académico, la ingeniera Tany Burgos Herrera MS.c, por su orientación metodológica y el acompañamiento brindado durante la elaboración de este trabajo de titulación. De igual manera al ingeniero Darlyn Amaya Marquez MS.c, agradezco a la institución y a quienes hicieron posible el acceso a recursos.

Por último, extiendo un reconocimiento especial a mi familia, por su respaldo constante y la motivación que me impulsaron a culminar con éxito este proceso académico.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **ZAMORA ANGULO ALEX ENRIQUE**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "**EFECTOS DE FOSFATO DIAMÓNICO MÁS MURIATO DE POTASIO EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*), CANTÓN ELOY ALFARO,**" para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 21 de septiembre del 2026

ZAMORA ANGULO ALEX ENRIQUE
C.I. 0804199941

RESUMEN

La presente investigación es sobre la eficiencia y la efectividad de los fertilizantes en el cultivo de palmas africanas, lo que es esencial para aumentar la productividad y reducir los costos de producción, se la desarrolló en el cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas, con el objetivo de evaluar el efecto del fosfato diamónico (DAP) más muriato de potasio (KCI) sobre el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) en una plantación establecida. Se empleo un diseño de bloques completos al azar (DCBA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Se empleó diferentes dosis de DAP y KCI en tres intervalos de fertilización (30, 60 y 90 días). Se evidenció que el suelo presentó predominantemente una textura franco arenosa, con pH 5.7 y 6.2, materia orgánica 2.0 y 2.6%. El tratamiento T4 (750 g de DAP + 1500 g de KCI) obtuvo los mejores resultados agronómicos con una altura promedio de 231.5 cm, un diámetro del estípite de 34.0 cm, 30.2 hojas por planta con el mayor rendimiento de 12980.97 kg han mostrado diferencias estadísticas significativas respecto al testigo ($p<0.05$). Asimismo, el T3 presentó la mejor relación beneficio/costo, mientras que el T4 obtuvo la mayor respuesta productiva. En conclusión, la fertilización con DAP y KCl demostró ser una alternativa efectiva para mejorar el desarrollo vegetativo y el rendimiento de la palma africana. Por ello, se recomienda priorizar dosis técnicas ajustadas mediante análisis periódicos de suelo y evaluación que permita fortalecer la sostenibilidad del cultivo en el cantón Eloy Alfaro.

Palabras claves: *fertilización, fosfato diamónico, muriato de potasio, palma africana, sostenibilidad.*

ABSTRACT

This research focused on the efficiency and effectiveness of fertilizers in African palm cultivation, which is essential for increasing productivity and reducing production costs. The study was conducted in Eloy Alfaro Canton, Esmeraldas Province, to evaluate the effects of diammonium phosphate (DAP) combined with potassium chloride (KCl) on an established African palm (Elaeis guineensis) plantation. A randomized complete block design (RCBD) was used, consisting of four treatments and five replications. Different doses of DAP and KCl were applied across three fertilization intervals (30, 60, and 90 days). The soil predominantly exhibited a sandy loam texture, a pH of 5.7 to 6.2, and organic matter content between 2.0% and 2.6%. Treatment T4 (750 g DAP + 1500 g KCl) achieved the best agronomic performance, with an average plant height of 231.5 cm, a stem diameter of 34.0 cm, 30.2 leaves per plant, and the highest yield of 12,980.97 kg, showing statistically significant differences compared to the control ($p < 0.05$). Additionally, treatment T3 achieved the highest benefit-cost ratio, while T4 produced the greatest yield response. In conclusion, fertilization with DAP and KCl proved to be an effective strategy for improving vegetative growth and yield in African palm. Therefore, applying technically calibrated doses based on regular soil analyses and monitoring is recommended to enhance crop sustainability in Eloy Alfaro Canton

Keywords: *African oil palm, fertilization, diammonium phosphate, muriate of potassium, sustainability*.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA ..... **i**
APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**
APROTACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ..... **iii**
DEDICATORIA ..... **iv**
AGRADECIMIENTO ..... **v**
Autorización de Auditoría Intelectual ..... **vi**
RESUMEN ..... **vii**
ABRTACT ..... **viii**
ÍNDICE GENERAL ..... **ix**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **xiii**
ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xiv**
1. INTRODUCCIÓN **15**
1.1 Antecedentes del problema **15**
1.2 Planteamiento y formulación del problema **15**
1.2.2 Formulación del problema ***17***
1.3 Justificación del problema **17**
1.4 Delimitación de la investigación **18**
1.5 Objetivo general **18**
1.6 Objetivos específicos **18**
1.7 Hipótesis **18**
2. MARCO TEÓRICO **19**
2.1 Estado del arte **19**
2.2 Bases científicas y teóricas **21**
2.2.2 Aspectos generales de la Palma Africana ***21***
2.2.2.1. Palma Africana **21**
2.2.2.2. Clasificación taxonómica **21**
2.2.2.3. Morfología **21**
2.2.2.3.1. Sistema Reticular ***21***
2.2.2.3.2. Tallo ***22***
2.2.2.3.3. Hojas ***22***
2.2.2.3.4. Inflorescencias ***22***
2.2.2.3.5. Fruto ***23***

2.2.2.4. Enfermedades de la palma africana (*Elaeis guineensis*) 23
2.2.2.4.1. Pudrición de cogollo (Phytophthora palmivora). 23
2.2.2.4.2. Anillo rojo (Bursaphelenchus cocophilus). 23
2.2.2.4.3. Pudrición seca del bulbo (Thielaviopsis paradoxa). 24
2.2.2.4.4. Marchitez sorpresiva (Phytomonas sp.).....24
2.2.2.4.5. Añublo foliar (Pestalotiopsis sp.).....24
2.2.3 Condiciones edafoclimáticas.....24
2.2.3.1. Condiciones edáficas 24
2.2.3.1.1. Textura del suelo.....24
2.2.3.1.2. pH del suelo.....24
2.2.3.1.3. Profundidad.....25
2.2.3.1.4. Fertilidad. 25
2.2.3.1.5. Capacidad de riego 25
2.2.3.2. Condiciones climáticas 25
2.2.3.2.1. Temperatura 25
2.2.3.2.2. Precipitación.....25
2.2.3.2.3. Húmeda relativa 25
2.2.3.2.4. Radicación solar.....25
2.2.4 Tratamientos con fosfato diamónico y muriato de potasio.....26
2.2.4.1. Consideraciones del tratamiento más efectivo 26
2.2.4.2. Composición técnica del T3 y T4.....27
2.2.5 Análisis económico de los diferentes tratamientos (T3 y T4).....28
2.2.5.1. Costos directos de fertilización por tratamiento 29
2.2.5.2. Rendimiento estimado y valor de producción.....29
2.2.5.3. Rentabilidad y eficiencia económica.....29
2.3 Marco legal.....30
2.3.2 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad.....30
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....32
3.1 Tipos y diseño de investigación.....32
3.1.2 Tipos de investigación.....32
3.1.2.1. Investigación experimental 32
3.1.2.2. Investigación de campo 32
3.2 Metodología.....32
3.2.2 Variables.....32

3.2.2.1. Variables independientes 32
3.2.2.1.1. Fosfato diamónico (DAP) 32
3.2.2.1.2. Muriato de potasio. (KCl) 32
3.2.2.1.3. Testigo convencional 33
3.2.2.1.4. Análisis de suelo (cm). 33
3.2.2.2. Variable dependiente 33
3.2.2.2.1. Condiciones edáficas del suelo 33
3.2.2.2.2. Altura de la planta (cm). 33
3.2.2.2.3. Número de hojas (n) 33
3.2.2.2.4. Diámetro del estípite (cm) 33
3.2.2.2.5. Rendimiento (kg/ha). 33
3.2.2.2.6. Análisis económico 34
3.2.3 Tratamiento 34
3.2.4 Diseño experimental 34
3.2.5 Manejo del ensayo 35
3.2.5.1. Preparación del terreno 35
3.2.5.2. Plantación establecida 35
3.2.5.3. Fertilización y manejo fitosanitario 35
3.2.5.4. Aplicación de tratamientos 36
3.2.5.5. Riego 36
3.2.5.6. Control de malezas 36
3.2.5.7. Cosecha 36
3.2.5.8. Toma de muestras 36
3.2.6 Recolección de datos 36
3.2.6.1. Recursos 36
3.2.6.1.1. Recursos materiales 36
3.2.6.1.2. Recursos humanos 37
3.2.6.1.3. Recursos económicos 37
3.2.6.2. Métodos y técnicas 37
3.2.6.2.1. Método de investigación 37
3.2.6.2.2. Técnicas de investigación 37
3.2.7 Análisis estadístico 38
3.2.7.1. Hipótesis estadística 38
4. RESULTADOS 39

4.1 Determinación de las características físicas y químicas del suelo del área experimental, mediante un análisis edafológico..... 39
4.1.1. Características Físicas..... 39
4.1.1.1 Condiciones edáficas (%)..... 39
4.1.1.2. Análisis del pH y materia orgánica..... 39
4.1.2 Características químicas..... 40
4.1.2.1 Fósforo y potasio (mg/kg)..... 40
4.1.2.2 Capacidad de retención hídrica (%)..... 40
4.2 Caracterización morfológica de las plantas de Palma Africana bajo los diferentes tratamientos de fertilización con fosfato diamónico y muriato de potasio..... 41
4.2.1. Altura de la palma aceitera..... 41
4.2.2. Diámetro de la palma africana (cm)..... 42
4.2.3. Número de hojas (n)..... 42
4.2.4. Análisis del rendimiento (kg)..... 43
4.3 Realización de un análisis económico entre los diferentes tratamientos de fertilización..... 43
4.3.1. Análisis de los costos de fertilización por dosis..... 44
4.3.2. Análisis de los gastos totales..... 44
5. DISCUSIÓN.....46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....48
6.1. Conclusiones..... 48
6.2. Recomendaciones..... 48
BIBLIOGRÁFIA.....50
ANEXOS.....54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la palma africana..... 21
Tabla 2. Composición técnica del tratamiento T3 y T4 27
Tabla 3. Ventajas y limitaciones del T3 y T4..... 27
Tabla 4. Costos indirectos del T3 y T4..... 29
Tabla 5. Rendimiento estimado 29
Tabla 6. Rentabilidad económica..... 30
Tabla 7. Descripción de los tratamientos 34
Tabla 8. Delimitación del experimento 34
Tabla 9. Modelo de análisis de varianza..... 35
Tabla 10. Textura del suelo por tratamiento y profundidad (%)..... 39
Tabla 11. pH y materia orgánica por tratamiento 40
Tabla 12. Fósforo y potasio por tratamiento (mg/kg) 40
Tabla 13. Capacidad de retención hídrica por tratamiento (%) 41
Tabla 14. Altura de planta (cm)..... 41
Tabla 15. Diámetro del tronco (cm)..... 42
Tabla 16. Número de hojas según tratamientos 43
Tabla 17. Rendimiento de los tratamientos..... 43
Tabla 18. Dosis mensuales de DAP y KCl..... 44
Tabla 19. Costos totales 45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de varianza en altura 54
Figura 2. Análisis de diámetro del tronco 54
Figura 3. Análisis de número de hojas 55
Figura 4. Análisis de rendimiento 55
Figura 5. Diseño experimental 56
Figura 6. Vista satelital del predio 57
Figura 7. Fosfato diamónico DAP 57
Figura 8. KCI en Agrizon 58
Figura 9. Textura del suelo por tratamiento y profundidad 58
Figura 10. Materia orgánica por tratamiento 59
Figura 11. Capacidad de retención hídrica por tratamiento 59
Figura 12. Preparación del terreno 60
Figura 13. Segmentación de las parcelas 60
Figura 14. Toma de los datos iniciales 61
Figura 15. Toma de medidas de la altura, tronco y epístife 61
Figura 16. Peso de fruto 62
Figura 17. Fertilización de DAP 62
Figura 18. Fertilización de KCI 63
Figura 19. Cosecha de tratamiento 4 63
Figura 20. Entrega en la extractora 64
Figura 21. Poda de la palma 64
Figura 22. Cosecha de los frutos 65
Figura 23. Supervisión de tutora 65
Figura 24. Peso en báscula 66
Figura 25. Cosecha de frutos 66

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La palma africana (*Elaeis guineensis*) es uno de los cultivos oleaginosos más importantes a nivel mundial, a causa de su alta productividad y a la creciente demanda de aceite para consumo humano e industrial. En el Ecuador, en particular la región de la Costa se consolida como uno de los principales rubros agrícolas, lo que permite la generación de ingresos económicos y fuentes de empleo para las comunidades locales (Díaz, 2022).

El cantón Eloy Alfaro, en la provincia de Esmeraldas, se caracteriza por contar con condiciones de clima y suelo favorables para el establecimiento de la palma africana. Sin embargo, la producción puede afectarse por la disponibilidad de nutrientes esenciales. Entre los elementos que suelen presentar deficiencias en el suelo, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son fundamentales para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo (Ortiz, 2022).

El DAP es una fuente relevante de nitrógeno y fósforo, mientras que el muriato de potasio (cloruro de potasio) provee principal potasio. La combinación de ambas fuentes fertilizantes busca suplir los requerimientos nutricionales de la planta, mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y, en consecuencia, incrementar la productividad del cultivo. Sin embargo, la respuesta agronómica de la palma africana ante la aplicación conjunta de estos fertilizantes puede variar según las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de manejo propias de cada región o finca (Furcal et al., 2023).

Por lo tanto, este proyecto investigativo trata de evaluar y determinar la efectividad de la fertilización con DAP más muriato de potasio en plantaciones de palma africana establecidas en el cantón Eloy Alfaro, tanto en términos de rendimiento del cultivo como de la sostenibilidad del sistema de producción.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El cultivo de palma africana es una de las actividades agrícolas más importantes en todo el mundo, sobre todo en las regiones tropicales donde la mayoría de los aceites de palma se utilizan en la industria de alimentos, cosméticos y biocombustibles. Sin embargo, la productividad y la sostenibilidad de esta cosecha enfrentan problemas globales por la degradación y la ineficiencia del suelo

en el uso de fertilizantes tradicionales. Estos problemas se reconocen en organizaciones internacionales que promueven prácticas agrícolas más sostenibles para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia productiva (Motato y Barba, 2021; Owen, 2021).

En Ecuador este cultivo de palma africana inició en 1953, y se considera una fuente importante de empleo y desarrollo económico; pues representa el 4.53% del PIB agrícola y el 0.89% PIB nacional que genera alrededor de 3000 empleos directos y 6000 empleos indirectos (ANCUPA, 2019 citado en Bravo, 2024). No obstante, los agricultores locales enfrentan problemas asociados con la baja eficiencia de fertilizantes, lo que afecta la rentabilidad y la sostenibilidad del cultivo. En este contexto regional, es importante estudiar nuevas estrategias de fertilización que puedan optimizar el uso de nutrientes y mejorar la productividad en la palma africana y, por lo tanto, apoyar el desarrollo económico local y regional.

El cultivo de la palma africana es una de las actividades agrícolas más importantes del cantón Eloy Alfaro, que juega un papel crucial en la economía local, pero la productividad y la calidad de esta cultura enfrentan problemas importantes por las restricciones tradicionales de efectividad del fertilizante y la pudrición del cogollo que es el problema fitosanitario que más resalta a la hora de sembrar, en este contexto surge la necesidad de investigar efectos combinados de muriato de potasio en plantaciones de palma africana.

Para Motato y Barba (2021), una dieta equilibrada y un uso efectivo de los fertilizantes son esenciales para mantener la salud y la fertilidad del suelo, así como evitar la contaminación ambiental. El problema central de este estudio es la falta de conocimiento de la interacción de estos fertilizantes y su largo impacto en la producción y calidad del aceite de palma. Se plantea la hipótesis de que la aplicación conjunta de DAP y muriato de potasio podría mejorar la absorción de nutrientes y, en consecuencia, incrementar el rendimiento del cultivo y resistencia a enfermedades.

Según Owen (2021), la fertilización adecuada puede aumentar de forma notable la producción y la productividad en la industria de la palma. Por ello la importancia de este estudio es su potencial para proporcionar soluciones prácticas y científicas que se centran en la insatisfacción actual con los métodos de fertilizantes que se utilizan para cultivar palmas africanas. Al mejorar la eficiencia y la efectividad del fertilizante, se espera no solo aumentar la producción sino también

promover la sostenibilidad ambiental y económica de la región.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de DAP más muriato de potasio en una plantación establecida de palma africana (*Elaeis guineensis*) en el cantón Eloy Alfaro?

1.3 Justificación del problema

La investigación sobre los efectos de DAP y muriato de potasio en una plantación establecida de palma africana en el cantón Eloy Alfaro se realiza con el objetivo de abordar problemas críticos en el área agrícola y económica de la región. Por esto esta investigación es necesaria ya que ayudó a mejorar la eficiencia y la efectividad de los fertilizantes en el cultivo de palmas africanas, lo que es esencial para aumentar la productividad y reducir los costos de producción como consecuencia del desequilibrio ambiental que produce esta plantación en la producción agrícola que a más de eso eleva los gastos económicos para los propietarios. La combinación de DAP y muriato de potasio puede proporcionar una solución más efectiva para la absorción de nutrientes y, por lo tanto, mejorar el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

Desde el punto de vista científico teórico, esta investigación tiene la capacidad de crear un nuevo conocimiento de la interacción de estos fertilizantes en el contexto específico de las palmas africanas. Los resultados facilitaron el desarrollo de la ciencia agrícola al proporcionar datos empíricos que pueden usarse para formular recomendaciones prácticas y razonables para los agricultores y los agricultores.

En el plano económico, se espera que los hallazgos permitan a los agricultores aumentar la rentabilidad al mejorar la productividad sin incurrir a mayores costos de insumos, ya que algunas investigaciones sugieren que, durante los años 2010 y 2020, el cultivo de palma africana en Ecuador generó $ 3000 millones en exportación y $ 1500 millones Reemplazo de importación (Banco Central del Ecuador, 2022).

Desde un punto de vista ambiental, la optimización de los fertilizantes puede contribuir a la reducción de la contaminación del suelo y el agua y la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y responsables.

Además, este estudio tiene la capacidad de mejorar la resistencia de los cultivos de palma africana frente a enfermedades y condiciones que son esenciales

para la estabilidad de la región y la seguridad alimentaria. Además, este trabajo puede servir como base para futuros estudios que analicen otras combinaciones de fertilizantes, o evalúen los efectos a largo plazo de la salud del suelo y la sostenibilidad de los cultivos.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio**: Esta investigación se llevó a cabo en la hacienda Melville en el cantón Eloy Alfaro, Ecuador.
- **Tiempo:** Se ejecutó durante el período comprendido entre julio 2025 a febrero del 2026.
- **Población:** Este proyecto se dirige a la comunidad agrícola y a las instituciones de investigación que buscan optimizar la productividad y sostenibilidad del cultivo de palma africana en la región.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de fosfato diamónico y muriato de potasio en una plantación establecida de palma africana (*Elaeis guineensis*) en el cantón Eloy Alfaro.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y químicas del suelo del área experimental, mediante un análisis edafológico.
- Caracterizar la morfología de la planta de palma africana bajo los diferentes tratamientos de fertilización con fosfato diamónico y muriato de potasio.
- Realizar un análisis económico entre los diferentes tratamientos de fertilización.

1.7 Hipótesis

El uso de fosfato diamónico y muriato de potasio incrementa el crecimiento morfológico y mejora las condiciones edáficas en una plantación establecida de palma africana (*Elaeis guineensis*) en el cantón Eloy Alfaro.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Según los resultados de Pérez y Pérez (2023) que se ejecutaron en Chiapas, México, sobre los efectos del cultivo en Elaeis guinensis en las propiedades del suelo, se concluyó que el uso intensivo de fertilizantes, como el muriato de potasio, puede cambiar la microbiota edáfica y así reducir la fertilidad del suelo si no se acompaña de prácticas sostenibles, lo que puede afectar de forma negativa la estructura del suelo y su capacidad de almacenamiento de nutrientes, lo que amenaza la larga productividad. Los autores recomiendan la introducción de cultivo, análisis periódico del suelo y uso racional de fertilizantes para reducir este efecto.

En un estudio de Zambrano (2023) tras desarrollarse en Portoviejo, Ecuador, sobre los efectos de los sustratos y la fertilización química en las granjas de palma africanas, se decidió que una combinación de 90 g de urea, 40 g de superfosfato triple y 40 g de muriato de potasio por planta genera un mayor crecimiento vegetativo. El estudio demostró que la fertilización, equilibrada en una etapa temprana, mejora la calidad de las plántulas y su posterior adaptación al campo, con énfasis que el uso de tierra de montaña como sustrato mejora la efectividad de la absorción de nutrientes.

En la investigación de Escobar (2022) sobre formulaciones de fertilizantes para palma africana, donde los resultados demostraban que las mezclas que incluyen fosfato diamónico (18-46-0) y muriato de potasio (60% K_2O) son muy efectivas en suelos ácidos y que la nutrición mal formulada puede conducir a desequilibrios fisiológicos de la planta, lo que afectaría la producción de racimos frescos y se recomienda ajustar las dosis para las condiciones edafoclimáticas locales para maximizar la eficacia agronómica.

Ministerio Agricultura y Ganadería (MAG, 2024), se monitoreo el comportamiento de precios y uso de fertilizantes en cultivos estratégicos de palma africana, donde se reportó una caída del 44.8% en los precios de muriato de potasio y un 24% de los precios de fosfato diamónico en comparación con el año anterior. A pesar de la reducción de costos, el informe advierte que el uso arbitrario de estos fertilizantes puede tener un efecto negativo en la salud del suelo y recomienda su uso técnico en base en el análisis de laboratorio.

Palacios Vera et al. (2023) en su estudio que se llevó a cabo en Quito, sobre la evaluación de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio en la dieta de

Elaeis guineensis, se concluyó que el equilibrio entre estos macronutrientes es la clave para evitar la falta y la mejora de la eficacia fotosintética. El uso adecuado de fosfato diamónico y muriato de potasio a dosis adaptado al análisis de la hoja permite mejorar el rendimiento por hectárea y reducir pérdidas de deficiencias nutricionales. El estudio recomienda un enfoque integrado para la nutrición vegetal para lograr la sostenibilidad productiva.

Arifin et al. (2022) estudiaron durante siete años sobre la respuesta de palma aceitera irrigada a diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en un suelo arcilloso, se evaluaron dosis de 0, 0.84 y 1.68 kg de nitrógeno por palma; 0, 0.68 y 1.36 kg de fósforo por palma; y 0, 0.24 y 4.8 kg de potasio por palma. También se evaluaron variables relacionadas con el crecimiento, el estado nutricional foliar, el índice de área foliar, peso seco de las frondas y rendimiento de racimos de fruta fresca (FFB). Los resultados dieron un incremento de 17.3% de rendimiento en el FFB, pasando de 22.9 t/ha en el tratamiento control con un aproximado de 27.0 t/ha por año. Los autores concluyeron que la aplicación de 0.84 kg de N, 0.68 kg de P y 2.4 kg de K por palma permitió mantener un adecuado crecimiento y respuesta productiva.

Matos et al. (2023) evaluaron el efecto de diferentes niveles de fósforo, potasio y magnesio sobre la produccion de palama aceitera (*Elaeis guineensis*) en la región amazónica oriental de Brasil. Las evaluaciones comenzaron cuando las plantas tenían seis años y se prolongaron durante diferentes años del período productivo. Entre las variables evaluadas estuvieron el número de racimos por planta, peso de los racimos y productividad de racimos. Los resultados demostraron una respuesta positiva de la palma al incremento de los niveles de fósforo y potasio. Finalizaron que la fertilización con fósforo, potasio y magnesio constituye un componente importante para incrementar la producción de palma aceitera en las condiciones amazónicas estudiadas.

Entre las soluciones propuestas se encuentran: la aplicación en conjunto de DAP y muriato de potasio para mejorar la absorción de nutrientes, el uso de foliares y análisis del suelo para ajustar las dosis de acuerdo con las condiciones locales, la inclusión de fertilización técnica de las primeras etapas del cultivo; el monitoreo de salud edáfica para evitar la degradación por sobre fertilización y la implementación de registros agronómicos que optimicen la toma de decisiones y promueven la producción sostenible y efectiva.

2.2 Bases científicas y teóricas

2.2.1 Aspectos generales de la Palma Africana

2.2.1.1. Palma Africana

La palma africana o palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una especie originaria de las costas de guinea en África Occidental, desde donde introduce a otras partes de África, Sur de Asia y América Latina. Requiere suelos profundos (>75 cm de tierra vegetal), buen drenaje para evitar encharcamientos y una pendiente inferior al 12%. El suelo no debe tener más de 1 dS/m, con un pH entre 4 y 6 (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI], 2021).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

La palma de aceite es una especie de planta de la familia de las palmeras (*Arecaceae*), Jacquin la describió en 1763 y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*. El género incluye tres especies: *E.guineensis*, de África Occidental; E. oleífera (*Elaeis melanococa*), vive desde Centroamérica hasta Brasil; y E. adora, una especie poco conocida de América del Sur (Álvarez, 2015).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la palma africana

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Liliopsida*
Subclase	*Commelinidae*
Familia	*Arecaceae*
Subfamilia	*Coryphoideae*
Género	*Elaeis*
Especie	*Elaeis guineensis Jacq.*

Fuente: Techno Server, 2009, p. 3. San Pedro Sula, Cortés.

2.2.1.3. Morfología

2.2.1.3.1. Sistema Reticular.

La palma africana posee un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces primarias que emergen desde la base del estípite, lo cual alcanza longitudes de hasta veinte metros y diámetros entre 5 y 10 mm. Estas raíces cumplen funciones de anclaje y soporte estructural. A partir de ellas se desarrollan raíces secundarias, terciarias y cuaternarias, en particular estas últimas, las principales

responsables de la absorción de agua y nutrientes, sobre todo en la zona superficial del suelo (Rivas, 2023).

Estudios recientes demuestran que el fraccionamiento de la fertilización mejora significativa a el desarrollo radicular, aumentan el volumen, el área superficial y el peso seco de las raíces. Esto sugiere que una nutrición adecuada, como la aplicación de DAP y KCl, puede potenciar la exploración del suelo y la eficiencia en la absorción nutrimental.

2.2.1.3.2. Tallo.

El tallo de la palma africana, también se denomina estípite, es una estructura aérea, erecta y no ramificada, que puede alcanzar entre 10 y 20 metros de altura en condiciones comerciales. Durante los primeros tres años de vida, el tallo tiene forma de cono invertido, ya que el crecimiento inicial se concentra en el sistema radicular y la formación de hojas. A partir del cuarto año, el estípite comienza a alargarse de manera visible, con un desarrollo de un diámetro promedio de 30 a 50 cm (QuickAgro, 2023).

El crecimiento del tallo es continuo y se origina en el meristemo apical, en el centro de la corona foliar. Este meristemo produce entre 30 y 40 hojas nuevas por año, lo que contribuye al alargamiento progresivo del estípite. Las bases de las hojas viejas permanecen adheridas al tallo durante varios años, lo que genera una textura rugosa característica (Villamizar et al., 2023).

2.2.1.3.3. Hojas.

Las hojas en edad adulta y en condiciones normales son 30 y 9 hojas funcionales. Las hojas funcionales consisten en un tallo de 1.5 metros de largo con espigas laterales y luego 200-300 brácteas marrones en las superficies laterales donde se alternan (Borrero, 2016).

2.2.1.3.4. Inflorescencias.

Elaeis guineensis es una especie monoica, lo que significa que produce inflorescencias masculinas y femeninas en la misma planta, que se ubican en las axilas de las hojas. Las inflorescencias masculinas emiten fragancias con olor a anís durante la antesis, compuestas por alcoholes alifáticos y estragol, que atraen a insectos polinizadores como *Elaeidobius kamerunicus* (Villamizar et al., 2023).

Las inflorescencias femeninas son más robustas y globosas, que se forman por espigas que contienen flores pistiladas. La proporción entre inflorescencias masculinas y femeninas puede variar según el estado fisiológico de la planta, el

manejo agronómico y las condiciones ambientales. La ablación temprana de inflorescencias andróginas demuestra mejorar la emisión de inflorescencias femeninas y aumentar la producción de racimos (Rodríguez et al., 2023).

2.2.1.3.5. Fruto.

El fruto de la palma africana es una drupa de forma ovoide, de color rojizo a negro en la madurez, agrupada en grandes racimos que pueden contener entre 1000 y 2000 frutos. Cada fruto está compuesto por tres capas: el exocarpio (piel), el mesocarpio (pulpa rica en aceite) y el endocarpio (cáscara leñosa que protege la semilla o palmiste) (Antropocene, 2023).

El desarrollo del fruto toma entre cinco y seis meses desde la polinización hasta la madurez. El aceite de palma se extrae del mesocarpio, mientras que el aceite de palmiste proviene de la semilla. Un racimo maduro puede pesar entre cinco y 30 kg, depende de la edad de la planta y las condiciones de cultivo.

2.2.1.4. Enfermedades de la palma africana (*Elaeis guineensis*)

El cultivo de palma africana enfrenta diversas enfermedades que comprometen su productividad, longevidad y rentabilidad. Estas patologías pueden causarse por hongos, nematodos o protozoarios, y su incidencia se relaciona con factores como la edad del cultivo, el manejo agronómico, la nutrición y las condiciones climáticas (Antropocene, 2023).

2.2.1.4.1. Pudrición de cogollo (Phytophthora palmivora).

Es una de las enfermedades más destructivas en zonas húmedas. Afecta el meristemo apical, esto provoca la muerte de hojas jóvenes y, en casos severos, la muerte total de la planta. Se asocia con suelos mal drenados, alta humedad y deficiencias de potasio y boro. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias reporta su presencia en Esmeraldas y Santo Domingo, recomienda un monitoreo constante y manejo preventivo con fungicidas sistémicos y nutrición balanceada (Antropocene, 2023).

2.2.1.4.2. Anillo rojo (Bursaphelenchus cocophilus).

Se produce por un nemátodo a causa de la transmisión del picudo negro (*Rhynchophorus palmarum*), esta enfermedad se manifiesta con un anillo rojizo en el estípite, marchitez foliar y reducción drástica en la producción. Su control implica la eliminación de plantas infectadas, trampas hormonales y manejo integrado del vector. Los síntomas iniciales pueden observarse en las hojas más viejas e intermedias y empiezan a presentar amarillamiento que termina en secamiento

progresivo (Escobar, 2022).

2.2.1.4.3. Pudrición seca del bulbo (Thielaviopsis paradoxa).

Afecta la base del tallo y las raíces, la cual genera necrosis interna y debilitamiento estructural. Se presenta con mayor frecuencia en suelos compactados o con residuos vegetales en descomposición. El control se basa en la limpieza del área basal, drenaje adecuado y aplicación de fungicidas protectores (Villamizar et al., 2023).

2.2.1.4.4. Marchitez sorpresiva (Phytomonas sp.).

Se produce por un protozoario por la transmisión de insectos chupadores. Provoca el secamiento progresivo de las hojas desde la base hacia la corona, aborto floral y muerte de raíces. Aunque su incidencia es baja, su diagnóstico es complejo y requiere confirmación de laboratorio (Escobar, 2022).

2.2.1.4.5. Añublo foliar (Pestalotiopsis sp.).

Se manifiesta como manchas necróticas en las hojas, con una reducción de la superficie fotosintética. Es común en viveros y plantaciones jóvenes con exceso de humedad o deficiencias nutricionales. El manejo incluye poda sanitaria, control de humedad y aplicación de fungicidas de contacto (Escobar, 2022).

2.2.2 Condiciones edafoclimáticas

2.2.2.1. Condiciones edáficas

2.2.2.1.1. Textura del suelo.

La palma africana requiere suelos de textura franco a franco-arenosa, con buena aireación y drenaje. Esta textura favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes esenciales como el fósforo y el potasio. Según el Manual de nutrición y fertilización de la palma africana del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, estos suelos permiten una mejor eficiencia en la aplicación de fertilizantes como el fosfato diamónico y el muriato de potasio (Infoagro, 2023).

2.2.2.1.2. pH del suelo.

El rango óptimo de pH se sitúa entre 5.5 y 6.5, con una acidez ligera. Dentro de este intervalo, elementos como el fósforo y el potasio presentan una mayor disponibilidad para las plantas, mientras que se busca reducir el riesgo de fijación del fósforo por parte de elementos como el aluminio y el hierro. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias recomienda monitorear el pH de forma periódica para ajustar la fertilización y evitar pérdidas por fijación de nutrientes (Instituto

Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2023).

2.2.2.1.3. Profundidad.

Se requieren suelos profundos (mínimo 1.2 m), sin capas compactadas, para permitir el desarrollo del sistema radicular. Las raíces terciarias y cuaternarias, responsables de la absorción, se concentran en los primeros 50 cm del perfil (Infoagro, 2023).

2.2.2.1.4. Fertilidad.

La palma africana es exigente en nutrientes, en especial en el nitrógeno, fósforo y potasio. El fosfato diamónico (18-46-0) aporta nitrógeno y fósforo de rápida disponibilidad, mientras que el muriato de potasio (KCl) corrige deficiencias de potasio, lo cual mejora la formación de racimos y la resistencia al estrés hídrico (INIAP, 2023).

2.2.2.1.5. Capacidad de riego.

Capacidad de retención de agua Se prefieren suelos con capacidad media a alta de retención hídrica, sin encharcamientos. Esto permite mantener la humedad durante periodos secos, en especial en zonas con distribución irregular de lluvias (INIAP, 2023).

2.2.2.2. Condiciones climáticas

2.2.2.2.1. Temperatura.

La palma africana requiere temperaturas medias anuales entre 24 y 28 °C. En el cantón Eloy Alfaro, las condiciones térmicas son favorables para el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo (INIAP, 2023).

2.2.2.2.2. Precipitación.

Requiere entre 2500 y 3200 mm anuales, de manera uniforme. La zona de estudio presenta una pluviometría adecuada, aunque se recomienda monitoreo para evitar deficiencias hídricas en etapas críticas como floración y llenado de fruto (INIAP, 2023).

2.2.2.2.3. Húmeda relativa.

La humedad óptima relativa entre 84% y 88%, lo que favorece la apertura estomática y la eficiencia fotosintética. Humedades inferiores pueden inducir estrés hídrico y afectar la absorción de nutrientes aplicados vía fertilización (INIAP, 2023).

2.2.2.2.4. Radicación solar.

Requiere al menos 1400 horas de sol al año. Aunque la zona presenta alta

fotosintética eficiente, sobre todo si se manejan de forma adecuada las podas y la densidad de siembra (Infoagro, 2023).

2.2.3 Tratamientos con fosfato diamónico y muriato de potasio

La palma africana es una especie alta, exigente en nutrientes, en particular el fósforo (P) y potasio (K), los cuales influyen de manera directa en el desarrollo radicular, la formación de racimos y la síntesis de aceite. El fosfato diamónico (DAP) aporta nitrógeno (18%) y fósforo (46%), mientras que el muriato de potasio (KCl) contiene 60% de K_2O, al ser ambos fertilizantes de alta solubilidad y eficiencia agronómica (INIAP, 2023).

Los tratamientos más comunes que se evalúan en investigaciones agronómicas incluyen:

- T1: Testigo sin fertilización
- T2: 750 g DAP por planta/año
- T3: 1200 g KCl por planta/año
- T4: 750 g DAP + 1200 g KCl por planta/año

Estos tratamientos se aplican fraccionados en dos o tres momentos del año, en sincronización con las fases fenológicas del cultivo (crecimiento vegetativo, floración y llenado de fruto), para maximizar la absorción y minimizar pérdidas por lixiviación (DISAGRO, 2022).

2.2.3.1. Consideraciones del tratamiento más efectivo

Según el Manual de nutrición y fertilización de la palma africana del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2023), los tratamientos que combinan 500–750 g de DAP con 1000–1500 g de KCl por planta/año muestran los mejores resultados en zonas con características similares, lo cual incrementa de forma significativa el número de racimos, el peso promedio por racimo y el contenido de aceite por hectárea. Además, estos niveles permiten mantener un equilibrio nutricional sin generar toxicidad ni salinización del suelo, lo que puede dar en un resultado de menos vida en su microbiota, baja de manera considerable la absorción y desarrollo radicular, por ende, absorción de los tratamientos.

En estudios realizados en la región noroccidental del Ecuador, se observa que dosis superiores a 1000 g de DAP y 2000 g de KCl no generan incrementos proporcionales en la productividad y pueden representar un gasto innecesario para el productor (Echeverría, 2022). El tratamiento T3 o T4 podrían ser óptimos para y características edafoclimáticas locales.

las condiciones del cantón Eloy Alfaro, con la combinación de la eficiencia agronómica, una económica más sostenible y la compatibilidad con las condiciones

2.2.3.2. Composición técnica del T3 y T4

La siguiente tabla muestra las cantidades de DAP y KCl aplicadas, así como su correspondiente contribución de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), elementos esenciales en la nutrición de la palma africana durante su fase productiva.

Tabla 2.

Composición técnica del tratamiento T3 y T4

Tratamiento	DAP (g/planta/año)	KCl (g/planta/año)	N (g)	P_2O_5 (g)	K_2O (g)
T3	500	1000	90	230	00
T4	750	1500	135	345	00

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019)

Los requerimientos nutricionales de palma africana (> 6 años), según (INIAP, 2023), los niveles foliares adecuados para plantas adultas son:

- Nitrógeno (N): 2.50–3.00 %
- Fósforo (P): 0.15–0.21 %
- Potasio (K): 1.00–1.50

Estas concentraciones deben mantenerse mediante un programa de fertilización ajustado a los análisis de suelo y foliares, así como a la productividad esperada. A continuación, se muestran las ventajas y limitaciones de ambos tratamientos:

Tabla 3.

Ventajas y limitaciones del T3 y T4

Tipo de Tratamiento	Descripción
Tratamiento T3 (500 g DAP + 1000 g KCl)	**Ventajas**: • Aporta cantidades suficientes de fósforo y potasio para mantener niveles foliares dentro del rango óptimo en suelos con fertilidad media. • Menor riesgo de acumulación salina o lixiviación de potasio. • Alta eficiencia agronómica en suelos con textura franco-arenosa y buen drenaje, como los del cantón

	Eloy Alfaro. • En lo económico es más viable para pequeños y medianos productores. **Limitaciones**: • Puede ser insuficiente en suelos con deficiencias severas de P o K, o en plantaciones con alta carga productiva.
Tratamiento T4 (750 g DAP + 1500 g KCl)	**Ventajas:** • Aporta mayores cantidades de nutrientes, útil en suelos con deficiencias marcadas o en cultivos de alta productividad (> 20 t/ha). • Mejora el llenado de fruto y el contenido de aceite si hay buena disponibilidad hídrica. **Limitaciones**: • Mayor riesgo de salinización en suelos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC). • Puede generar desequilibrios nutricionales si no se acompaña de análisis foliar y correcciones de micronutrientes. • Menor eficiencia económica si no hay respuesta proporcional en rendimiento.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019)

El cantón Eloy Alfaro, presenta condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de palma africana: suelos de textura franco-arenosa, pH entre 5.5 y 6.5, buena capacidad de retención de humedad y precipitaciones anuales entre 2500 y 3200 mm (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, s.f.). Estas características permiten una alta eficiencia en la absorción de fósforo y potasio, siempre que se evite el exceso de sales y se mantenga un buen drenaje. Dado este contexto, el tratamiento T3 (500 g DAP + 1000 g KCl) es el más apropiado en el aspecto técnico y el más sostenible en el aspecto económico:

- Satisface los requerimientos nutricionales estándar para plantas adultas.
- Minimiza el riesgo de pérdidas por lixiviación o toxicidad.
- Se adapta a la capacidad de retención de nutrientes del suelo local.
- Permite mantener niveles foliares dentro del rango óptimo sin sobre fertilizar.

2.2.4 Análisis económico de los diferentes tratamientos (T3 y T4)

En este apartado se presenta un análisis económico de los tratamientos de

fertilización T3 (600 g DAP) y T4 (375 g DAP + 600 g KCl) en el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), donde se estructuró con introducciones técnicas antes de cada cuadro.

2.2.4.1. Costos directos de fertilización por tratamiento

Para estimar el costo de fertilización por hectárea, se considera una densidad de siembra de 143 plantas/ha (espaciamiento 9 × 9 m), y precios promedio de mercado para fertilizantes en Ecuador: DAP a 1.08 USD/kg y KCl a 0.51 USD/kg. Estos valores se basan en reportes técnicos de DISAGRO (2022) y en precios referenciales utilizados por Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2023).

Tabla 4.
Costos indirectos del T3 y T4

Tratamiento	DAP (kg/ha/año)	KCl (kg/ha/año)	Costo DAP (USD)	Costo KCl (USD)	Costo total (USD/ha/año)
T3	250	500	270.00	255.00	525.00
T4	375	750	405.00	382.50	787.50

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019)

2.2.4.2. Rendimiento estimado y valor de producción

Los rendimientos se basan en datos experimentales al obtenerse por Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2023) y Echeverría (2022), quienes reportan que en condiciones agroecológicas similares a las del cantón Eloy Alfaro (suelos franco-arenosos, pH 5.5–6.5, alta precipitación), los tratamientos con DAP y KCl generan incrementos significativos en la producción de racimos frescos.

Tabla 5.
Rendimiento estimado

Tratamiento	Rendimiento (racimos/ha/año)	Precio promedio (USD/t)	Ingreso bruto (USD/ha/año)
T3	18.0	180.00	3240.00
T4	19.5	180.00	3510.00

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019)

2.2.4.3. Rentabilidad y eficiencia económica

El margen neto se calcula como la diferencia entre el ingreso bruto y el costo

directo de fertilización. La rentabilidad se expresa como porcentaje del retorno por cada dólar con destino a la fertilización. Este análisis permite identificar cuál tratamiento ofrece mayor eficiencia económica bajo condiciones reales de campo.

Tabla 6.
Rentabilidad económica

Tratamiento	Ingreso bruto (USD)	Costo fertilización (USD)	Margen neto (USD)	Rentabilidad (%)
T3	3240.00	612.50	2627.50	429
T4	3510.00	918.75	2591.25	282

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019)

Aunque el tratamiento T4 genera un rendimiento superior en menor grado (1.5 t/ha más), el tratamiento T3 presenta una mayor rentabilidad relativa, con un retorno más alto por cada dólar en inversión. Además, reduce el riesgo de sobre aplicación de nutrientes y es más compatible con las características edafoclimáticas del cantón Eloy Alfaro, por tanto, T3 es el tratamiento más eficiente y sostenible desde el punto de vista técnico y económico.

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad

Art. 1.- Objeto. La presente Ley tiene por objeto proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura; asegurar la producción, acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable; respetando las diversas identidades, saberes y tradiciones a fin de garantizar la autosuficiencia de alimentos sanos, diversos, nutritivos y culturalmente apropiados para alcanzar la soberanía alimentaria y contribuir al Buen Vivir o Sumak Kawsay. Garantiza el uso, producción, fomento, conservación e intercambio libre de la semilla campesina que comprende las semillas nativa y tradicional; y la producción, certificación, comercialización, importación, exportación y acceso a la semilla certificada, mediante la investigación y el fomento de la agricultura sustentable

Art. 2 Ámbito de aplicación.- La presente ley regula las actividades de las personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades; y su aplicación es general en el territorio nacional. Es de interés nacional la investigación, producción, certificación, abastecimiento, uso, exportación y comercialización de semillas de calidad (p.3)

Art. 4. Principios.- Constituyen principios de aplicación de esta Ley los siguientes:

a) Sostenibilidad: Garantiza la producción de semillas mediante el fortalecimiento del adecuado uso de la agrobiodiversidad;

b) Sustentabilidad: Aprovechamiento eficiente y conservación de la

agrobiodiversidad, para garantizar la soberanía y seguridad alimentarias; El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

i) Eficiencia: Promoción del uso óptimo de los factores productivos en la generación de semillas de calidad y conservación de la agrobiodiversidad;

Art. 5.- De los fines. Son fines de la presente Ley:

a) La protección, conservación, manejo y uso de la agrobiodiversidad;

b) Fomentar el desarrollo de la investigación de la agrobiodiversidad con el fin de facilitar el acceso y disponibilidad de semilla de calidad y garantizar la soberanía y seguridad alimentaria; (p.3)

e) Regular y fomentar la producción, certificación, uso, comercialización, importación y exportación de semilla; f) Fortalecer la asociatividad y el emprendimiento de personas naturales y jurídicas, públicas, privadas o comunitarias, para la producción y comercialización de las semillas nativa, tradicional y certificada;

g) Asegurar la disponibilidad de las semillas en situaciones de riesgo y desabastecimiento, originados por desastres naturales, cambio climático o efectos tecnológicos; (p.4)

Art. 6.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o *Sumak Kawsay*. Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p.4)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipos y diseño de investigación

3.1.1 Tipos de investigación

3.1.1.1. Investigación experimental

Este documento es tipo experimental porque implicó la intervención directa del investigador en las variables independientes (dosis de fertilización), con el fin de medir su impacto en las variables dependientes (pH, textura, fósforo, potasio, materia orgánica, entre otras). De esta investigación experimental se verificará que dosis ayudó en el rendimiento.

3.1.1.2. Investigación de campo

La investigación de campo se desarrolló en escenarios naturales, se recolectó datos directos en el lugar donde ocurre el fenómeno, sin alterar el entorno lo que permite observar condiciones reales.

Tamayo, citado en Cajal (2024), afirma que “la investigación de campo se desarrolla en escenarios naturales permitió observar el fenómeno en su contexto real sin manipular en entorno”. Por ello, en este estudio la recolección de información se realizó en las parcelas de productores de palma africana en el Cantón Eloy Alfaro donde se registró las condiciones agronómicas y ambientales que influyen en la fase de floración lo que garantizó que los resultados reflejen la realidad del contexto productivo local.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variables independientes

Son aquellas que se manipulan en el experimento para evaluar su efecto sobre el cultivo de palma africana en este caso se consideró las siguientes:

3.2.1.1.1. Fosfato diamónico (DAP)

Se estableció una dosis estándar de 2.5kg/planta/año la que se llevó a cabo dos aplicaciones a los (30, 90 días) según recomendación técnica del producto. Se aplicó manual y se tomó en cuenta que no se acerquen al estípite sin salir de la corona de la palma.

3.2.1.1.2. Muriato de potasio. (KCl)

Se estableció una dosis estándar de 4kg/planta/año con dos aplicaciones en el transcurso de los (60, 90, días) según recomendación técnica del producto. Se aplicó manual y se tomó en cuenta que no se acerque al estípite sin salir de la

corona de la palma.

3.2.1.1.3. Testigo convencional.

Para este estudio se aplicó las prácticas agronómicas tradicionales del agricultor de la hacienda sin ninguna intervención experimental está enfocada en nutrir con nitrógeno (urea) toda la plantación.

3.2.1.1.4. Muestreo de suelo.

Se tomaron muestras del suelo a treinta centímetros de profundidad para analizar textura, pH, nutrientes, disponibilidad nutricional.

3.2.1.2. Variable dependiente

Se midieron las siguientes variables:

3.2.1.2.1. Condiciones edáficas del suelo.

Se tomó muestras a treinta centímetros de profundidades con el fin de analizar textura, pH y disponibilidad de nutrientes, lo cual permitió describir las condiciones edáficas del lugar de estudio y establecer la base para interpretar la respuesta de la palma africana a los tratamientos de fertilización.

3.2.1.2.2. Altura de la planta (cm).

Se registró la distancia vertical desde la base del tallo hasta la extremidad de la hoja central activa. La medición se realizó en las primeras horas de la mañana para asegurar condiciones homogéneas y reducir sesgos térmicos.

3.2.1.2.3. Número de hojas (n).

Se contabilizó todas las hojas verdes, funcionales y que estén desplegadas en su totalidad, se excluyó aquellas que hayan cumplido con su ciclo de vida (secas) o aquellas que en su contraste inician su ciclo de vida (en formación), lo que permitió evaluar el vigor y la capacidad fotosintética de la palma bajo los diferentes tratamientos.

3.2.1.2.4. Diámetro del estípite (cm).

Se midió a treinta centímetros del nivel del suelo, se utilizó una cinta métrica. Se realizaron dos mediciones perpendiculares en cada planta, se calculó el promedio y se obtuvo el valor representativo para el análisis de esta variable.

3.2.1.2.5. Rendimiento (kg/ha).

Se recolectó la producción obtenida en el área útil de cada unidad experimental. Los racimos fueron pesados y el valor se convirtió a kilogramos por hectárea (kg/ha), se consideró el área cosechada por parcela, se evaluó la productividad agrícola en respuesta a los tratamientos.

3.2.1.2.6. Análisis económico.

Se aplicó el método de relación costo, este análisis permitió comparar la rentabilidad de los diferentes tratamientos de fertilización y determinar la opción más eficiente para el agricultor.

3.2.2 Tratamiento

Tabla 7.
Descripción de los tratamientos

N°	Tratamiento	Dosis/planta	Momento de aplicación
T1	Testigo absoluto	-	-
T2	Fosfato diamónico (DAP)	375 g	30 días. Vía manual
T3	Muriato de potasio (KCl)	600 g	60 días. Vía manual
T4	Fosfato diamónico (DAP) + Muriato de potasio (KCl)	375 g + 600 g	90 días. Vía manual

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.3 Diseño experimental

Se implementó un diseño experimental de bloques completos al zar (DBCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, distribuido en parcelas experimentales.

Tabla 8.
Delimitación del experimento

Descripción	Unidades
Tipo de diseño	DBCA
Número de tratamiento	4
Número de repeticiones	5
Número de parcela	20
Número de plantas por parcela	4
Plantas por parcela útil	2
Número total de plantas	80

Ancho por largo parcela	9x9
Distancia entre hileras	9 m
Distancia entre tratamiento	9 m
Distancia entre repeticiones	9 m
Distancia entre unidades experimentales	9 m
Área de la parcela	81 m^2
Área neta	63X81 m^2
Área total del ensayo	6561 m^2

Elaborado por: El autor, 2026

Tabla 9.

Modelo de análisis de varianza

Fuente de variación	Fórmula	GL
Tratamientos	t-1	3
Repeticiones	R-1	4
Error experimental	(t-1) (R-1)	12
Total	n-1	19

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.4 Manejo del ensayo

3.2.4.1. Preparación del terreno

El ensayo se inició con la delimitación y limpieza del área experimental la hacienda Melville en el cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas. Posterior a ello, se realizó una limpieza del suelo y la adecuación de los canales de drenaje, con el fin de garantizar condiciones óptimas para el desarrollo de la palma africana.

3.2.4.2. Plantación establecida

El estudio se llevó a cabo sobre una plantación de palma africana (*Elaeis guineensis)* establecida de seis años, se seleccionó bloques experimentales homogéneos para la aplicación de los tratamientos de fertilización.

3.2.4.3. Fertilización y manejo fitosanitario

Se aplicaron las dosis de fertilizantes correspondientes a cada tratamiento (DAP y KCl), se siguió un calendario de aplicación en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, con intervalos de 30, 60 y 90 días. La fertilización se realizó de manera manual, en forma de corona alrededor de la planta de palma, se evitó el contacto directo con el estípite. El manejo fitosanitario se efectuó de acuerdo con las prácticas convencionales de la zona, para prevenir plagas y

enfermedades.

3.2.4.4. Aplicación de tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron en bloques, con un total de cinco repeticiones, se aseguró la representatividad estadística. Cada bloque incluyó los cuatro tratamientos: testigo absoluto, DAP, KCl, DAP más KCl.

3.2.4.5. Riego

El riego se realizó de manera complementaria, se aprovechó la disponibilidad de agua en la zona y garantizó la humedad necesaria para la absorción de los fertilizantes aplicados.

3.2.4.6. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual alrededor de las plantas, con el propósito de reducir la competencia por agua, nutrientes, luz y espacio. Esta actividad se realizó de manera periódica durante el desarrollo del cultivo, se retiró las malezas presentes en el área cercana a cada planta y procurando evitar daños en el sistema radicular.

3.2.4.7. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo de manera manual, recolectó los racimos de palma en el momento de su madurez fisiológica, con el fin de garantizar que los frutos presentaran las condiciones adecuadas para su evaluación. Se registraron los datos productivos para determinar el efecto de cada tratamiento sobre el rendimiento.

3.2.4.8. Toma de muestras

Las evaluaciones se realizaron sobre plantas ubicadas en el área útil de cada parcela, se excluyó los bordes para evitar efectos de borde. Se tomó una muestra de cinco plantas por tratamiento en cada bloque, para la medición de las variables dependientes: altura de planta, número de hojas, diámetro del estípite, rendimiento y análisis económico.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos

3.2.5.1.1. Recursos materiales.

Los materiales utilizados para recopilar la información de carácter descriptivo fueron: bolígrafos, cuadernos de campo, flexómetro para medir altura y diámetro del estípite, balanza de precisión para pesar racimos, cámara fotográfica para registro visual, computadora e impresora para el procesamiento de datos, y mapas

de ubicación para la delimitación de parcelas.

3.2.5.1.2. Recursos humanos.

El trabajo se llevó a cabo mediante la participación del tesista y el tutor, supervisores de la hacienda, y demás personal que ejecutaron las actividades de campo y gabinete para poder llevar a cabo este proyecto de investigación.

3.2.5.1.3. Recursos económicos.

La investigación se financió con recursos propios del tesista, destinados a la adquisición de fertilizantes (DAP y KCl), herramientas de campo, transporte, jornales y materiales de registro:

Materiales:

- Fertilizantes: Fosfato diamónico (DAP) y Cloruro de potasio (KCl).
- Cuadernos de campo y bolígrafos (para registro manual).
- Mapas de ubicación (para delimitar parcelas).
- Fitosanitarios

Equipos

- Cinta métrica: para medir altura de planta y diámetro del estípite.
- Balanza de precisión: para pesar racimos y evaluar rendimiento.
- Bomba de fumigar
- Cámara fotográfica
- GPS

3.2.5.2. Métodos y técnicas

3.2.5.2.1. Método de investigación.

- **Método inductivo:** A partir de la observación de los efectos de los tratamientos en campo, se estableció conclusiones generales sobre el comportamiento de la palma africana.
- **Método deductivo:** Se evaluó hipótesis basadas en estudios previos sobre la respuesta de la palma africana a la fertilización con DAP y KCl.
- **Método sintético:** Los resultados obtenidos fueron integrados para identificar los tratamientos más eficaces y económicos viables.

3.2.5.2.2. Técnicas de investigación.

Para la recolección de datos se empleó métodos de observación directa y muestreo sistemático. Para describir las condiciones edáficas del lugar de estudio

- En la **delimitación del área experimental**: Se establecieron las parcelas.

- En la **recolección de muestras de suelo**: Se tomaron muestras representativas a 30 cm de profundidad para evaluar textura, pH, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes. Para caracterizar la morfología de la plantación bajo tratamientos de fertilización se hizo:
- **Aplicación de tratamientos de fertilización**: Se distribuyeron los fertilizantes (DAP y KCl) en las parcelas siguió un calendario definido.
- **Medición de variables morfológicas**: Se evaluó la altura de planta, número de hojas y diámetro del estípite en cinco plantas seleccionadas por bloque.
- **Registro de rendimiento**: Se pesaron los racimos cosechados con balanza de precisión para cuantificar la producción por tratamiento.
- **Organización de datos:** Los resultados se registraron en fichas de campo.

En cuanto el análisis económico de los tratamientos de fertilización se realizó:

- **Registro de costos**: Se recopilaron los costos asociados a insumos (fertilizantes), mano de obra, transporte y materiales de campo.
- **Evaluación de ingresos**: Se calculó los rendimientos obtenidos en cada tratamiento expresados en kg/ha, vinculándolos con el valor comercial de la producción.
- **Cálculo de la relación costo**: Se aplicó fórmulas económicas para determinar la rentabilidad de cada tratamiento e interpretación d ellos resultados.

3.2.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante ANDEVA, con el fin de detectar diferencias significativas entre tratamientos en las variables evaluadas. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de significancia, lo que permitió determinar cuál tratamiento presentó mayor eficacia y rentabilidad en la fertilización de Palma Africana.

3.2.6.1. Hipótesis estadística

Hipótesis nula: Ninguno de los tratamientos de fertilizantes presentan una diferencia significativa en la producción de palma africana.

Hipótesis alternativa: Al menos uno de los tratamientos de fertilizante presentará una diferencia significativa en la producción de palma africana.

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de las características físicas y químicas del suelo del área experimental, mediante un análisis edafológico.

Las características de variabilidad entre tratamientos se consideran.

4.1.1 Características físicas

4.1.1.1. Condiciones edáficas (%)

Como se puede observar en la tabla 10, sobre las condiciones edáficas el tratamiento uno presenta una profundidad, con 65% de arena, 20% de limo, 15% de arcilla con una textura de suelo franco arenoso, el tratamiento cuatro presenta un 62% de arena, 23% de limo, 15% de arcilla con una textura franco arenoso. La textura que predominó en las parcelas fue franco arenoso, con variaciones entre tratamientos seguida del tratamiento dos que presenta 60% de arena, 25% de limo, 15% de arcilla con una textura de suelo franco arenoso, el tratamiento tres presenta una profundidad 0 a 30 cm con 55% de arena, 28% limo, 17% con una textura franco, (tabla 10).

Tabla 10.

Textura del suelo por tratamiento y profundidad (%)

Tratamiento	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
T1	0–30	65	20	15	Franco arenoso
T2	0–30	60	25	15	Franco arenoso
T3	0–30	55	28	17	Franco
T4	0–30	62	23	15	Franco arenoso

Elaborado por: El autor, 2026

4.1.1.2. Análisis del pH y materia orgánica

En la tabla 11 presenta los valores se ubican en un rango de ligera acidez (5.7–6.2). El tratamiento T2 presentó el valor más alto (6.2), cercano a la neutralidad y favorable para la disponibilidad de nutrientes, mientras que T3 mostró el más bajo (5.7), con mayor acidez y posibles limitaciones en la nutrición vegetal. Los tratamientos T1 (5.8) y T4 (5.9) se mantuvieron en niveles intermedios y aceptables. Se observa en la tabla 11 sobre el contenido de materia orgánica se mantuvo entre

2.0 y 2.6%, el valor más alto correspondió a T2 (2.6%), lo que refleja mejores condiciones de fertilidad y calidad del suelo, mientras que T4 (2.0%) presentó el nivel más bajo, evidencia menor aporte orgánico. Los tratamientos T1 (2.1%) y T3 (2.3%) se ubicaron en valores intermedios (Tabla 11).

Tabla 11.
pH y materia orgánica por tratamiento

Tratamiento	0–30 cm (pH)	Materia orgánica (%)
T1	5.8	2.1
T2	6.2	2.6
T3	5.7	2.3
T4	5.9	2.0

Elaborado por: El autor, 2026

4.1.2 Características químicas

4.1.2.1. Fósforo y potasio (mg/kg)

Como se observa en la tabla 12 los niveles de fósforo y potasio variaron entre tratamientos. T2 presentó el mayor contenido de fósforo (28 mg/kg) favorece la formación de raíces y el desarrollo inicial de la planta. En cambio, T4 destacó en potasio (30 mg/kg), T1 y T3 tuvieron valores intermedios con fósforo y potasio más equilibrado, esto indica distintas condiciones de fertilidad según el manejo aplicado.

Tabla 12.
***Fósforo y potasio por tratamiento* (mg/kg)**

Tratamiento	Fósforo (mg/kg)	Potasio (mg/kg)
T1	18	22
T2	28	20
T3	16	24
T4	20	30

Elaborado por: El autor, 2026

4.1.2.2. Capacidad de retención hídrica (%)

En cuanto a lo que se observa en la tabla 13 la capacidad de retención hídrica se mantuvo entre 27% y 30%. El valor más alto correspondió al tratamiento dos con un 30%, lo que refleja mejor potencial de almacenamiento de agua en el suelo, mientras que el tratamiento cuatro presentó el nivel más bajo con el 27%. Los tratamientos uno con el 28%) y el tratamiento tres con un 29% se ubicaron en valores intermedios. El tratamiento dos se destaca como el más favorable y el

tratamiento cuatro como el que requiere mayor atención en el manejo para mejorar la retención hídrica.

Tabla 13.

Capacidad de retención hídrica por tratamiento (%)

Tratamiento	0–30 cm (%)
T1	28
T2	30
T3	29
T4	27

Elaborado por: El autor, 2026

4.2 Caracterización morfológica de las plantas de palma africana bajo los diferentes tratamientos de fertilización con fosfato diamónico y muriato de potasio.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la caracterización morfológica de la palma africana sometida a cuatro tratamientos con fosfato diamónico y muriato de potasio, aplicados en diferentes fechas y diferentes dosis.

4.2.1 Altura de la palma aceitera (cm)

Como se observa en la tabla 14 en la variable altura de la palma africana el tratamiento cuatro, con la dosis más alta (375 g DAP + 600 g KCl), fue el más efectivo, se logró una altura promedio de 231.5 cm, el tratamiento uno sin fertilización no presentó ninguna variación, al aumentar las dosis de DAP y KCl en los tratamientos dos y tres, las plantas crecieron, llegó a 223 cm y 226.4 cm.

Tabla 14.

Altura de planta (cm)

N°	Tratamientos	Medias[1]	
1	Testigo absoluto	219.0	c
2	DAP	223.0	d
3	KCl	226.4	b
4	DAP+KCl	231.5	a
P valor		<0.0001	
C.V		0.16	

Medias[1] con letras iguales no difieren significas de acuerdo a Tukey (p > 0.05).

Elaborado por: El autor, 2026

4.2.2 Diámetro de la palma africana (cm)

Como se evidencia la tabla 15 que el tratamiento uno, presenta el menor promedio (28.0 cm), lo que sugiere que la ausencia de nutrientes limita el desarrollo, a aplicar dosis bajas y medias de DAP y KCl en los tratamientos dos y tres, el diámetro aumentó a 30.22 cm y 31.94 cm, esto confirma que la disponibilidad de nutrientes favorece el crecimiento estructural del tronco. El tratamiento cuatro, con la dosis más alta de fertilización fue el mejor, logró un diámetro promedio de 34.0 cm. Con esto se demuestra que estas diferencias son significativas y no se deben al azar. Además, el coeficiente de variación (5.33%) fue bajo, lo que asegura que los resultados son confiables.

Tabla 15.

Diámetro del tronco (cm)

N°	Tratamientos	Medias[1]
1	Testigo absoluto	28.0 c
2	DAP	30.22 b c
3	KCl	31.94 a b
4	DAP+KCl	34.0 a
P valor	0.0007	
C.V %	5.33	

Nota: Medias con letras iguales no difieren significativas Tukey (p > 0.05).

Elaborado por: El autor, 2026

4.2.3 Número de hojas (n)

Como se puede evidenciar la tabla 16 que el tratamiento uno, sin fertilización, obtuvo el menor promedio con 23.6 hojas, mientras que el tratamiento dos y el tratamiento tres, con dosis bajas e intermedias de DAP y KCl, tuvieron 26.4 y 25.0 hojas. Estos valores se agruparon en el mismo grupo estadístico (B), lo que indica que no hubo diferencias significativas entre ellos.

Por otro lado, el tratamiento cuatro con la dosis más alta de fertilización (750 g DAP + 1500 g KCl), fue el más efectivo, logró un promedio de 30.2 hojas y ubicándose en el grupo A. El análisis de varianza confirmó que estas diferencias son significativas y no se deben al azar. Además, el coeficiente de variación (6.45%) fue bajo, lo que asegura que los resultados son confiables.

Tabla 16.
Número de hojas según tratamientos

N°	Tratamientos	Medias[1]	
1	Testigo absoluto	23.6	b
2	DAP	26.4	b
3	KCl	25.0	b
4	DAP+KCl	30.2	a
P valor	0.0003		
C.V	6.45		

Nota: Medias con letras iguales no difieren significativas de acuerdo a Tukey (p > 0.05).
Elaborada por: El autor, 2026

4.2.4 Análisis del rendimiento (kg)

La tabla 17 muestra que el tratamiento cuatro logró el mejor rendimiento, con un resultado superior a los demás tratamientos. Los tratamientos uno, dos y tres muestran valores muy similares entre sí y no presentan diferencias relevantes, aunque existe cierta variación en los datos (CV=15.58%), la diferencia del tratamiento cuatro es firme y en estadística es válida. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque al menos uno de los tratamientos de fertilizante presenta una diferencia significativa en la producción de palma africana dentro de esta investigación experimental.

Tabla 17.
Rendimiento de los tratamientos

Tratamientos	N	Media	
DAP + KCl	5	12980.97	a
KCl	5	8505.00	b
Testigo absoluto	5	8498.56	b
DAP	5	8496.00	b
p valor		0.0001	
Coef. Variación		15.58%	

Elaborado por: El autor, 2026

4.3 Realización de un análisis económico entre los diferentes tratamientos de fertilización.

La presente tabla de fertilización con DAP y KCl muestra cómo cambian las dosis y los costos mensuales según el tratamiento aplicado en cinco bloques de 80 palmas africanas, por ello se muestra los resultados obtenidos.

4.3.1 Análisis de los costos de fertilización por dosis.

En el tratamiento uno (Testigo) como no se aplicó fertilizante, no hubo gastos, el tratamiento dos fue el más económico, con dosis (375g de DAP planta/mes). El costo mensual por bloque es de $15.00, lo que lo hace accesible y suficiente para mantener un nivel básico de nutrición. En relación con el tratamiento tres se duplicaron las dosis de T2, elevó el costo mensual a $60.00, siendo un manejo intermedio, con mayor aporte de nutrientes y un gasto moderado.

El tratamiento cuatro fue el más intensivo, con 375 g de DAP y 600 g de KCl por planta/mes. El costo mensual por bloque sube a $75.00, lo que implica mayor inversión, pero también mayor potencial de respuesta productiva. En conjunto, los tratamientos suman 750 g de DAP y 1200 g de KCl mensuales, con un costo total de $150.00, y el gasto de cada fertilizante fue de $15.00 en DAP y $60.00 en KCl en los cuatro tratamientos.

Tabla 18.

Dosis mensuales de DAP y KCl

Tratamiento	**DAP mensual (g)**	**Costo DAP (USD)**	**KCl mensual (g)**	**Costo KCl (USD)**	**Costo total mensual (USD)**	**20 planta por bloques (5)**
Testigo absoluto	0.00	0	0	0	0	20
DAP	375	0.002	0	0	15.00	20
KCl	0	0	600	0.005	60.00	20
DAP+KCl	375	0.002	600	0.005	75.00	20
Total	750.00	0.004	1200	0.0010	150.00	80
Costo de cada fertilizante		15.00		60.00	150.00	80

Elaborado por: El autor, 2026

4.3.2 Análisis de los gastos totales

Los diferentes rubros que se originaron en el transcurso del estudio, donde se observa que los insecticidas y herbicidas representan un gasto elevado, con valores que superan amplias a otros insumos. Sin embargo, estos controles son

esporádicos y se aplican cuando las condiciones lo requieren, por lo que no constituyen un desembolso mensual fijo. En contraste, los fertilizantes DAP y KCl, aunque con un costo menor (150.00 en total), fueron aplicados de manera continua durante tres meses, convirtiéndose en la base técnica del ensayo y en el factor recurrente que sostiene la productividad.

La mano de obra y otros gastos complementan el manejo, pero tampoco tienen la misma frecuencia que los fertilizantes. Por tanto, el análisis confirma que la eficiencia técnica y económica del sistema productivo depende de manera principal de la continuidad de la fertilización, mientras que los demás rubros deben interpretarse como gastos puntuales de apoyo al manejo integral del cultivo.

Tabla 19.

Costos totales

Insumos/labores	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario $**	**Costo Total $**
Mano de obra				
Limpieza de maleza	Jornal	2	18.00	36.00
Aplicación herbicida	Jornal	2	12.00	24.00
Aplicación insecticida	Jornal	2	12.00	24.00
Aplicación fertilizante	Jornal	3	15.00	45.00
Deshierba manual	Jornal	4	20.00	80.00
Fertilizantes				-
DAP (Diammonium Phosphate, fórmula 18-46-0)	Saco (50 kg)	2	54.00	108.00
KCl (Muriato de Potasio.	Saco (50 kg)	2	25.50	51.00
Fitosanitarios				-
Glifosato	Litros	1.5	6.55	9.85
Fipronil / Thiametoxam	Litros	2	25.00	50.00
Alquiler de mochila aspersora	Hora	5	15.00	75.00
Machete/guadaña	Hora	2	22.00	44.00
Transporte	Hora	15	10.00	150.00
Costo total			235.05	696.85

Elaborado por: El autor, 2026

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian una respuesta favorable de la palma africana (*Elaeis guineensis*) a la aplicación combinada de fosfato diamónico (DAP) y muriato de potasio (KCl), en las variables de crecimiento y rendimiento. Esta respuesta puede atribuirse al aporte complementario de nutrientes proporcionado por ambas fuentes, se considera que el DAP suministra nitrógeno y fósforo, mientras que el KCl aporta potasio.

En este sentido, los resultados coinciden con Palacios Vera et al. (2023), quienes señalan que el equilibrio entre los principales macronutrientes es fundamental para mantener una adecuada nutrición y favorecer la respuesta productiva de la palma.

La mayor respuesta se observa en el tratamiento combinado, que alcanza 231.5 cm de altura, 34.0 cm de diámetro y 30.2 hojas, supera al tratamiento sin fertilización y a las aplicaciones individuales de DAP y KCl. Estas diferencias son significativas para las tres variables. Este comportamiento coincide con Zambrano (2023), quien encuentra que la fertilización química equilibrada favorece el crecimiento vegetativo de la palma africana. De igual manera, Arifin et al. (2022) determinan que una adecuada combinación de N, P y K permite mejorar el crecimiento y estado nutricional de *Elaeis guineensis*. Por tanto, los resultados obtenidos afirman que la aplicación conjunta de DAP y KCl proporciona una nutrición más completa que el suministro individual de cada fertilizante.

La respuesta en rendimiento es aún más evidente, ya que el tratamiento combinado alcanza 12980.97 kg, mientras que los demás tratamientos presentan valores cercanos a 8500 kg, con diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0001$). Este resultado guarda relación con lo reportado por Arifin et al. (2022), afirman tener incrementos en el rendimiento de racimos de fruta fresca mediante una adecuada combinación de nitrógeno, fósforo y potasio. También, Matos et al. (2023) encontraron una respuesta positiva de la palma ante mayores niveles de fósforo y potasio, en variables relacionadas con la producción de racimos. La similitud entre estos resultados permite considerar que la disponibilidad conjunta de P y K pudo contribuir al incremento productivo observado en el presente estudio.

Por otra parte, las condiciones iniciales del suelo deben considerarse para interpretar la respuesta obtenida. El pH presentó valores entre 5.7 y 6.2, mientras que el contenido de materia orgánica varió entre 2.0 y 2.6%.

Además, se observan diferencias en los contenidos de fósforo y potasio entre tratamientos. Estas características podrían haber influido en la disponibilidad de nutrientes y por consecuente, en la respuesta de las plantas a la fertilización. Al respecto, Escobar (2022) señala que la eficiencia de las formulaciones con DAP y KCl depende de las condiciones edáficas y que las dosis deben ajustarse de acuerdo con las características del suelo y las necesidades del cultivo.

Desde el punto de vista económico, el tratamiento combinado representó una mayor inversión mensual, con un costo de USD 75.00 por bloque, frente a los tratamientos con aplicación individual. Sin embargo, esta mayor inversión estuvo acompañada por la mayor respuesta productiva registrada en el ensayo. Esto permite señalar que la evaluación de una estrategia de fertilización no debe considerar el costo del insumo, sino también la respuesta productiva obtenida y las condiciones particulares de manejo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En relación con el primer objetivo específico, se determinan las características físicas y químicas del suelo del área experimental, encontrándose un predominio de textura franco-arenosa, con valores de pH entre 5.7 y 6.2 y contenidos de materia orgánica entre 2.0 y 2.6%. Asimismo, se registran variaciones en la disponibilidad de P y K entre los tratamientos. En conjunto, estas condiciones edáficas se consideran favorables para el desarrollo de la palma africana.

Respecto al segundo objetivo específico, la aplicación de DAP y KCl produce una respuesta favorable en las variables morfológicas evaluadas. El tratamiento T4, correspondiente a 375 g de DAP + 1200 g de KCl por planta/año, presenta los mayores valores de altura (231.5 cm), diámetro del estípite (34.0 cm) y número de hojas (30.2 hojas por planta). Las diferencias son estadísticas significativas para estas variables, lo que demuestra que, bajo las condiciones del ensayo, la mayor dosis evaluada favorece el desarrollo vegetativo de la palma. En cuanto al rendimiento, el tratamiento T4 alcanza 12980.97 kg/ha, supera estadísticas a los tratamientos T1, T2 y T3, cuyos valores son de 8498.56; 8496.00 y 8505.00 kg/ha. Por tanto, los resultados permiten establecer que, dentro de las condiciones y dosis evaluadas en esta investigación.

El análisis económico evidencia que el incremento de la dosis de fertilización representa también un incremento en el costo de los insumos. El tratamiento T2 presenta el menor costo de fertilización, mientras que T4 requiere la mayor inversión debido a la cantidad de DAP y KCl aplicada. En consecuencia, la elección del tratamiento no debe basarse exclusiva en el rendimiento obtenido, sino en el equilibrio entre incremento productivo, costo de fertilización y retorno económico.

Se acepta la hipótesis de la investigación, debido a que al menos uno de los tratamientos de fertilización presenta diferencias significativas en el incremento morfológico y la producción de palma africana, siendo T4 el tratamiento que alcanza la mayor producción y una respuesta agronómica superior.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda: Un monitoreo constante del suelo mediante análisis periódicos, que permitan el ajuste de las dosis de fertilización, lo que garantiza así un equilibrio nutricional que evite la salinización y preserve la productividad de la palma africana en el cantón Eloy Alfaro.

Aplicaciones combinadas con fosfato diamónico y muriato de potasio, priorizar dosis intermedias que aseguren un crecimiento vegetativo estable y un rendimiento adecuado, complementadas con prácticas sostenibles como el manejo foliar y la rotación de cultivos para prevenir desequilibrios nutricionales.

Los productores adopten esquemas de fertilización que optimicen la relación beneficio/costo, privilegiar el tratamiento intermedio como estrategia de sostenibilidad financiera, y que se fomente la investigación futura sobre la incorporación de micronutrientes y biofertilizantes, con el propósito de la reducción y dependencia de insumos químicos, fortaleciendo la resiliencia del sistema productivo frente a cambios ambientales.

BIBLIOGRÁFIA

Asamblea Nacional del Ecuador (2017, 8 de junio) *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable* Registro Oficial No. 10. https://www.ambiente.gob.ec/

Arifin, I., Musa, M., Roslan, I., Umar, M., Yahya Abd-L.C., y Hamzah, S., (2022). Respuestas de la palma aceitera irrigada a los fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio en suelo arcilloso. *Agricultural wáter management*, 27(4), 1-11. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.177922

Banco Central del Ecuador (BCE). (2022). Tasas de interés: Consulta en línea. https://contenido.bce.fin.ec/

Bravo, V. (2024). Estudio de costos de producción para el cultivo de palma aceitera híbrido interespecífico OxG en los periodos 2017 y 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Andina Simón Bolívar] Repositorio Institucional. https://repositorio.uasb.edu.ec

Buitrón, R. (2000, 21 de septiembre). El amargo fruto de la palma aceitera. Acción Ecológica. http://www.wrm.org.uy

Cajal, A. (2024). Investigación de campo: características, tipos, técnicas y etapas. [Tesis de pregrado, Universidad Contemporánea de las Américas] Repositorio Institucional. https://uniclanet.unicla.edu.mx/

Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI, *Dialnet*, 27(75), 140-174. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728928

Caravantes, S. (2010). Enfermedades y plagas de la palma africana y su tratamiento en la Finca El Arenal, Sayaxché, Petén [Tesis de pregrado, Universidad del Valle de Guatemala] Repositorio Institucional. https://repositorio.uvg.edu.gt/

Cárdenas, T. M., & Angulo, R. J. (2023). Métodos para el desarrollo energético de biomasa en el cantón Eloy Alfaro – Esmeraldas. Revista Social Fronteriza, 3(2), 63–88. https://doi.org/10.5281/

Coro, M. (2015). Taxonomía de la palma africana (*Elaeis guineensis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional https://repositorio.lamolina.edu.pe/home

Jaimes, J., Tinoco, E.., Bravo, I., Caicedo, J. & Campaña, J. (2023). Análisis de

datos en el cuidado de *Elaeis guineensis* en Colombia, Ecuador y Perú. *Revista Ciencia y Tecnología, 16(1),* 35–42. https://doi.org/10.18779/

Del Amazonas. (2022). Palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*.). https://delamazonas.com/

Díaz, A. (2022). Los impactos de la palma aceitera en Ecuador: Un análisis geográfico y multitemporal de la expansión del cultivo y sus relaciones con el sistema socioecológico de la provincia de Esmeraldas [Tesis de Maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. Repositorio Uasb. https://repositorio.uasb.edu.ec/

DISAGRO. (2022). Manejo de la nutrición y fertilización de la palma africana. https://www.pronagro.sag.gob.

Echeverría, T. (2022). Análisis productivo del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*.) en el Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Utb. https://dspace.utb.edu.ec/

Escobar, A. (2022). Formulaciones de fertilizantes. En Manual Técnico de Palma Africana (pp. 55–61). https://1library.co/

Furcal, P., Robles, Z., & Salazar, R. (2023). Evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestal con Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*.). Tecnología en Marcha, 36(2), 20–31. https://doi.org/10.18845/tm.v36i2.5903

Gómez, K. A., & Gómez, A. A. (1984). Diseño y análisis estadístico de experimentos agrícolas. Segunda Edición, New York, 680 p. OEA https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2253909.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.

Infoagro. (2023). El cultivo de la palma africana. https://www.infoagro.com/

InfoAgro. (2012). Cultivo de palma africana. http://www.infoagro.com

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], (2023). Informe anual del Programa de Palma Africana. Repositorio INIAP. Informes anuales https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/

Lifeder. (2022). Método experimental: qué es, características, pasos, ejemplos, ventajas. https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/

Macías, L. (2013). Influencia socioeconómica del cultivo de palma africana en el cantón Quinindé. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador] Centro de Información Agraria. https://cia.uagraria.edu.ec/

Matos, I., Días, L., García, M., Oliveira, E., Silva, H., y Seabra, D., (2023). Producción de palma aceitera bajo fertilización con fósforo, potasio y magensio. *Revista Ceres,* 70(2), 112-113. https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/8100

Ministerio de Agricultura y Ganadería. [MAG]. (2024). Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes – Enero 2024. https://sipa.agricultura.gob.ec/

Moscoso, M., Moreno, M., Moscoso, N., & Armijos, R. (2022). *Metodología de la investigación científica y su aplicación en las ciencias agropecuarias.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Dirección de Publicaciones Científicas. https://dspace.espoch.edu.ec/community-list

Motato, A., & Barba, R. (1990). Manual de nutrición y fertilización de la palma africana (Manual No. 15). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], Estación Experimental Santo Domingo. https://repositorio.iniap.gob.ec/

Neill, D., & Cortez, L. (Coords.). (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Editorial UTMACH. https://www.utmachala.edu.ec

Ortiz, R y Fernández, O. Primera Edición (1994). *El cultivo de la palma aceitera*. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica

Ortiz, A. (2022). La pudrición del cogollo de la palma aceitera y su efecto en el desarrollo económico, social y ambiental del cantón Quinindé [Tesis de maestría, FLACSO Ecuador]. Repositorio FLACSO. https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/

Owen, E. (1992). *Fertilización de la palma africana (Elaeis guineensis Jacq.) en Colombia. Revista Palmas, 13(2),* 39–64. https://repositorio.fedepalma.org/

Palacios, J., Amén de Arteaga, B., & Chávez, F. (2023). Evaluación de varios niveles de Nitrógeno, fósforo, Potasio y Magnesio en la nutrición de la palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*). Quito: ANCUPA. https://repositorio.fedepalma.org/

Pérez, H., & Pérez, M. (2023). ¿La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) genera un impacto negativo sobre el suelo? Una revisión. Agronomía Mesoamericana, 34(1). https://doi.org/10.15517/

Prefectura de Esmeraldas. (GADPE). (2022). Estudio de Impacto Ambiental Hacienda Palmicultora La Tolita. [Archivo PDF]. https://www.prefecturadeesmeraldas.gob.ec/

QuickAgro. (2023). Manual técnico del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis Jacq*.). Edifarm Ecuador. https://quickagro.edifarm.com.ec/

Rivas, C. (2023). Fraccionamiento de la fertilización y su efecto en la dinámica del crecimiento de raíces de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*.) en la época lluviosa [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Uteq. https://repositorio.uteq.edu.ec/

Rodríguez, L. (2020). Estudio socioeconómico de los productores de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) de la zona agrícola de Milagro – Guayas [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador] Centro de Información Agraria. https://cia.uagraria.edu.ec/

Rodríguez, D., Cayón, D., & Restrepo, H. (2023). Ablation reduces androgyny and improves flowering and bunch production in *Elaeis guineensis*. Agronomía Colombiana, 41(3). https://revistas.unal.edu.co/

Ramos, C. (2020). *Los alcances de una investigación. Revista CienciAmérica, 9(3),* 1–3. https://dialnet.unirioja.es/

Villamizar, O., et al. (2023). Evaluación del uso de ácido naftalenacético (ANA) sobre la formación de racimos en cultivares *Elaeis guineensis*. Cenipalma. https://www.cenipalma.org/

Zambrano, E. (2023). Efectos de substratos solos o complementados con fertilizantes químicos sobre el crecimiento de plántulas de palma africana en vivero [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Manabí]. Repositorio Utm. https://repositorio.iniap.gob.ec/

ANEXOS

Figura 1.

Análisis de varianza en altura

Análisis de la varianza

Altura

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Altura	20	1,00	0,99	0,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	433,09	7	61,87	449,96	<0,0001
Tratamiento	421,04	3	140,35	1020,70	<0,0001
Bloque	12,05	4	3,01	21,91	<0,0001
Error	1,65	12	0,14		
Total	434,74	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69627

Error: 0,1375 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T4	231,50	5	0,17	A		
T3	226,40	5	0,17		B	
T2	223,00	5	0,17			C
T1	219,00	5	0,17			D

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

Elaborado por: El autor, 2026

Figura 2.

Análisis de diámetro del tronco

Diametro del tronco

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Diametro del tronco	20	0,76	0,61	5,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	101,72	7	14,53	5,31	0,0059
Tratamiento	97,43	3	32,48	11,87	0,0007
Bloque	4,29	4	1,07	0,39	0,8106
Error	32,83	12	2,74		
Total	134,55	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,10587

Error: 2,7360 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T4	34,00	5	0,74	A		
T3	31,94	5	0,74	A	B	
T2	30,22	5	0,74		B	C
T1	28,00	5	0,74			C

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

Elaborado por: El autor, 2026

Figura 3.

Análisis de número de hojas

Numero de Hojas

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Numero de Hojas	20	0,80	0,69	6,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	139,70	7	19,96	6,94	0,0019
Tratamiento	121,00	3	40,33	14,03	0,0003
Bloque	18,70	4	4,68	1,63	0,2312
Error	34,50	12	2,88		
Total	174,20	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,18379

Error: 2,8750 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T4	30,20	5	0,76	A	
T2	26,40	5	0,76		B
T3	25,00	5	0,76		B
T1	23,60	5	0,76		B

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

Elaborado por: El autor, 2026

Figura 4.

Análisis de rendimiento

	Mean	n	Std. Dev	
	8.498,5600	5	316,3521	T1
	8.496,0000	5	224,2320	T2
	8.505,0000	5	94,2072	T3
	12.980,9680	5	1.053,3178	T4
	9.305,8150	4	1.911,9751	B1
	9.346,9750	4	1.906,4013	B2
	9.392,3500	4	1.922,0841	B3
	9.994,3100	4	2.762,1686	B4
	10.061,2100	4	2.726,1153	B5
	9.620,1320	20	2.056,7798	Total

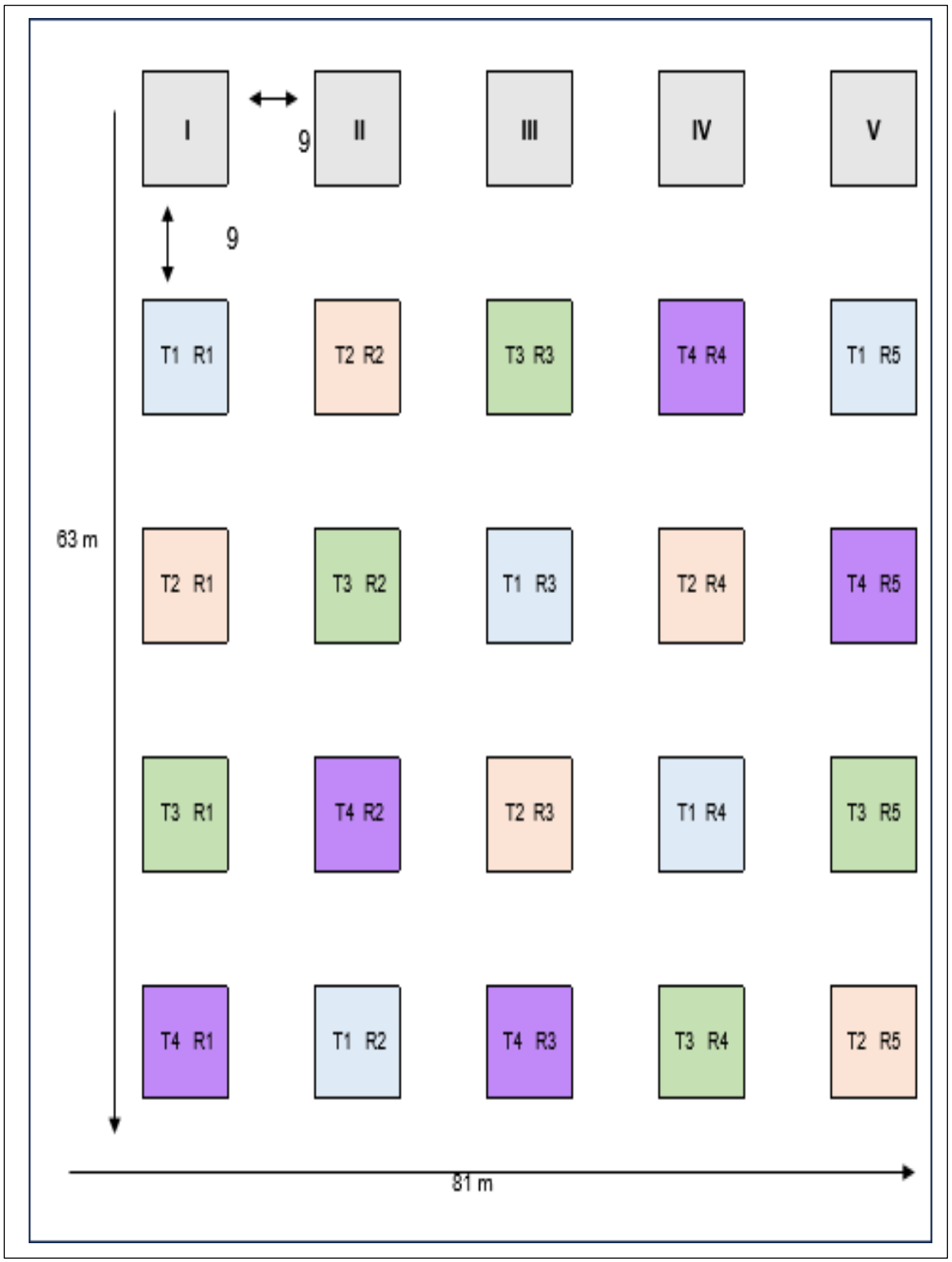
ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatments	75.301.672,505	3	25.100.557,5015	106,23	0,000000007
Blocks	2.239.414,162	4	559.853,5404	2,37	,1110
Error	2.835.434,458	12	236.286,2048		
Total	80.376.521,124	19			

Elaborado por: El autor, 2026

Figura 5.

Diseño experimental



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 6.

Vista satelital del predio



Fuente: Google Earth, (2026) **Elaborado por: El autor, 2026**

Figura 7.

Fosfato diamónico DAP



Fuente: Laboratorios La Colina, (2026) **Elaborado por: El autor, 2026**

Figura 8.

KCl en Agrizon



Fuente: Laboratorios Agrizon, (2026) **Elaborado por: El autor, 2026**

Figura 9.

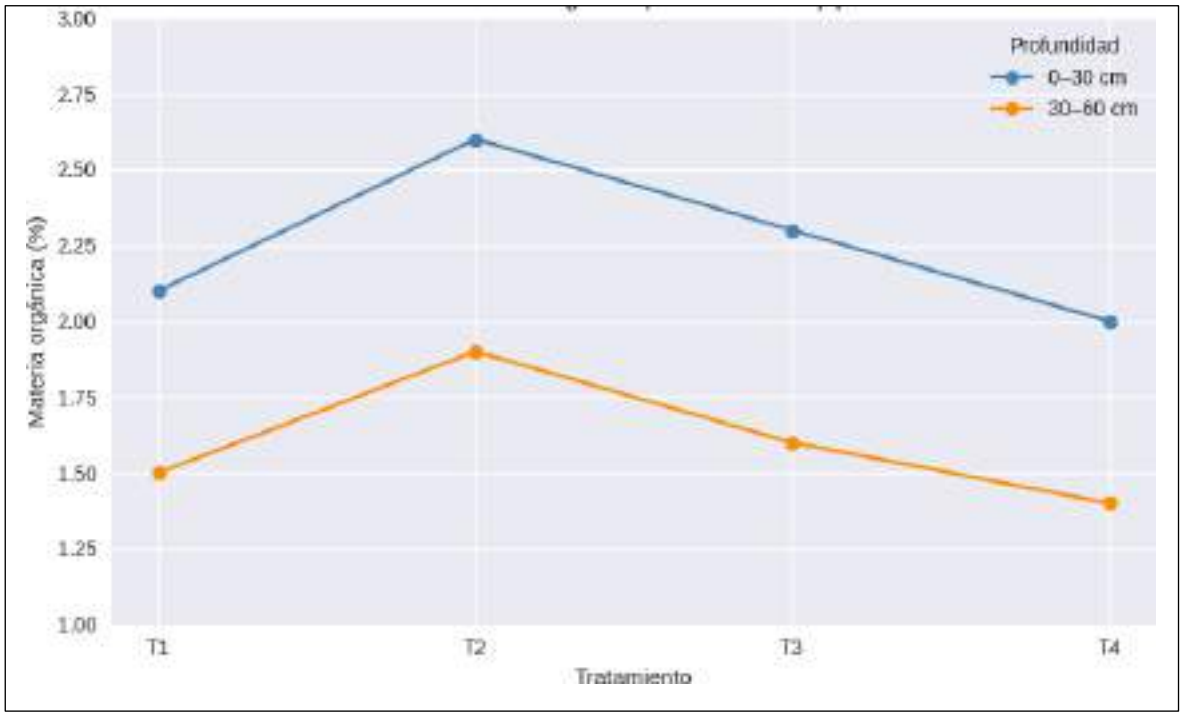
Textura del suelo por tratamiento y profundidad



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 10.

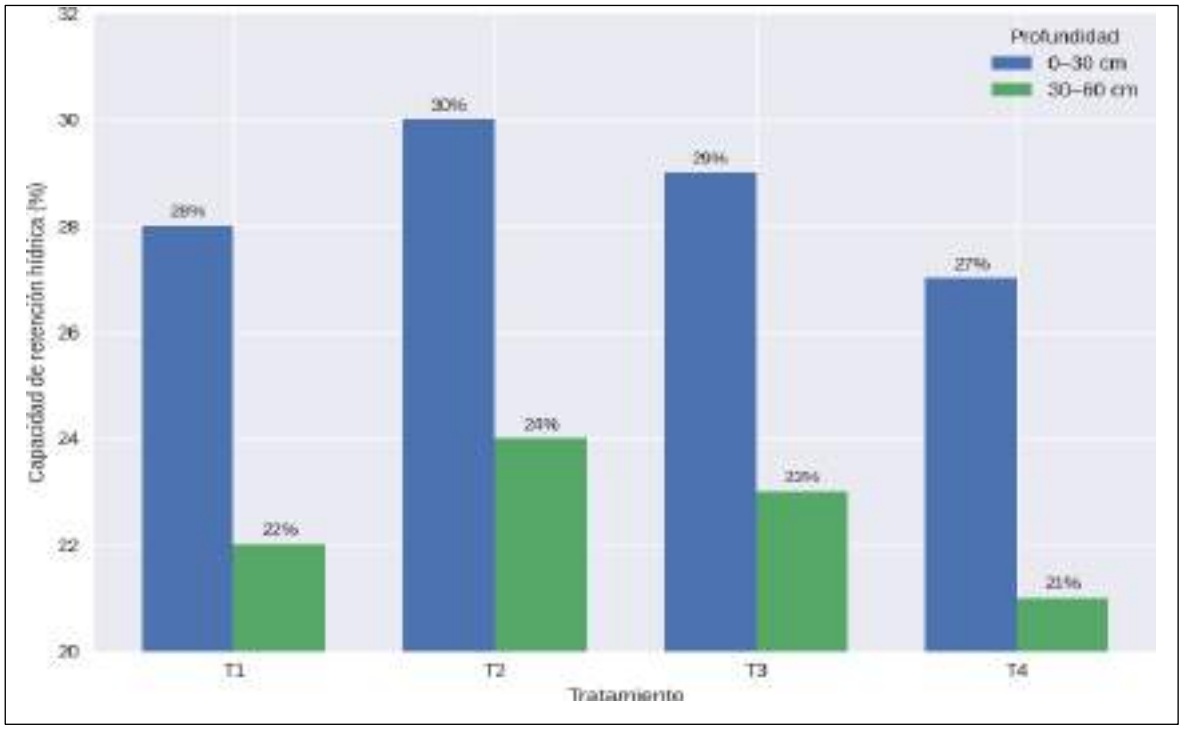
Materia orgánica por tratamiento



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 11.

Capacidad de retención hídrica por tratamiento



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 12.

Preparación del terreno



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 13.

Segmentación de las parcelas



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 14.

Toma de los datos iniciales



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 15.

Toma de medidas de la altura, tronco y epístife



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 16.
Peso de fruto



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 17.
Fertilización de DAP



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 18.
Fertilización de KCl



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 19.
Cosecha de tratamiento 4



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 20.

Entrega en la extractora



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 21.

Poda de la palma



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 22.

Cosecha de los frutos



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 23.

Supervisión de tutora



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 24.

Peso en báscula



Elaborado por: El autor, 2026

Figura 25.

Cosecha de frutos



Elaborado por: El autor, 2026