



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

**“Instauración de un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano,
en plantación perenne”**

AUTORA: Yomeli Xiomara Jama Aveiga

TUTOR: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

El Carmen, agosto del 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página II de 63

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Jama Aveiga Yomeli Xiomara**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Instauración de un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano, en plantación perenne”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 08 de agosto del 2025

Lo certifico,



Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**“Instauración de un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano,
en plantación perenne”.**

AUTORA: Yomeli Xiomara Jama Aveiga

TUTOR: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg

MIEMBRO: Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg.

MIEMBRO: Ing. González Dávila Ricardo Paúl, Mg.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Yomeli Xiomara Jama Aveiga con cédula de ciudadanía 235066793-3, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema **"Instauración de un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano, en plantación perenne"**, son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi, Extensión El Carmen.

Atentamente,



Jama Aveiga Yomeli Xiomara

El Carmen, 08 de agosto del 2025

DEDICATORIA

"No nací para seguir el camino trazado, sino para dejar huella donde no había sendero."
— **Frida Kahlo**

Dedico este trabajo a Dios, mi refugio eterno y fuente de sabiduría. En cada desafío me sostuvo con su misericordia, en cada silencio me habló con su paz, y en cada caída me levantó con su amor. A Él entrego este logro, porque sin su guía nada habría tenido sentido.

A ti, mi hija Yaretzi, mi más grande bendición, la luz que ilumina mis días y la voz que alimenta mi esperanza. Eres mi impulso, mi fuerza escondida y la razón que me recordó cada día que rendirse no era una opción. Este camino también es tuyo, porque en cada paso llevé tu nombre en mi corazón.

Yomeli Xiomara Jama Aveiga

AGRADECIMIENTO

*"No hay barrera, cerradura ni cerrojo que puedas imponer a la libertad de mi mente." -
Virginia Woolf*

Agradezco con todo mi corazón a Dios, fuente de vida, sabiduría y fortaleza. Él ha sido mi guía constante, quien sostuvo mi espíritu en los momentos de mayor incertidumbre. Su amor infinito me brindó paz en medio de la adversidad y renovó en mí la esperanza cada vez que sentí desfallecer. Este logro le pertenece, porque sin su gracia no habría sido posible.

A mi hija Yaretzi, la luz que da sentido a cada paso de mi camino. Gracias por tu sonrisa que disipa el cansancio, por tu ternura que fortalece mi alma y por recordarme con tu existencia que siempre vale la pena seguir. Este triunfo también es tuyo, mi amor, porque tú has sido mi mayor motivación.

A mis padres, Luis Jama y Bexi Aveiga por cada sacrificio silencioso por las palabras de aliento y por creer en mí, incluso cuando dudé. A mis hermanos, Tatiana, Anderson, Mabelin y Liwington compañeros de vida y aprendizajes, gracias por su apoyo y cariño.

A mis fieles compañeros de vida, Manchitas, Brissa, Solsito y Hadita por sus miradas curiosas, ronroneos y compañía incondicional durante largas horas de trabajo.

Con amor y profunda gratitud, dedico estas palabras a quienes creen en el poder de la fe, la entrega y el propósito.

Yomeli Xiomara Jama Aveiga

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema	2
Justificación	3
Objetivos.....	4
CAPÍTULO I.....	5
METODOLOGÍA	5
1.1 Localización de la unidad experimental.....	5
1.2 Caracterización meteorológica de la zona.....	6
1.3 Métodos.....	6
1.3.1 Método empírico	6
1.3.2 Método experimental.....	6
1.3.3 Diseño experimental.....	7
1.3.4 Análisis estadístico	7
1.3.5 Método bibliográfico	8
1.3.6 Método observacional	8
1.4 Fuentes de recopilación de la información.....	8
1.4.1 Fuentes primarias	8
1.4.2 Fuentes secundarias.....	9

1.5	Variables del estudio	9
1.5.1	Variable independiente.....	9
1.5.2	Variables dependientes.....	9
1.5.3	Descripción de los tratamientos	9
1.6	Instrumentos de investigación.....	10
1.6.1	Procedimiento experimental.....	10
1.6.2	Procedimiento experimental.....	10
1.7	Recursos humanos y materiales	11
1.7.1	Recursos humanos.....	11
1.7.2	Instrumentos y materiales utilizados	11
MARCO TEÓRICO.....		12
2.1	Origen y distribución del plátano	12
2.2	Taxonomía.....	12
2.3	Morfología general de la planta	13
2.3.1	Sistema radical	13
2.3.2	Cormo.....	13
2.3.3	Pseudotallo	14
2.3.4	Inflorescencia	14
2.3.5	La hoja.....	15
2.4	Fenología del plátano	15
2.4.1	Fase vegetativa (crecimiento).....	16
2.4.2	Fase reproductiva (floración)	16
2.4.3	Fase productiva (llenado o madurez del racimo)	16
2.4.4	Fase de sucesión (retoño de producción)	16
2.5	Fertilización en el cultivo de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	17
2.5.1	Estrategias de fertilización aplicadas al cultivo de plátano	17
2.6	Beneficios agronómicos de la fertilización axilar	18

2.7	Efectos de los Macronutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de plátano	18
2.8	Fertilizante foliar YaraTera Kristalon™ Special	19
INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....		21
CAPÍTULO III		23
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		23
3.1	Descripción del sistema.....	23
3.2	Diseño y selección de tecnologías a implementar.....	25
3.3	Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo	27
3.3.1	Medición de la eficiencia de absorción de nutrientes	28
3.3.2	Cálculo de la eficiencia fisiológica (EF) ¡Error! Marcador no definido.	
3.4	Plan de implementación	29
3.5	RESULTADOS.....	30
3.5.1	Análisis foliar de nutrientes en hojas de <i>Musa</i> AAB bajo diferentes niveles de riego	30
3.5.2	Eficiencia de absorción foliar (EAX).....	31
3.5.3	Eficiencia fisiológica (EF) ¡Error! Marcador no definido.	
CAPÍTULO IV.....		35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		XXXV
ANEXOS.....		XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características meteorológicas de la localidad.....	6
Tabla 2. Tratamiento de estudio	9
Tabla 3. Taxonomía de <i>M. paradisiaca</i>	12
Tabla 4. Desglose de gastos del ensayo de fertilización en plátano (2025)	24
Tabla 5. Cronograma y dosis de fertilización.....	27
Tabla 6. Secuencia de instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego del vivero (plántulas de pachaco)	29
Tabla 7. Análisis estadístico de la absorción foliar en tratamientos de fertilización en plátano (<i>Musa</i> spp.).....	31
Tabla 8. Cálculo de la eficiencia de absorción foliar (EA) por tratamiento y nutriente en plátano (2025)	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.....	5
Figura 2. A. Plantas de plátano con <i>R. similis</i> (izquierda) y sin el nematodo (derecha) al momento de floración. B. Detalle del sistema radical con <i>R. similis</i> (izquierda) y sin el nematodo (derecha)-C. Cortes transversales de raíces con <i>R. similis</i>	13
Figura 3. Corno de la planta de <i>Musa</i> AAB.....	14
Figura 4. Morfología y estructura interna del rizoma de la planta de plátano	14
Figura 5. Forma de las hojas del plátano.....	15
Figura 6. Descripción ciclo productivo del Plátano Barraganete.....	16
Figura 7. Croquis del sistema de fertilización.....	26
Figura 8. Eficiencia de absorción foliar (EA) de N y K en plátano (<i>Musa</i> AAB) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica).....	32
Figura 9. Eficiencia de absorción foliar (EA) de Mg, S Y P en plátano (<i>Musa</i> AAB) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica).....	33

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Acta de entrega – Recepción	XXXV
Anexo 2. Selección y marcación de plantas.....	XXXVII
Anexo 3. Preparación del fertilizante Kristalon.....	XXXVII
Anexo 4. Fertilizante en la bomba	XXXVII
Anexo 5. Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)	XXXVIII
Anexo 6. Aplicación del fertilizante (edáfico).....	XXXVIII
Anexo 7. <i>Análisis foliar de los tratamientos</i>	XXXVIII
Anexo 8. <i>Resultado de los Análisis foliar de los tratamientos</i>	XXXIX
Anexo 9. <i>Informe de similitud (Compilatio)</i>	XXXIX

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo describir el funcionamiento de un sistema de fertilización axilar y comparar su eficiencia nutrimental frente a la fertilización convencional en plantaciones perennes de plátano (*Musa* AAB). El ensayo se ejecutó en la comunidad San Ramón de Tigrillo, cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, con tres tratamientos: T0 (testigo sin fertilización), T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización convencional), con cinco repeticiones y 20 plantas por tratamiento. Se utilizó el fertilizante Kristalon™ (NPK soluble) a una concentración de 2,5 g/L, aplicando 1 L por planta con frecuencia interdiaria, durante diez aplicaciones consecutivas. Para evaluar la eficiencia de absorción foliar, se realizaron análisis tisulares determinando los contenidos de N, P, K, Ca, Mg y S. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba t de Student para muestras independientes, contrastando exclusivamente los tratamientos T1 (axilar) y T2 (convencional), a fin de determinar diferencias significativas en la asimilación de nutrientes. La fertilización axilar (T1) mostró mayores eficiencias de absorción (EA): Nitrógeno (0.50% vs 0.35% en T2), Potasio (0.18% vs 0.13%), Magnesio (0.06% vs 0.04%), Azufre (0.05% vs 0.03%) y Fósforo (0.04% vs 0.03%). El Calcio no respondió (T1: 0.04%, T2: -0.04%). Los análisis estadísticos confirmaron significancia ($p < 0.05$) para N, K, Mg, S y P en T1, respaldando su superioridad. La fertilización axilar (T1) optimiza significativamente la absorción de nutrientes móviles, demostrando ser una técnica superior a la aplicación convencional.

Palabras clave: fertilización axilar, análisis tisular, eficiencia agronómica, *Musa* AAB

ABSTRACT

The present study aimed to describe the functioning of an axillary fertilisation system and compare its nutrient efficiency with conventional fertilisation in perennial banana plantations (*Musa* AAB). The trial was conducted in the community of San Ramón de Tigrillo, El Carmen Canton, Manabí Province, Ecuador, with three treatments: T0 (control without fertilisation), T1 (axillary fertilisation), and T2 (conventional fertilisation), with five replications and 20 plants per treatment. Kristalon™ (soluble NPK fertiliser) was used at a concentration of 2.5 g/L, applying 1 L per plant every other day, for a total of ten applications. To evaluate foliar nutrient uptake efficiency, tissue analyses were performed to determine the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, and S. The data obtained were statistically analysed using the independent samples Student's t-test, comparing exclusively T1 (axillary) and T2 (conventional) treatments to identify significant differences in nutrient assimilation. Statistically significant differences ($p < 0.05$) were observed in the uptake levels of N, P, and K in favour of the axillary fertilisation treatment. Axillary fertilization (T1) showed higher absorption efficiencies (EA): Nitrogen (0.50% vs. 0.35% in T2), Potassium (0.18% vs. 0.13%), Magnesium (0.06% vs. 0.04%), Sulfur (0.05% vs. 0.03%), and Phosphorus (0.04% vs. 0.03%). Calcium did not respond (T1: 0.04%, T2: -0.04%). Statistical analyses confirmed significance ($p < 0.05$) for N, K, Mg, S, and P in T1, supporting its superiority. Axillary fertilization (T1) significantly optimizes nutrient absorption for mobile elements, proving to be a superior technique compared to conventional application.

Keywords: Axillary fertilisation, tissue analysis, agronomic efficiency, *Musa* AAB

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano (*Musa* AAB) representa una de las principales actividades agrícolas en Ecuador, tanto por su impacto económico como por su relevancia social (Cabrera et al., 2021). Con más de 144 981 ha dedicadas a su producción, el plátano constituye un eje fundamental en la generación de empleo rural y en la seguridad alimentaria nacional (Cedeño et al., 2023a).

Dentro de las principales zonas productoras del país, el denominado “triángulo platanero” conformado por las provincias de Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos concentra el mayor volumen de superficie cultivada, destacándose la variedad Barraganete como una de las más representativas para exportación (Kassi et al., 2021).

A pesar de la importancia estratégica de este cultivo, los rendimientos promedio siguen siendo limitados, alcanzando apenas las 5 a 7 t/ha, lo que pone en evidencia la necesidad de adoptar prácticas agronómicas más eficientes y sostenibles (López-Mejía et al., 2022). En este contexto, la fertilización mineral adquiere especial relevancia, ya que permite suplir las necesidades nutricionales de los cultivos de forma precisa y oportuna (Rodríguez, 2019).

Sin embargo, las técnicas convencionales de aplicación al suelo suelen presentar limitaciones, como la baja eficiencia de absorción y las pérdidas por lixiviación, especialmente en sistemas intensivos de producción ubicados en zonas de alta precipitación (Cedeño-Zambrano et al., 2022a). Ante esta problemática, la fertilización axilar se presenta como una alternativa innovadora y viable, al permitir una aplicación localizada directamente en el pseudotallo de la planta, optimizando la disponibilidad y la absorción de los nutrientes esenciales para el desarrollo vegetativo y reproductivo del plátano (Alvarado et al., 2021; Lira-Saldivar et al., 2018).

Esta técnica resulta particularmente útil en plantaciones perennes, donde se busca maximizar el rendimiento sin comprometer la sostenibilidad del sistema productivo (Vásconez-Montiel, 2025). La implementación de un equipo y accesorios adecuados para la fertilización axilar no solo incrementa la eficiencia del uso de fertilizantes, sino que también contribuye a la reducción de costos, mejora la respuesta fisiológica del cultivo y promueve una agricultura más tecnificada (Cedeño-Vera y Puerta-Napa, 2023).

Por tanto, establecer un protocolo para su correcta aplicación en campo resulta fundamental para impulsar el rendimiento del cultivo de plátano en el Ecuador, especialmente

en aquellas zonas con suelos degradados o donde las prácticas tradicionales ya no permiten alcanzar niveles óptimos de producción.

Planteamiento del problema

El cultivo de plátano (*Musa* AAB), considerado como una actividad agrícola perenne de alto valor socioeconómico en el Ecuador, enfrenta actualmente limitaciones importantes en su manejo nutricional (Lara-García et al., 2021). La fertilización convencional aplicada directamente al suelo continúa siendo la práctica más común en las plantaciones, sin embargo, su eficiencia resulta cuestionable debido a la pérdida significativa de nutrientes causada por fenómenos como la lixiviación y la volatilización (Rodríguez, 2019).

Esta situación no solo limita la absorción efectiva de minerales esenciales por parte de la planta, sino que también provoca desequilibrios nutricionales que afectan su crecimiento, sanidad y rendimiento (Sánchez-Urdaneta et al., 2022). Además, el uso intensivo y poco tecnificado de fertilizantes edáficos contribuye al deterioro progresivo de las propiedades físicas y químicas del suelo, reduce su fertilidad a largo plazo y contamina fuentes hídricas subterráneas, lo cual genera impactos ambientales de consideración (Ordóñez et al., 2021).

Como respuesta a estos desafíos, la fertilización foliar ha sido introducida como una estrategia complementaria, ofreciendo resultados positivos en la sanidad y la resistencia del cultivo frente a patógenos, especialmente en el control de enfermedades como la Sigatoka negra (Rodríguez, 2019). No obstante, su efectividad sigue siendo variable en términos de incremento de rendimiento, y su aplicación inapropiada puede acarrear también consecuencias ambientales adversas, especialmente cuando se combinan fertilizantes y plaguicidas (Ordóñez et al., 2021).

En consecuencia, se requiere con urgencia la implementación de métodos alternativos y más eficientes que garanticen una mejor absorción de nutrientes, reduzcan las pérdidas, y promuevan un uso racional de los recursos. Ante este contexto, la instauración de un sistema de fertilización axilar, mediante la incorporación de un equipo especializado y accesorios adecuados, representa una opción innovadora con alto potencial para optimizar la nutrición del cultivo de plátano en sistemas perennes

Pregunta de investigación

¿La instauración de un sistema de fertilización axilar, mediante la implementación de un equipo y accesorios adecuados, mejora la eficiencia en el uso de nutrientes y el rendimiento

del cultivo de plátano (*Musa* AAB) en plantaciones perennes, en comparación con las prácticas convencionales de fertilización edáfica?

Justificación

El cultivo de plátano (*Musa* AAB), especialmente la variedad Barraganete, constituye una de las principales actividades agrícolas del cantón El Carmen, provincia de Manabí, zona reconocida a nivel nacional por su volumen de producción y exportación (M. Guerrero, 2010). Este territorio, ubicado estratégicamente en el “triángulo platanero” del Ecuador, desempeña un papel determinante en la dinamización de la economía rural y en la consolidación de la agroexportación nacional (Alvarado et al., 2021b; Rodríguez, 2019).

Sin embargo, la productividad promedio de las plantaciones aún se encuentra por debajo de su potencial fisiológico, principalmente debido a prácticas de fertilización convencionales que presentan baja eficiencia en la absorción de nutrientes, generando pérdidas por lixiviación, deterioro de las propiedades del suelo y contaminación de fuentes hídricas (Vásconez-Montiel, 2025).

Además, desde una perspectiva ambiental, el uso ineficiente de fertilizantes no solo afecta al suelo y al agua, sino que también contribuye significativamente al cambio climático (Delgado, 2022). La producción, transporte y aplicación de fertilizantes nitrogenados genera emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂) y, en particular, el óxido nitroso (N₂O), el cual posee un potencial de calentamiento global casi 300 veces superior al del CO₂ (Cedeño-Zambrano et al., 2022a).

Estas emisiones agravan el calentamiento global, deterioran los ecosistemas locales y afectan la resiliencia de los sistemas agrícolas (FAO, 2015). Por lo tanto, reducir las pérdidas de nutrientes mediante tecnologías más eficientes, como la fertilización axilar, no solo mejora la productividad agrícola, sino que también mitiga el impacto ambiental del sistema productivo (Rodríguez, 2019).

Ante esta problemática, la fertilización axilar emerge como una alternativa agronómica eficaz, capaz de mejorar la disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes por parte de la planta, mediante una aplicación dirigida al pseudotallo (García, 2023). Este método permite una absorción más eficiente y rápida, optimiza el uso de fertilizantes y reduce el impacto ambiental asociado al uso excesivo de insumos minerales (Aristizábal et al., 2006).

Estudios desarrollados en cultivos de banano y plátano han evidenciado que la aplicación axilar de nutrientes incrementa el desarrollo vegetativo, mejora la calidad del racimo y reduce el intervalo entre cosechas, lo que repercute directamente en mayores rendimientos por hectárea (Quevedo Guerrero et al., 2019).

Implementar esta técnica en las plantaciones perennes de plátano barraganete en El Carmen podría representar un avance significativo hacia un modelo de producción más eficiente, rentable y sostenible. Además, proporcionaría a los productores una herramienta tecnificada para mejorar su competitividad frente a las exigencias del mercado internacional (García, 2024). Validar experimentalmente esta metodología en condiciones locales es fundamental para generar conocimiento técnico aplicado y facilitar su adopción a nivel regional, promoviendo una producción de plátano más resiliente, eficiente y amigable con el ambiente.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un sistema de fertilización axilar para mejorar el rendimiento y la eficiencia nutricional del cultivo de plátano (*Musa* AAB) en plantaciones perennes del cantón El Carmen.

Objetivos específicos

- Describir el funcionamiento del equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano, (*Musa* AAB) en plantación perenne.
- Comparar la eficiencia nutrimental de la fertilización axilar frente a la fertilización convencional aplicada al suelo, mediante análisis tisular.

Hipótesis general

La implementación del sistema de la fertilización axilar mejora la eficiencia nutrimental de la fertilización del cultivo de plátano (*Musa* AAB) en comparación con la fertilización edáfica convencional, en condiciones de campo abierto en el cantón El Carmen.

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

La investigación también incluyó la recolección de datos en la comunidad San Ramón de Tigrillo, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, específicamente en una plantación de cultivo perenne de plátano (*Musa* AAB), establecida a campo abierto. Este espacio fue seleccionado por su representatividad en las condiciones agroecológicas propias de esta zona productora de plátano en el Ecuador. La georreferenciación del sitio corresponde a las coordenadas 0°21'06.0"S y 79°33'58.3"W, permitiendo una localización precisa del área de evaluación.

Durante el experimento, se aplicaron dos modalidades de fertilización: edáfica (al suelo) y axilar (foliar localizada), ambas empleadas en plantas de plátano ya establecidas. En el caso de la fertilización axilar, la solución nutritiva fue depositada cuidadosamente en la axila de la tercera hoja funcional, zona caracterizada por su alta vascularización y actividad fisiológica, lo que favorece la absorción eficiente de nutrientes. Esta estrategia se implementó con el fin de evaluar su impacto en la asimilación de macronutrientes esenciales y en el rendimiento del cultivo bajo condiciones reales de campo. Además de las actividades de muestreo, se realizó la entrega de una bomba que quedó como dotación permanente para que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, la implemente dentro de sus espacios estudiantiles y productivos.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps (2025).

1.2 Caracterización meteorológica de la zona

A continuación, algunas características climáticas del cantón:

Tabla 1. *Características meteorológicas de la localidad*

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.3 Métodos

1.3.1 Método empírico

Se utilizó el método empírico para recolectar información a partir de la observación directa del desarrollo del cultivo perenne de plátano (*Musa* AAB) bajo diferentes formas de aplicación de fertilizantes. Esta aproximación permitió registrar datos visuales y cuantificables sobre la respuesta fisiológica y morfológica de las plantas en campo, facilitando la comprensión real del comportamiento del cultivo ante los diferentes métodos de fertilización (Hidalgo, 2005).

1.3.2 Método experimental

La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, que permitió evaluar el efecto de tres modalidades de fertilización: testigo (sin aplicación), aplicación axilar y aplicación foliar, sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de plátano (Arias & Covinos Gallardo, 2021). Las condiciones de manejo agronómico fueron homogéneas para todas las unidades experimentales, con el fin de garantizar que las diferencias observadas se debieran exclusivamente a los tratamientos aplicados (Arias, 2012). Este enfoque posibilitó una evaluación precisa de las respuestas agronómicas del cultivo, bajo condiciones reales de campo en una plantación perenne (Vargas et al., 2015).

Este enfoque permitió establecer relaciones causa-efecto, validar hipótesis y generar conclusiones con base en evidencias cuantificables. (Corona-Lisboa, 2016). Este método permitió establecer relaciones causales entre las condiciones ambientales modificadas y la respuesta fisiológica del cultivo (Arias & Covinos Gallardo, 2021).

1.3.3 Diseño experimental

La investigación se desarrolló con tres tratamientos correspondientes a los métodos de aplicación de fertilizantes: Testigo (sin aplicación), fertilización axilar y fertilización convencional directamente al suelo. Cada unidad experimental estuvo conformada por plantas de plátano (*Musa* AAB) con características agronómicas homogéneas, establecidas en condiciones de campo.

El experimento se llevó a cabo en la comunidad de Tigrillo, ubicada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, específicamente en una plantación perenne de plátano. El área experimental fue seleccionada por sus condiciones agroecológicas representativas de la zona productora de plátano.

El diseño garantizó una distribución aleatoria de los tratamientos, permitiendo realizar comparaciones válidas sobre el efecto de cada modalidad de fertilización. Se buscó mantener uniformidad en las condiciones de manejo agronómico, tales como riego, control fitosanitario y labores culturales, a fin de aislar el efecto exclusivo de los tratamientos sobre la absorción de nutrientes.

1.3.4 Análisis estadístico

La variable evaluada fue la eficiencia de absorción de nutrientes en hoja, determinada a través de análisis tisular. El objetivo del análisis fue establecer si existían diferencias significativas entre el tratamiento testigo, que corresponde al método que no conlleva aplicación, y cada una de las dos nuevas modalidades de aplicación: Fertilización axilar y fertilización convencional.

Para ello, se empleó la prueba t de Student para muestras independientes, realizando las comparaciones por pares:

- Testigo vs. fertilización axilar
- Testigo vs. fertilización convencional

Antes de aplicar las pruebas, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro–Wilk, y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. En caso de que no se cumplieran estos criterios, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U como alternativa.

Los resultados se reportaron como media $\pm$ desviación estándar, e incluyeron el valor de t, grados de libertad (gl), p-valor, intervalo de confianza al 95 %, y el tamaño del efecto (d de Cohen), para interpretar la magnitud de la diferencia observada entre tratamientos. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software InfoStat. Esta estrategia permitió evaluar con precisión el comportamiento de las nuevas modalidades de aplicación en comparación con el manejo convencional, con base en su efecto sobre la absorción foliar de nutrientes.

1.3.5 Método bibliográfico

Se empleó el método bibliográfico para fundamentar teóricamente la investigación, mediante la revisión y análisis crítico de literatura científica actualizada sobre técnicas de fertilización en *Musa paradisiaca*, eficiencia en el uso de nutrientes, sostenibilidad agrícola y experiencias previas en fertilización axilar (Hidalgo, 2005). La información recopilada proveniente de artículos científicos, tesis universitarias, documentos técnicos institucionales y revistas indexadas permitió contextualizar la problemática, justificar la propuesta metodológica y comparar los resultados obtenidos.

1.3.6 Método observacional

Se aplicó el método observacional para registrar de forma sistemática y continua los cambios morfológicos y productivos en las plantas de plátano durante el periodo experimental. La observación directa en campo permitió identificar respuestas fisiológicas como vigor de la planta, emisión foliar, uniformidad en el desarrollo y estado fitosanitario general (Arias, 2012). Esta información complementó los datos cuantitativos, proporcionando una visión integral del comportamiento del cultivo frente a la fertilización axilar, y permitiendo una interpretación más completa de los efectos agronómicos de los tratamientos.

1.4 Fuentes de recopilación de la información

1.4.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias estuvieron conformadas por los datos obtenidos directamente en el área experimental mediante la observación y registro de variables agronómicas en campo. Se recolectó información a partir de mediciones in situ relacionadas con el desarrollo morfológico y productivo de las plantas de plátano, como altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas funcionales, peso del racimo y número de manos. Estas mediciones se realizaron durante todo el ciclo experimental y constituyeron la base para el análisis estadístico comparativo entre los

tratamientos aplicados

1.4.2 Fuentes secundarias

Incluyeron literatura científica relacionada con el cultivo de pepino, estructuras protegidas, fisiología vegetal y eficiencia hídrica. La información se recopiló en bases de datos como Google Scholar, Scopus, SciELO y Redalyc, con el fin de respaldar el análisis teórico y metodológico del estudio.

1.5 Variables del estudio

1.5.1 Variable independiente

- Método de aplicación del fertilizante

1.5.2 Variables dependientes

- Eficiencia de absorción de nutrientes
- Eficiencia Agronómica (EA)

1.5.3 Descripción de los tratamientos

En el presente estudio se evaluaron tres tratamientos. El primero correspondió al testigo, en el cual no se aplicó ningún tipo de fertilizante, sirviendo como referencia para comparar la eficiencia de absorción de nutrientes. El segundo tratamiento, denominado T1 axilar, consistió en la aplicación del fertilizante en la axila de la planta, específicamente entre la base del pecíolo y el pseudotallo, con el objetivo de facilitar una absorción más directa y eficiente a través de los tejidos foliares.

Finalmente, el T2 convencional representó el método tradicional de fertilización utilizado por los agricultores, aplicado ya sea vía foliar o al suelo, siguiendo prácticas comunes en el manejo del cultivo de plátano en la región.

Tabla 2. *Tratamiento de estudio*

Tratamiento	Descripción del tratamiento
Testigo	Sin aplicación de fertilizante
T1 Axilar	Aplicación de fertilizante mediante técnica axilar
T2 Convencional	Aplicación de fertilizante por método convencional (foliar o al suelo)

1.6 Instrumentos de investigación

1.6.1 Procedimiento experimental

La aplicación de los fertilizantes se realizó conforme al protocolo establecido para cada tratamiento:

- **Testigo:** No recibió ninguna aplicación de fertilizantes, y se utilizó como parcela de control.
- **T1 (Fertilización axilar):** Se aplicó el fertilizante directamente en la axila foliar, entre el pseudotallo y la base del pecíolo, utilizando aplicadores dosificadores, en el momento fisiológico adecuado (fase de rápido crecimiento vegetativo).
- **T2 (Fertilización convencional):** Se aplicó el fertilizante mediante el método habitual del productor, ya sea de forma foliar o al suelo, de acuerdo con las dosis y frecuencias recomendadas para el cultivo.

La dosis de fertilizante utilizada en los tratamientos T1 y T2 fue equivalente, expresada en kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), para asegurar la comparación equitativa entre modalidades de aplicación.

1.6.2 Procedimiento experimental

El ensayo se ejecutó en la comunidad San Ramón de Tigrillo, cantón El Carmen, en una plantación establecida de *Musa paradisiaca* a campo abierto. La unidad experimental estuvo ubicada en la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen.

Se seleccionó un lote con plantas uniformes en edad y desarrollo, el cual fue delimitado de acuerdo con el diseño experimental planteado. Las parcelas se organizaron siguiendo un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales. Cada parcela estuvo conformada por 16 plantas, distribuidas con un espaciamiento de 2,5 metros entre plantas y 3 metros entre surcos.

Previo al inicio del ensayo, se ejecutó el deshierbe manual y la limpieza del área, manteniendo las condiciones naturales del cultivo sin remoción del suelo. Además, se establecieron caminos de acceso entre las parcelas para facilitar el manejo agronómico y la aplicación de los tratamientos.

1.7 Recursos humanos y materiales

1.7.1 Recursos humanos

El desarrollo del proyecto contó con la participación de los siguientes actores:

Director del proyecto de investigación curricular: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

Estudiante responsable y autora del proyecto: Jama Aveiga Yomeli Xiomara

Ambos colaboramos en la planificación, ejecución y evaluación del estudio, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados.

1.7.2 Instrumentos y materiales utilizados

- Tubo telescópico de carbono dosificadores (20 mL)
- Bomba de Fumigación
- Manómetro Mod
- Tubo Telescópico Carbón Mod
- Flexómetro (5 m)
- Cinta métrica flexible
- Calibrador Vernier
- Balanza digital (0–50 kg)
- Balanza de precisión (0,01 g)
- Registros de campo y planillas de datos
- Solución fertilizante NPK 10-30-10
- Recipientes para preparación de soluciones
- Etiquetas y estacas para identificación de tratamientos
- Guantes, botas, marcadores, cronograma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen y distribución del plátano

El plátano y el banano tienen su centro de origen en el sudeste de Asia, específicamente en regiones comprendidas entre India, Malasia e Indonesia, donde fueron domesticados a partir de especies silvestres (Carvajal-García et al., 2019). Se introdujeron al Mediterráneo alrededor del año 650 d.C., llegando posteriormente a las Islas Canarias en el siglo XV (Bautista-Montealegre et al., 2016). Desde ese punto, fueron trasladados al continente americano, específicamente en 1516, lo que marcó el inicio de su propagación en el trópico (Deaza et al., 2020).

El cultivo de plátano se ha consolidado como una fuente fundamental de alimentación y generación de ingresos en zonas tropicales de América Latina, África y el sudeste asiático. En América, variedades como el Barraganete (grupo AAB) se han adaptado ampliamente, formando parte esencial de los sistemas agrícolas perennes, particularmente en países como Ecuador, Colombia y República Dominicana, donde también poseen una importancia exportadora significativa (Carvajal-García et al., 2019; López & Montaña, 2015)

2.2 Taxonomía

La taxonomía del plátano presenta complejidades debido a su origen híbrido y su reproducción asexual (Guerrero, 2016). Diversos estudios han descrito al plátano como una planta del género *Musa*, perteneciente a la familia *Musaceae*, la cual incluye especies con diferentes niveles de ploidía y antecedentes genéticos (Prinsen, 2010). La especie *Musa paradisiaca* representa un híbrido entre *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B), lo que da origen a diferentes grupos genómicos (Guerrero, 2016).

Tabla 3. Taxonomía de *M. paradisiaca*

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Liliopsida (Monocotiledóneas)</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa paradisiaca</i>

Fuente: tomado de Prinsen (2010).

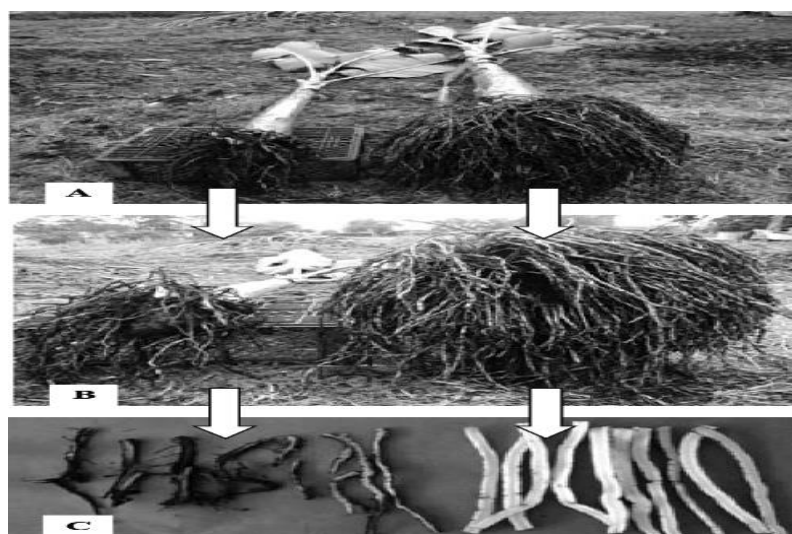
2.3 Morfología general de la planta

El plátano es una planta herbácea perenne de gran tamaño, cuyas estructuras vegetativas están adaptadas al crecimiento en ambientes tropicales húmedos. Se caracteriza por un sistema radical fasciculado, un cormo subterráneo, un pseudotallo conformado por vainas foliares superpuestas, hojas de gran superficie y una inflorescencia terminal que da origen al racimo (Price, 2011).

2.3.1 Sistema radical

Las raíces del plátano son adventicias, fibrosas y se desarrollan desde la base del cormo. En condiciones favorables, pueden alcanzar hasta 1.5 metros de profundidad y extenderse lateralmente más de 5 metros. Estas raíces tienen un papel esencial en la absorción de agua y nutrientes, así como en el anclaje de la planta (Turner et al., 2007).

Figura 2. A. Plantas de plátano con *R. similis* (izquierda) y sin el nematodo (derecha) al momento de floración. B. Detalle del sistema radical con *R. similis* (izquierda) y sin el nematodo (derecha)-C. Cortes transversales de raíces con *R. similis*



Fuente: tomada de Guzmán-Piedrahita et al. (2012).

2.3.2 Cormo

El cormo, conocido también como rizoma, es un tallo subterráneo engrosado que almacena reservas y contiene el meristemo apical. Su forma varía dependiendo del tipo de suelo, presentándose de forma cónica o cilíndrica. También actúa como órgano de propagación vegetativa a través de la emisión de brotes (Häkkinen, 2013).

2.3.3 Pseudotallo

El pseudotallo no es un tallo verdadero, sino una estructura formada por la superposición compacta de vainas foliares. Puede alcanzar alturas superiores a 5 metros y diámetros de hasta 40 cm. Su función es sostener las hojas y el racimo, además de participar en el almacenamiento de agua y carbohidratos (Soto Ballester, 2015).

Figura 3. *Cormo de la planta de Musa AAB*



Fuente: tomado de Marcelino et al. (2012)

2.3.4 Inflorescencia

La inflorescencia del plátano, también conocida como pizote, se origina en el extremo del eje floral, el cual emerge del centro del pseudotallo (Carvajal-García et al., 2019). Conforme la inflorescencia se desarrolla, las hojas dejan paso a estructuras modificadas denominadas brácteas, que protegen y recubren las flores (Smith et al., 2010). Estas brácteas se disponen de forma imbricada, generando una estructura apical de forma ovoide, pigmentada con tonos rojo violáceo debido a la presencia de antocianinas, y cubierta por una superficie cerosa; a esta estructura se la conoce comúnmente como chira o bellota (Marcelino et al., 2012).

Figura 4. *Morfología y estructura interna del rizoma de la planta de plátano*



Fuente: tomado de Marcelino et al. (2012).

Las flores que emergen en primer lugar son las femeninas, reconocidas por sus ovarios bien desarrollados y la presencia de estaminoides (Álvarez et al., 2020). Cada grupo de flores se agrupa en lo que se denomina una mano, y cada fruto individual en desarrollo recibe el nombre de dedo. A continuación de estas aparecen las flores masculinas, las cuales presentan ovarios rudimentarios que no desarrollan fruto, y por tanto, no generan dedos (InfoAgro, 2008).

2.3.5 La hoja

Durante su desarrollo, las hojas del plátano adoptan una forma ovada o elíptico-oblonga, con un ápice obtuso y frecuentemente asimétrica, es decir, con un lado de la lámina más largo que el otro (InfoAgro, 2008). La estructura de cada hoja se compone de tres partes: vaina, pecíolo y lámina foliar, elementos clave para la identificación de fases fenológicas (Días, 2012).

De acuerdo con investigaciones, para un adecuado desarrollo del racimo se recomienda que la planta conserve al menos ocho hojas funcionales durante su crecimiento. En el momento de la floración, el número ideal de hojas activas debe situarse entre 12 y 13, ya que estas cumplen funciones esenciales en la fotosíntesis y el llenado del fruto (Cedeño-García et al., 2020).

Figura 5. *Forma de las hojas del plátano*



Fuente: tomado de Marcelino et al. (2012).

La duración funcional de las hojas se ve influenciada por la nutrición mineral, especialmente por la disponibilidad de potasio (K) y magnesio (Mg), elementos que fortalecen la integridad y vida útil del tejido foliar (Cedeño-Zambrano et al., 2022a)

2.4 Fenología del plátano

La fenología del plátano comprende una serie de fases claramente diferenciadas, las cuales reflejan su desarrollo fisiológico desde la siembra hasta la renovación del ciclo productivo. Este proceso secuencial permite comprender la dinámica de crecimiento, floración,

maduración del racimo y sucesión del brote hijo, fundamentales en sistemas de cultivo perenne.

2.4.1 Fase vegetativa (crecimiento)

Corresponde al periodo comprendido entre la siembra del cormo y la emisión de la inflorescencia. Esta fase tiene una duración promedio de 6.5 a 7.5 meses, dependiendo de las condiciones agroecológicas y del manejo agronómico (InfoAgro, 2008).

2.4.2 Fase reproductiva (floración)

Inicia con la aparición de la inflorescencia y culmina con la exposición del último cojín floral que contiene las flores masculinas. Aunque su duración suele ser estable, puede extenderse cuando el cultivo se encuentra a mayores altitudes, usualmente entre 10 y 15 días (Smith et al., 2010).

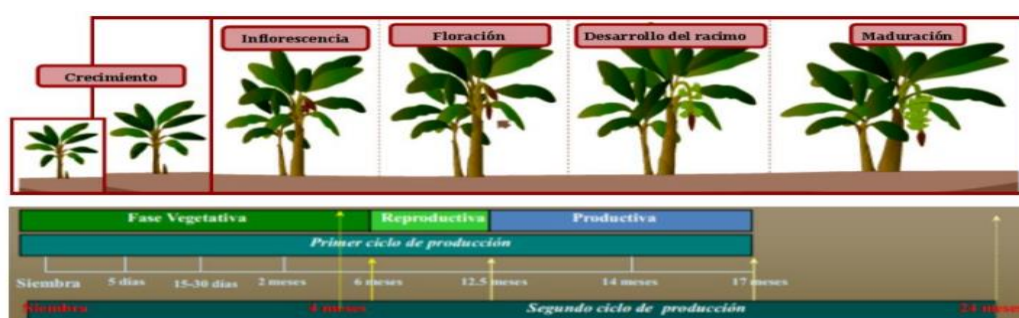
2.4.3 Fase productiva (llenado o madurez del racimo)

Se desarrolla desde la exposición del último cojín de flores masculinas hasta el momento de la cosecha del racimo (Deaza et al., 2020). Durante esta etapa se lleva a cabo el llenado de los frutos, el cual depende del estado nutricional y de la funcionalidad foliar de la planta (InfoAgro, 2008).

2.4.4 Fase de sucesión (retoño de producción)

Coincide con las últimas etapas fisiológicas de la planta madre. En esta fase, emerge el hijo primario, el cual entra en etapa reproductiva entre 2,5 y 3 meses después de la cosecha del primer ciclo, y alcanza su propia cosecha entre 5,5 y 6 meses más tarde (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013). Este proceso de renovación garantiza la continuidad del sistema de producción (Marcelino et al., 2012).

Figura 6. Descripción ciclo productivo del Plátano Barraganete



Fuente: tomado de Román-Posligua et al. (2017).

2.5 Fertilización en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)

El manejo nutricional representa uno de los factores determinantes para asegurar el rendimiento y la calidad del plátano en sistemas de cultivo perenne (Delgado et al., 2008). La especie *Musa paradisiaca*, por su alta demanda de nutrientes, requiere prácticas eficientes de fertilización que garanticen un desarrollo vegetativo vigoroso, una floración equilibrada y la formación de racimos de buen calibre (Cedeño-García et al., 2020). La aplicación adecuada de fertilizantes, tanto en cantidad como en método, permite conservar la fertilidad del suelo y sostener una producción constante en el tiempo (Villaseñor et al., 2020).

2.5.1 Estrategias de fertilización aplicadas al cultivo de plátano

En el cultivo del plátano se han adoptado distintas formas de fertilización, las cuales se clasifican según la vía de aplicación:

- **Fertilización edáfica**

Consiste en distribuir los fertilizantes directamente sobre el suelo, ya sea en forma sólida o líquida. Esta técnica es la más tradicional y busca reponer los nutrientes absorbidos por la planta. Su efectividad depende de la estructura del suelo, la humedad y la disponibilidad de materia orgánica (Cedeño-García et al., 2020). Sin embargo, en condiciones de alta lixiviación o suelos arenosos, puede presentar pérdidas significativas de nutrientes (Villaseñor et al., 2020).

- **Fertilización foliar**

Involucra la aplicación de nutrientes sobre la superficie de las hojas, permitiendo una absorción rápida a través de las estomas o la cutícula (Lira-Saldivar et al., 2018). Suele utilizarse como complemento de la fertilización al suelo, especialmente cuando se requiere suplir micronutrientes como zinc, boro o manganeso (Villaseñor et al., 2020). Resulta útil en momentos críticos del desarrollo, aunque su eficacia puede verse afectada por factores como la humedad ambiental y el estado fisiológico de las hojas (Cedeño-García et al., 2020).

- **Fertilización axilar**

Se basa en aplicar soluciones nutritivas en las axilas foliares, zonas de alta vascularización y actividad fisiológica es decir en la tercera axila de la tercera hoja funcional. Esta técnica, menos convencional, optimiza la absorción de nutrientes esenciales,

especialmente en fases reproductivas (Cedeño-García et al., 2020). Representa una alternativa eficiente para reducir pérdidas por lavado o volatilización, incrementando el aprovechamiento del fertilizante aplicado (Lira-Saldivar et al., 2018).

2.6 Beneficios agronómicos de la fertilización axilar

La aplicación axilar de fertilizantes en el cultivo de plátano representa una opción tecnificada que incrementa la eficiencia en el uso de insumos. Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Alta eficiencia de absorción: Las axilas foliares permiten una asimilación rápida de los nutrientes, lo que favorece respuestas fisiológicas inmediatas en la planta (Soto-Sogamoso et al., 2022).
- Menores pérdidas por factores ambientales: Al evitar el contacto directo con el suelo, se reduce el riesgo de lixiviación por lluvias o de volatilización en condiciones secas (Soto-Sogamoso et al., 2022).
- Reducción en el uso de fertilizante: Se logra un uso más racional del insumo, lo que se traduce en un menor costo por hectárea sin comprometer la productividad (Ramos Agüero et al., 2016; Sepúlveda et al., 2017).
- Mejora del estado nutricional en condiciones de estrés: En suelos degradados o con limitaciones, la vía axilar garantiza la continuidad del suministro de nutrientes esenciales.
- Posibilidad de integrar elementos protectores: La aplicación localizada puede complementarse con calcio, silicio o micronutrientes que refuerzan la resistencia del cultivo a enfermedades como la Sigatoka negra (Soto-Sogamoso et al., 2022).

2.7 Efectos de los Macronutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de plátano

El **nitrógeno (N)** promueve el desarrollo vegetativo y participa en la formación de frutos. Su aplicación se recomienda en tres momentos clave: el 30 % de la dosis total cuando la planta emite la primera hoja (entre los 15 y 30 días después de la siembra), el 50 % al alcanzar las 10 hojas (alrededor de 2,5 meses tras la primera aplicación) y el 20 % restante cuando se observan 20 hojas, aproximadamente cuatro meses y medio después del trasplante (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013). Esta estrategia se aplica tanto en la etapa de establecimiento como en el mantenimiento del cultivo. La deficiencia de nitrógeno causa

clorosis en las hojas superiores, deformación foliar y escaso vigor (Soto-Sogamoso et al., 2022).

El **fósforo (P)** favorece el desarrollo radicular en las etapas iniciales y contribuye al proceso de floración. Su aplicación total debe realizarse durante las dos primeras fases del ciclo productivo, preferentemente alrededor de la planta madre, dada su baja movilidad y alta residualidad en el suelo (Cedeño et al., 2023a). La deficiencia de fósforo se manifiesta por un sistema radicular subdesarrollado, hojas verdes oscuro con bordes cloróticos y presencia de necrosis (Cedeño et al., 2023b)

El **potasio (K)** incide directamente en la calidad del fruto y aumenta la tolerancia al frío y a la sequía. Al igual que el nitrógeno, se sugiere distribuir su aplicación en tres fracciones: 30 % al inicio del desarrollo foliar, 50 % al alcanzar las 10 hojas y el 20 % final cuando la planta desarrolla 20 hojas (Ramos Agüero et al., 2016). Su deficiencia ocasiona necrosis en los ápices foliares y clorosis en la base de las hojas, mientras que su exceso puede debilitar los tejidos vegetales, provocando la ruptura del raquis y la caída del racimo (Sepúlveda et al., 2017).

Además de los macronutrientes primarios, elementos secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como micronutrientes como hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo), resultan esenciales para un adecuado equilibrio nutricional (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013). La interacción entre estos nutrientes genera efectos sinérgicos o antagonistas que influyen en la absorción y disponibilidad de los mismos (Cedeño et al., 2023b).

2.8 Fertilizante foliar YaraTera Kristalon™ Special

La nutrición vegetal es un factor determinante en el desarrollo fisiológico y productivo de los cultivos. En este contexto, los fertilizantes solubles se presentan como herramientas altamente eficientes al permitir una absorción directa y rápida de nutrientes esenciales. El fertilizante YaraTera Kristalon™ Special es un producto formulado para aplicaciones foliares, diseñado con una composición balanceada que incluye macronutrientes y micronutrientes clave para el desarrollo vegetal (YaraTera, 2025).

Este fertilizante presenta una composición química garantizada de 18% de nitrógeno (N), 18% de fósforo (P_2O_5) y 18% de potasio (K_2O), lo cual lo clasifica como un fertilizante NPK equilibrado. Además, incluye elementos secundarios como magnesio (MgO , 3%) y azufre (S, 2%), así como micronutrientes esenciales en concentraciones específicas: boro (0,03%),

cobre (0,05%), hierro (0,07%), manganeso (0,04%), molibdeno (0,004%) y zinc (0,025%) (YaraTera, 2025).

Una de las ventajas agronómicas de este fertilizante radica en su alta solubilidad en agua, lo que permite una absorción eficiente por parte de las plantas cuando se aplica vía foliar. Asimismo, los micronutrientes presentes están quelatados con agentes como EDTA y DTPA, lo cual mejora su disponibilidad y estabilidad en la solución nutritiva. Según Yara (2025), el producto está exento de componentes fitotóxicos o insolubles, lo que garantiza su seguridad en la aplicación (YaraTera, 2025).

Desde el punto de vista práctico, se recomienda su aplicación durante las primeras horas de la mañana o al final de la tarde, en condiciones de humedad relativa moderada, con plantas en estado de turgencia óptima. La dosis sugerida es de 1 a 3 kilogramos disueltos en 200 litros de agua, lo cual permite una adecuada cobertura foliar. Además, su uso ha sido validado en diversos cultivos como arroz, maíz, tomate, pimiento, cacao, cítricos, brócoli y frutales tropicales (YaraTera, 2025).

El uso de fertilizantes como el Kristalon™ Special contribuye significativamente al aumento de la eficiencia fisiológica y agronómica de los cultivos, permitiendo un manejo más sostenible y preciso de la nutrición vegetal. Esto lo convierte en una herramienta relevante dentro de estrategias de agricultura tecnificada y producción intensiva con alto rendimiento (YaraTera, 2025).

ANTECEDENTES

INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En Los Ángeles, provincia de Los Ríos, Ulloa-Cortazar et al., (2017).evaluaron la densidad óptima de siembra para el plátano Barraganete. El estudio utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos de distanciamiento. Los resultados indicaron que densidades entre 2.150 y 2.500 plantas/ha fueron las más productivas, permitiendo un mejor aprovechamiento del área cultivable sin comprometer el desarrollo del cultivo.

Por su parte, Cedeño-García et al. (2020) desarrollaron un ensayo en Carrizal, Ecuador, donde analizaron el efecto de la densidad de siembra y el riego suplementario sobre el rendimiento del plátano. Se emplearon cuatro densidades (1.500 a 3.000 plantas/ha). El estudio concluyó que, si bien el peso individual del racimo disminuyó con mayor densidad, el rendimiento total por hectárea aumentó, lo que evidenció una mejor eficiencia productiva. También se observó una mayor eficiencia agronómica del fertilizante NPK en condiciones de riego suplementario.

En El Carmen, Manabí, Cedeño-Zambrano et al. (2022), evaluaron seis dosis de óxido de magnesio (MgO) en un ensayo bajo condiciones de campo, con una densidad de 2.222 plantas/ha. Los resultados mostraron que la dosis de 25 kg/ha generó los mayores rendimientos y una mayor eficiencia agronómica, aunque no se detectaron efectos significativos sobre las variables reproductivas.

Finalmente, Vivas-Cedeño et al. (2023), realizaron un estudio en el sector Sumita-Pita, también en El Carmen, aplicando dosis de MgO de 0 a 60 kg/ha en un cultivo establecido con 1.700 plantas/ha. Se registraron mejoras significativas en la altura de planta, número de hojas funcionales, número de dedos por racimo y calibre del fruto con las dosis de 40 y 60 kg/ha. No obstante, la dosis de 20 kg/ha destacó por su alta eficiencia nutricional, logrando 595 kg de fruta por kg de Mg aplicado.

Marin (2023), evaluó la eficacia agronómica de diferentes métodos de fertilización en plantas de plátano, considerando su relevancia como quinto cultivo agrícola más importante en Colombia y su papel estratégico en la seguridad alimentaria nacional. El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y dos repeticiones, utilizando seis plantas por tratamiento. Se compararon métodos de fertilización edáfica

tradicional, fertirriego y aplicaciones directas al pseudotallo y a la axila foliar, tanto en sustrato inerte como en suelo. Las variables analizadas incluyeron parámetros de crecimiento (altura, perímetro del pseudotallo, área foliar, número de hojas), así como indicadores productivos como el peso del racimo, número y peso de dedos, y proporción de manos de primera y segunda calidad. Los resultados evidenciaron que la fertilización edáfica (T0) y el fertirriego (T1) promovieron el mejor desempeño agronómico, mientras que las aplicaciones axilares (T3 y T5) y al pseudotallo (T2 y T4) no generaron respuestas productivas significativas.

La investigación se desarrolló en la finca Galicea, ubicada en el cantón Valencia – La Unión, provincia de Los Ríos, a 120 msnm, con coordenadas geográficas 79°28' de longitud oeste y 1°06' de latitud sur. El objetivo general fue evaluar el efecto de tres bioestimulantes aplicados mediante inyección, drench al pie de planta y aplicación foliar, para potenciar el rendimiento del cultivo de banano (*Musa* sp. AAA) en condiciones de campo. Los objetivos específicos consistieron en: a) determinar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y productividad del banano, b) identificar el tratamiento más eficiente en la producción de fruta exportable, y c) realizar un análisis económico del costo de los tratamientos en función del nivel de rendimiento. Se formularon las hipótesis de que: a) la aplicación de bioestimulantes incrementa la productividad de la plantación, y b) al menos uno de los tratamientos presenta mejores resultados desde el momento de su aplicación. Los tratamientos evaluados fueron: Cytokin Inyección, Cytokin Drench, Cytokin Foliar, Kelpax Inyección, Kelpax Drench, Kelpax Foliar, ADMF Inyección, ADMF Drench, ADMF Foliar y un testigo sin aplicación. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para determinar diferencias estadísticas. El tratamiento Cytokin Inyección presentó los mejores resultados en peso de raíz, altura de planta, diámetro del pseudotallo, emisión foliar, peso y rendimiento (kg/ha), superando a los demás tratamientos evaluados. La aplicación de bioestimulantes demostró mejorar los rendimientos productivos, destacándose Cytokin Inyección como la alternativa más efectiva, al generar los mayores ingresos económicos (Mendoza, 2015).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción del sistema

La aplicación de los fertilizantes se ejecutó conforme al protocolo experimental definido, garantizando una dosificación equitativa entre los tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización convencional), lo que permitió una comparación objetiva y precisa sobre el efecto del método de aplicación en la absorción de nutrientes y la eficiencia del cultivo.

Tratamiento T0 (Testigo): No recibió ningún tipo de fertilización durante el periodo experimental, cumpliendo la función de parcela de control. Este grupo permitió establecer una línea base para comparar el comportamiento fisiológico y nutricional del cultivo frente a las prácticas de fertilización evaluadas.

Tratamiento T1 (Fertilización axilar): Se empleó el fertilizante soluble Kristalon™ (formulación 18-18-18 + 3 MgO + micronutrientes), disuelto en una concentración de 2,5 gramos por litro de agua. La aplicación se realizó de forma localizada en la axila de la tercera hoja activa, entre el pseudotallo y el pecíolo, Tubo telescópico de carbono dosificadores. Cada planta recibió un litro de solución por aplicación. Se consideraron 20 plantas bajo este tratamiento, con una frecuencia de aplicación quincenal durante el periodo de mayor demanda fisiológica, completando 10 aplicaciones. En total, se utilizaron 200 litros de solución y 500 gramos de fertilizante para el tratamiento T1.

Tratamiento T2 (Fertilización convencional): Este grupo recibió el mismo fertilizante (Kristalon™) en igual concentración (2,5 g/L), aplicado mediante el método tradicional del productor, ya sea de forma foliar o al suelo, según las prácticas agronómicas comunes. La aplicación se realizó también en 20 plantas, a razón de 1 litro por planta, con una frecuencia de pasando dos días, totalizando 10 aplicaciones. En consecuencia, se utilizaron 200 litros de solución y 500 gramos de fertilizante en este tratamiento.

El sistema de aplicación operó con una presión de 4 bar (58 psi), logrando la distribución de 1 litro de solución en un tiempo de 2 minutos con 8 segundos (02:08.59) por planta, lo que garantizó una penetración eficiente sin escurrimientos ni pérdida de fertilizante.

Las fechas de aplicación se programaron entre el 26 de junio y el 15 de julio de 2025,

coincidiendo con la fase fenológica de mayor actividad vegetativa. Esta planificación estratégica y la estandarización en dosis y condiciones de aplicación permitieron evaluar de manera rigurosa la eficiencia agronómica, fisiológica y de absorción de nutrientes entre los tratamientos.

Tabla 4. *Desglose de gastos del ensayo de fertilización en plátano (2025)*

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Fertilizante	YaraTera Kristalon™ Special (1 kg)	1 bolsa	8,00	8,00
Equipo de aplicación	Bomba de fumigar manual 20 L (MOD 435)	1	115,00	115,00
	Manómetro (MOD 425/435/432)	1	31,08	31,08
	Tubo telescópico de carbono (MOD 425/435)	1	63,56	63,56
Análisis foliar	Análisis químico y físico de tejidos vegetales (N, P, K, Ca, Mg) realizado por INIAP	9	15,63	140,67
Subtotal sin impuestos				358,31
IVA 15 % (aplicado solo a ítems con tarifa impositiva)				14,20
Total general				372,51

El desarrollo del ensayo experimental sobre la eficiencia de diferentes métodos de fertilización en plátano implicó una inversión total de USD 372,51, distribuidos en la adquisición de insumos, servicios analíticos y equipos necesarios para la aplicación precisa y controlada de los tratamientos.

El mayor componente del gasto correspondió a la adquisición de una bomba de fumigar manual de 20 litros (MOD 435), cuyo costo fue de USD 115,00, representando aproximadamente el 41,3 % del total invertido. Este equipo fue indispensable para la aplicación uniforme del fertilizante líquido en los tratamientos axilar y convencional, garantizando homogeneidad en el manejo experimental.

El segundo rubro significativo fue el tubo telescópico de carbono, con un valor de USD 63,56, equivalente al 22,8 % del total, seguido por el manómetro (USD 31,08), utilizado para controlar la presión de salida y asegurar una aplicación adecuada del fertilizante. Ambos

accesorios complementaron técnicamente el sistema de aplicación, permitiendo una operación más eficiente y ergonómica durante el trabajo de campo.

En cuanto a los insumos, se utilizó una bolsa de fertilizante YaraTera Kristalon™ Special (1 kg), con un costo estimado de USD 8,00. Aunque su valor representa un porcentaje bajo del total (2,9 %), su importancia es alta dentro del experimento, ya que fue el insumo aplicado en ambos tratamientos (T1 y T2), formulado con nutrientes solubles en agua (NPK) que garantizan una alta biodisponibilidad.

Adicionalmente, se contrató el servicio de análisis químico y físico de tejido foliar (N, P, K, Ca, Mg), realizado en el INIAP, con un valor total de USD 140,67, lo que representa aproximadamente el 37,2 % del subtotal sin impuestos. Este análisis fue esencial para evaluar cuantitativamente la eficiencia de absorción de nutrientes en cada tratamiento.

El IVA aplicado (USD 14,20) corresponde únicamente a los productos con tarifa impositiva del 15 %, sumándose al subtotal sin impuestos (USD 358,31) para alcanzar el total general de USD 372,51.

En términos generales, se concluye que la mayor parte de la inversión se orientó a equipamiento durable y servicios técnicos especializados, lo que resulta beneficioso para futuras investigaciones, prácticas estudiantiles o transferencia tecnológica a productores. Por tanto, aunque la inversión inicial puede parecer elevada, su utilidad se prolonga más allá del presente experimento.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

Para el desarrollo del presente ensayo, se diseñó un sistema de fertilización adaptado a las condiciones agronómicas del cultivo de plátano (*Musa* AAB), con el objetivo de evaluar la eficiencia de diferentes métodos de aplicación de nutrientes. El diseño tecnológico se fundamentó en la simplicidad operativa, bajo costo y efectividad en la absorción foliar de fertilizantes solubles.

La principal innovación consistió en la implementación del método de fertilización axilar, que aprovechó la arquitectura de la planta para facilitar la absorción directa de nutrientes a través de la base del pecíolo, zona fisiológicamente activa. Para ello, se seleccionó el fertilizante Kristalon™ Special (N P K Ca Mg S soluble), cuya alta solubilidad y balance nutricional permitieron una distribución homogénea en solución líquida. Se aplicó en

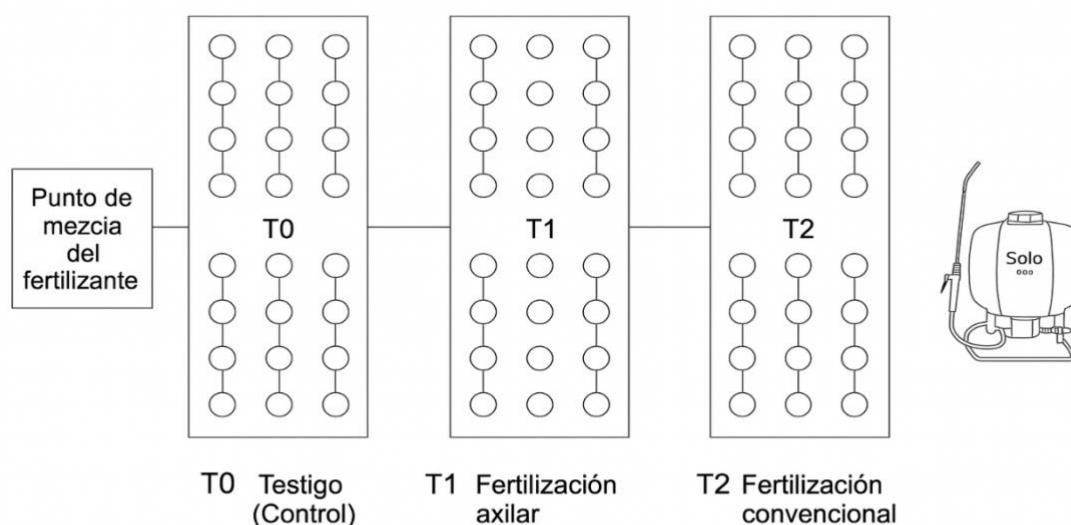
concentraciones controladas (2,5 g/L), a través de un equipo de bajo volumen.

El sistema de aplicación se conformó con tecnología de uso agrícola accesible: una bomba de fumigar manual de 20 litros (MOD 435), equipada con un manómetro de presión y un tubo telescópico de carbono, que permitieron mantener una presión de salida constante y dirigir el chorro de solución con precisión hacia la axila foliar. Esta tecnología fue seleccionada por su disponibilidad comercial, facilidad de manejo y adaptabilidad a distintas condiciones de campo.

En paralelo, se aplicó el mismo fertilizante por vía convencional (T2), mediante aspersión foliar o aplicación al suelo, simulando el manejo productivo habitual del agricultor. Esta modalidad se empleó como referencia comparativa, al igual que el tratamiento testigo (T0), en el cual no se aplicaron fertilizantes, para establecer el punto base de absorción y rendimiento del cultivo.

La selección de estas tecnologías responde a criterios de eficiencia fisiológica, replicabilidad en fincas campesinas, y posibilidad de incorporación en espacios de formación estudiantil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Además, el diseño tecnológico implementado permite su futura transferencia como paquete de innovación agroecológica adaptada a cultivos perennes.

Figura 7. *Croquis del sistema de fertilización*



3.3 Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo

La ubicación de las plantas, la distribución de los tratamientos y el punto de preparación de la solución nutritiva fueron organizados estratégicamente en el campo, permitiendo la trazabilidad de cada tratamiento y el cumplimiento riguroso del cronograma experimental.

La aplicación del fertilizante se realizó utilizando una bomba manual de fumigación marca SOLO, modelo 435, con capacidad de 20 litros, equipada con lanza de presión ajustable. Aunque originalmente diseñada para pulverización foliar, esta bomba fue adaptada para aplicaciones dirigidas, aprovechando su capacidad de generar una presión de salida estimada entre 2,5 y 4 bares. Esta presión resultó adecuada para impulsar la solución con precisión sin causar daño al tejido vegetal.

En el tratamiento T1 (fertilización axilar), se aplicó la solución directamente en la axila de la tercera hoja funcional, contada desde la hoja más joven hacia abajo. Esta zona fue seleccionada debido a su alta actividad fisiológica y su favorable capacidad de absorción, atribuida a una cutícula más delgada. La aplicación fue realizada a corta distancia con la lanza de la bomba, controlando el caudal para evitar escurrimientos y garantizar la deposición exacta del fertilizante entre el pseudotallo y la base del pecíolo. La dosis fue de 1 litro por planta, con un total de 10 aplicaciones quincenales.

En el tratamiento T2 (fertilización convencional), la solución fue aplicada siguiendo la práctica habitual del productor, mediante riego localizado al cuello de la planta o por vía foliar, manteniendo la misma dosis, frecuencia y número de aplicaciones.

Al concluir el ciclo de fertilización, se recolectaron muestras foliares de la hoja número 3 o 4 (madura y funcional) para el análisis de N, P, K, Ca, Mg y S, con el fin de evaluar la eficiencia de absorción de nutrientes atribuida a cada modalidad. Este plan permitió validar en condiciones reales de campo la efectividad técnica de cada estrategia de aplicación.

Tabla 5. *Cronograma y dosis de fertilización*

Fecha	26- jun	27- jun	28- jun	29- jun	30- jun	1- jul	2- jul	3- jul	4- jul	5- jul	6- jul	7- jul	8- jul	9- jul	10- jul	11- jul	12- jul	13- jul	14- jul	15- jul
Aplicación	F	D	D	F	D	F	D	D	F	D	D	D	F	D	D	F	D	D	F	D

Leyenda: F: Fertilización, D: Descanso

Dosis aplicada:

- Concentración: 2,5 g/L
- Plantas por tratamiento: 20
- Total de aplicaciones: 10
- Total de litros aplicados por tratamiento: 200 L
- Fertilizante utilizado por tratamiento: 500 g

3.3.1 Medición de la eficiencia de absorción de nutrientes

La eficiencia de absorción se evaluó a través del análisis foliar. Para ello: Se seleccionaron hojas fisiológicamente activas (hoja número 3 o 4 desde el ápice), libres de daños visibles y de plagas. Las muestras se recolectaron 45 días después de la aplicación del fertilizante. Se enviaron al laboratorio de análisis foliar del INIAP para determinar las concentraciones de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S). Se utilizó la siguiente fórmula establecida por Siddiqui y Glass en 1981 para calcular la eficiencia de absorción (EA):

$$EA = C_f - C_0$$

Donde:

C_f = Concentración del nutriente en la hoja bajo tratamiento (T1 o T2)

C_0 = Concentración del nutriente en la hoja del testigo

La eficiencia de absorción foliar (EA) del nutriente se calculó mediante la diferencia entre la concentración en el tejido de las plantas tratadas (C_f) y la de las plantas testigo (C_0), según la metodología establecida para la evaluación de la respuesta a fertilizantes (Fernández y Brown, 2013; del Castillo et al., 2010). Este principio de comparación con un control es fundamental en fisiología vegetal (Marschner, 2011). "Esta diferencia refleja el incremento en la absorción foliar atribuible al fertilizante.

3.4 Plan de implementación

Tabla 6. *Secuencia de instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego del vivero (plántulas de pachaco)*

Descripción del Funcionamiento	Acción realizada	Imagen
Selección y marcación de plantas	Se identificaron las plantas por tratamiento (20 por tratamiento) y se marcaron con cinta amarilla.	Ver Anexo 2
Preparación del fertilizante Kristalon	Se pesaron 2,5 g de Fertilizante NPK soluble 18-18-18'' y se disolvieron en 1 litro de agua por planta, en un recipiente limpio.	Ver Anexo 3
Verificación y armado del equipo de aplicación	Se inspeccionó la bomba manual de 20 L, conectando el tubo de succión, manguera y válvula de presión.	Ver anexo 4
Carga del fertilizante en la bomba	El fertilizante disuelto fue vertido en la bomba manual, cuidando de no contaminar la mezcla.	Ver anexo 4
Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)	Se aplicó el fertilizante en la axila de la tercera hoja abierta desde el centro de la planta.	Ver Anexo 5
Aplicación del fertilizante (tratamiento convencional)	Se aplicó el fertilizante diluido al suelo, cerca del pseudotallo, siguiendo el método del productor.	Ver anexo 6
Repetición del procedimiento	Se realizaron 10 aplicaciones en total, con frecuencia pasando dos días durante el periodo de estudio.	Ver Anexo 7
Toma de muestras foliares	Se recolectaron hojas fisiológicamente activas para análisis, conforme a las recomendaciones del INIAP.	Ver Anexo 7
Envío de muestras al laboratorio	Las hojas fueron empacadas adecuadamente y enviadas al laboratorio del INIAP para análisis foliar.	Ver Anexo 8

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Análisis foliar de nutrientes en hojas de *Musa* AAB bajo diferentes niveles de riego

Se realizó una comparación entre los tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización convencional) frente al testigo (T0) mediante la prueba t de Student, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en algunas variables nutricionales (Tabla 7).

En el caso del nitrógeno (N), tanto T1 como T2 mostraron incrementos estadísticamente significativos respecto al testigo, con valores p de 0,0179 y 0,0282 respectivamente, y diferencias de medias de 0,5 y 0,35. La absorción de fósforo (P) también fue significativamente mayor en el tratamiento T1 ($p = 0,0363$), mientras que T2 no presentó diferencias significativas ($p = 0,0742$) (Tabla 7). Respecto al potasio (K), se observaron incrementos altamente significativos tanto en T1 como en T2, con valores p de 0,0003 y 0,001 respectivamente. Las diferencias de medias alcanzaron 0,18 y 0,13, lo que sugiere una mejora sustancial en la absorción de este macronutriente cuando se aplica fertilización, especialmente por vía axilar (Tabla 7).

En cuanto al calcio (Ca), no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos frente al testigo ($p > 0,05$), lo cual indica una respuesta estable de este nutriente independientemente del método de fertilización. Por el contrario, el magnesio (Mg) sí mostró una mejora significativa en T1 ($p = 0,0241$), con una diferencia de 0,06 unidades porcentuales. En T2, el incremento fue menor (0,04) pero también significativo ($p = 0,0363$) (Tabla 7).

Para el azufre (S), se identificaron diferencias estadísticamente significativas en ambos tratamientos frente al testigo. El tratamiento axilar (T1) registró un valor p de 0,0194 y una diferencia de medias de 0,05, mientras que el tratamiento convencional (T2) presentó un valor p de 0,0179 con una diferencia de 0,03 (Tabla 7).

Estos resultados confirman que la fertilización influye positivamente en la absorción de nutrientes, siendo más eficiente el tratamiento T1 (aplicación axilar) en la mayoría de los elementos analizados. Las mayores diferencias significativas se registraron en los elementos móviles como N, K y S, lo que sugiere una mayor translocación y asimilación cuando el

fertilizante es aplicado directamente en tejidos fisiológicamente activos como la axila foliar (Tabla 7).

Tabla 7. *Análisis estadístico de la absorción foliar en tratamientos de fertilización en plátano (Musa spp.)*

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	Media (1)-Media (2)	pHomVar	T	p-valor
N (%)	Axilar	Testigo	3,6	3,1	0,5	0,4	3,87	0,0179
N (%)	Conv.	Testigo	3,45	3,1	0,35	0,6154	3,36	0,0282
P (%)	Axilar	Testigo	0,2	0,16	0,04	0,4	3,1	0,0363
P (%)	Conv.	Testigo	0,19	0,16	0,03	0,6154	2,4	0,0742
K (%)	Axilar	Testigo	3,29	3,12	0,18	0,72	12,12	0,0003
K (%)	Conv.	Testigo	3,24	3,12	0,13	0,72	8,66	0,001
Ca (%)	Axilar	Testigo	0,55	0,52	0,04	0,72	2,42	0,0724
Ca (%)	Conv.	Testigo	0,48	0,52	-0,04	0,72	-2,42	0,0724
Mg (%)	Axilar	Testigo	0,27	0,21	0,06	0,2759	3,54	0,0241
Mg (%)	Conv.	Testigo	0,25	0,21	0,04	0,4	3,1	0,0363
S (%)	Axilar	Testigo	0,26	0,22	0,05	0,1176	3,78	0,0194
S (%)	Conv.	Testigo	0,24	0,22	0,03	0,4	3,87	0,0179

Nota. T: Es el valor del estadístico de la prueba t de Student; p-valor (o p var): Es la probabilidad de que esa diferencia se deba al azar; pHomVar: Es el resultado de la prueba de homogeneidad de varianzas (como Levene).

Estos hallazgos coinciden con los reportados por Jing et al., (2012), quienes concluyen que la aplicación localizada de nutrientes mejora la eficiencia de absorción, al reducir pérdidas por lixiviación y facilitar la entrada directa a tejidos fisiológicamente activos.

Asimismo, la mayor eficiencia del tratamiento axilar podría atribuirse al microambiente creado en la zona de aplicación, que favorece la retención de la solución fertilizante y su absorción progresiva, tal como lo documentan Orozco, (2014) en cultivos tropicales de alta demanda nutricional. Esto sugiere que la vía axilar representa una alternativa viable para maximizar la eficiencia agronómica del fertilizante aplicado.

3.5.2 Eficiencia de absorción foliar (EA)

Tabla 8. *Cálculo de la eficiencia de absorción foliar (EA) por tratamiento y nutriente en plátano (2025)*

Nutriente	Axilar (T1)	Testigo (T0)	EA (T1)	Conve (T2)	Testigo (T0)	EA (T2)
N (%)	3,60	3,10	0,50	3,45	3,10	0,35
P (%)	0,20	0,16	0,04	0,19	0,16	0,03
K (%)	3,29	3,12	0,18	3,24	3,12	0,13
Ca (%)	0,55	0,52	0,04	0,48	0,52	-0,04
Mg (%)	0,27	0,21	0,06	0,25	0,21	0,04
S (%)	0,26	0,22	0,05	0,24	0,22	0,03

Nota: **CF** concentración del nutriente en hoja tratada (T1 o T2); **C₀**: concentración del nutriente en hoja testigo (T0); Un valor positivo indica mayor absorción atribuible al tratamiento aplicado; Un valor negativo (como en Ca con T2) sugiere que el tratamiento no mejoró la absorción frente al testigo.

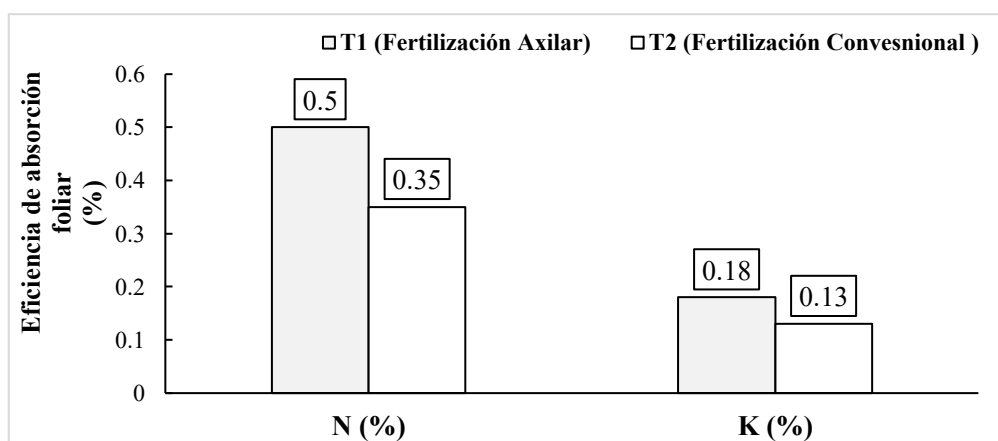
○ **Nitrógeno (N)**

El tratamiento axilar (T1) presentó una eficiencia de absorción foliar (EA) de 0,50 %, mientras que el tratamiento convencional (T2) alcanzó 0,35 %. Estos valores positivos reflejan una absorción superior en ambos tratamientos respecto al testigo (T0), con una ventaja marcada a favor de la aplicación axilar. Este resultado sugiere que el nitrógeno aplicado directamente en la axila de la hoja activa favorece su asimilación, probablemente debido a su cercanía con zonas de alta translocación (Figura 8).

○ **Potasio (K)**

Se observó una mayor eficiencia en T1 (0,18 %) frente a T2 (0,13 %), evidenciando nuevamente una mejor respuesta del tratamiento axilar. Ambos valores reflejan una absorción neta positiva, y considerando la alta movilidad del potasio en la planta, este resultado destaca la efectividad de ambos métodos, aunque el axilar resultó más favorable (Figura 8).

Figura 8. Eficiencia de absorción foliar (EA) de N y K en plátano (*Musa AAB*) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica)



○ **Calcio (Ca)**

En el tratamiento axilar se obtuvo una EA de 0,04 %, mientras que en el tratamiento convencional fue negativa (-0,04 %), lo que implica que en este último la concentración del calcio fue menor que en el testigo. Esto evidencia que la fertilización convencional no solo fue

ineficiente para este nutriente, sino que incluso podría haber limitado su absorción. En contraste, el método axilar mostró una leve mejora, lo cual es relevante dada la baja movilidad del calcio en el floema (Tabla 8).

○ **Magnesio (Mg)**

Tanto T1 como T2 mostraron eficiencias positivas: 0,06 % y 0,04 %, respectivamente. El magnesio respondió favorablemente a ambos tratamientos, con una ligera ventaja del axilar. Estos resultados coinciden con la alta solubilidad y movilidad del magnesio, lo que permite una mejor asimilación en condiciones de aplicación localizada (Figura 9).

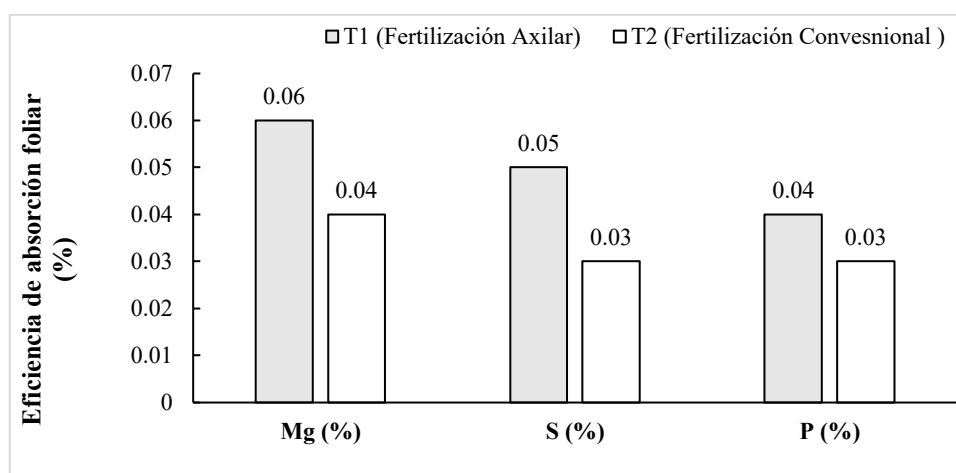
○ **Azufre (S)**

La eficiencia fue de 0,05 % en T1 y 0,03 % en T2. Si bien ambas estrategias incrementaron la absorción del azufre en comparación con el testigo, se reafirma que el tratamiento axilar propicia mejores condiciones para la absorción foliar de este nutriente, posiblemente por su solubilidad y demanda durante el crecimiento activo (Figura 9).

Fósforo (P)

La EA fue de 0,04 % en T1 y de 0,03 % en T2, indicando incrementos leves pero positivos en la absorción respecto al testigo. Aunque las diferencias fueron menores, ambos tratamientos mejoraron la disponibilidad del fósforo, siendo el tratamiento axilar ligeramente más eficiente. Este comportamiento puede deberse a la movilidad limitada del fósforo en el floema, que se ve parcialmente superada con aplicaciones localizadas (Figura 9).

Figura 9. Eficiencia de absorción foliar (EA) de Mg, S Y P en plátano (*Musa AAB*) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica)



Los resultados muestran que la fertilización axilar mejoró significativamente la absorción foliar de todos los nutrientes evaluados, especialmente de nitrógeno (0,50 %), potasio (0,18 %) y magnesio (0,06 %). Esta técnica aprovechó zonas fisiológicamente activas, como la axila foliar, donde se facilita la entrada de nutrientes por una cutícula más permeable (Nyombi et al., 2010). Además, estudios realizados en musáceas sugieren que la aplicación localizada favorece la translocación rápida de nutrientes móviles como N, K y Mg (Islam et al., 2023), lo que coincide con los hallazgos del presente estudio.

Aunque la fertilización convencional también promovió mejoras en la absorción foliar de algunos nutrientes, presentó deficiencias en la eficiencia de elementos como calcio, donde se evidenció un valor negativo (-0,04 %). Esto podría explicarse por la baja movilidad del calcio en el floema, la cual requiere una distribución dirigida a los puntos de crecimiento activo (Sanmartín-Galván et al., 2023). Resultados similares fueron reportados por Islam et al. (2023), quienes encontraron que métodos tradicionales no garantizan la asimilación efectiva de nutrientes inmóviles en plátano, lo que resalta la necesidad de adaptar estrategias según la dinámica de cada elemento (Sanmartín-Galván et al., 2023).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El sistema de fertilización axilar implementado en el cultivo perenne de plátano (*Musa* AAB), utilizando una bomba de presión manual adaptada con lanza dosificadora, demostró ser funcional, preciso y adaptable a condiciones de campo. La aplicación dirigida a la axila de la tercera hoja permitió una entrega localizada de nutrientes en tejidos con alta actividad fisiológica, optimizando la absorción foliar sin causar daño mecánico a la planta.

La fertilización axilar (T1) no solo incrementa cuantitativamente la absorción de nutrientes, sino que redefine la eficiencia en la nutrición vegetal. La superioridad de T1 en nutrientes móviles (N, K, Mg, S) confirma que la aplicación dirigida a zonas metabólicamente activas (axilas) aprovecha la alta densidad de estomas y la vascularización eficiente, facilitando la translocación inmediata hacia sitios de demanda. Esto sugiere que la eficacia de la fertilización depende críticamente de la sinergia entre la fisiología tisular y la forma de aplicación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda adoptar la técnica de fertilización axilar como una alternativa eficiente en sistemas de producción de plátano, especialmente en parcelas de mediana escala donde se busca mejorar el uso racional de fertilizantes sin incrementar la carga económica ni ambiental.

Para futuras aplicaciones a mayor escala, se sugiere evaluar la mecanización parcial del sistema de aplicación, con el objetivo de reducir el esfuerzo físico, aumentar la cobertura y mejorar la uniformidad en la entrega del fertilizante, garantizando así su sostenibilidad operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, P. M. S., Cossío, N. S., & Giler, M. A. B. (2021a). Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí. *ECA Sinergia*, 12(3), 155-174.
- Alvarado, P. M. S., Cossío, N. S., & Giler, M. A. B. (2021b). Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí. *ECA Sinergia*, 12(3), 155-174.
- Álvarez, E. L., León, S. A., Sánchez, M. L., & Cusme, B. L. C. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of business and entrepreneurial studie*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.78>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Fidia G.
- Arias, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Aristizábal L, M., Orozco, M., & Ostos A, M. (2006). Efectos del sistema de manejo de las Sigatocas y la frecuencia de fertilización sobre el crecimiento y producción del plátano Dominico hartón (*Musa Aab*). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 23(1-2), 74-93.
- Bautista-Montealegre, L. G., Bolaños-Benavides, M. M., Abaunza-González, C. A., ARGÜELLES-CÁRDENAS, J. H., & Forero-Camacho, C. A. (2016). Moko de platano y su relación con propiedades físicas y químicas en suelos del departamento de Quindío, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 273-283.
- Cabrera, A. R., Guerrero, J. N. Q., & Batista, R. M. G. (2021). Construcción de la curva de estado evolutivo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.) en banano orgánico. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), Article 2.
- Carvajal-García, M., Zuluaga-Arango, P., Ocampo-López, O. L., & Duque-Gómez, D. (2019). Las exportaciones de plátano como una estrategia de desarrollo rural en Colombia.

Apuntes del CENES, 38(68), 113-148.

- Cedeño García, G., Guzmán Cedeño, Á., Zambrano Lucero, H., Vera Macías, L., Valdivieso López, C., & López Álava, G. (2020). Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 483-492.
- Cedeño, J. S. V., Troya, E. T. T., & Dávila, P. R. G. (2023a). Fertilización con magnesio en la morfología, producción y eficiencia de nutriente del plátano barraganete. *RECIAMUC*, 7(3), 111-120.
- Cedeño, J. S. V., Troya, E. T. T., & Dávila, P. R. G. (2023b). Fertilización con magnesio en la morfología, producción y eficiencia de nutriente del plátano barraganete. *RECIAMUC*, 7(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(3\).sep.2023.111-120](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(3).sep.2023.111-120)
- Cedeño-García, G., Guzmán Cedeño, Á., Zambrano Lucero, H., Vera Macías, L., Valdivieso López, C., & López Álava, G. (2020). Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 483-492.
- Cedeño-Vera, J. L., & Puerta Napa, A. M. (2023). *Caracterización morfo-agronómica de 51 selecciones élites de plátano cv. Barraganete (Musa AAB Simmonds) en el valle del río Carrizal* [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2252>
- Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., Sánchez-Urdaneta, A. B., Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022a). Fertilización Con Magnesio En Plátano ‘Barraganete’ (*Musa Aab*) Ecuador.

LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 35(1), 8-19.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>

Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., Sánchez-Urdaneta, A. B., Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J., Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022b). FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN PLÁTANO ‘BARRAGANETE’ (*MUSA* AAB) ECUADOR. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 35(1), 8-19.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>

Corona-Lisboa, J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. *MediSur*, 14(1), 81-83.

Deaza, P. A. C., Velásquez, Y. K. P., & Rodríguez, O. E. (2020). El plátano y el banano origen e influencia desde 1520 en el territorio llamado Colombia. *Gastronomía*.

Del Castillo Sánchez, M. C., Ruiz Fernández, M. de la P., & Maldonado Peralta, M. de los Á. (2010). *Nutrición Mineral de Plantas Superiores: Manual de Ejercicios Experimentales*. Universidad Autónoma Chapingo.

Delgado, E., Gómez, N., González, O., & Marín, C. (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (*Musa* AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(4), 603-616.

Delgado, J. J. (2022). *Promotores de crecimiento radical en el cultivo de plátano (Musa aab cv.) ‘barraganete’ en fase de vivero*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5170>

Días, M. (2012). *Manual práctico del cultivo de Plátano* [Manual Práctico para el Cultivo Sustentable del Plátano].

<https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=15184#:~:text=El%20pl%C3%A1tano%20requiere%20temperaturas%20altas,llenado%20o%20engorde%20del%20racimo.&text=El%20pl%C3%A1tano%20requiere%20una%20precipitaci%C3%B3n%20de%2070%E2%80%9D%20al%20a%C3%B1o%20bien%20distribuidas.>

FAO. (2015). *Integrated backyard systems*. <https://www.fao.org/agriculture/animal-production-and-health/en/>

Fernández, V., & Brown, P. (2013). Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices. International Fertilizer Industry Association (IFA). Recuperado de https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2022/05/Foliar_Fertilization_2013.pdf

Furcal-Beriguete, P., & Barquero-Badilla, A. (2013). Respuesta del plátano a la fertilización con P, K y S durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 317-327.

García, A. (2023). *EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN CON NITROGENO EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS VEGETATIVAS DE PLATANO CURARE ENANO (Musa sp.) EN EL CASERIO CENTRO YURAC – AGUAYTÍA* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/7031/B4_2024_UNU_AGRONOMIA_2023_T_LUIS-GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, L. A. (2024). *Efecto de Diferentes Dosis de Fertilización con Nitrógeno en la Producción de Semillas Vegetativas de Plátano Curare Enano (Musa sp.) en el Caserío Centro Yurac—Aguaytía* [Tesis de Grado, Universidad de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7031>

Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

- Guerrero, M. (2010). Guía técnica del cultivo del plátano. *Programa MAG-CENTA-Frutales. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova), El Salvador.*
- Guerrero, Z. (2016). *Características morfológicas de cultivares de musáceas establecidos en la finca Experimental* [Tesis de Grado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Guzmán-Piedrahita, Ó. A., Castaño-Zapata, J., & Villegas-Estrada, B. (2012). Efectividad de la sanidad de cormos de plátano Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds), sobre nematodos fitoparásitos y rendimiento del cultivo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(138), 45-55.
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de, 20(1).*
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- InfoAgro. (2008). *El cultivo del plátano. 1ª parte.*
https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- Islam, M. S., Kasim, S., Amin, A. M., Alam, M. K., Khatun, M. F., Ahmed, S., Gaber, A., & Hossain, A. (2023). Foliar application of enriched banana pseudostem sap influences the nutrient uptake, yield, and quality of sweet corn grown in an acidic soil. *PloS one*, 18(8), e0285954.
- Jing, J., Zhang, F., Rengel, Z., & Shen, J. (2012). Localized fertilization with P plus N elicits an ammonium-dependent enhancement of maize root growth and nutrient uptake. *Field Crops Research*, 133, 176-185.
- Kassi, J.-M. F., N'Guessan, H. P., Tuo, S., Camara, B., & Koné, D. (2021). Fungitoxic

- Potentialities of NECO 50 EC in an Integrated Black Sigatoka Management Strategy in Industrial Dessert Banana Plantation. *European Journal of Biology and Biotechnology*, 2(4), 47-54.
- Lara-García, S., Vera-Aviles, D., Cabanilla-Lamulle, M., & González-Osorio, B. (2021). Desarrollo comunitario: Producción de Musácea en dos zonas de la costa ecuatoriana. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(Esp. 3), 340-354.
- Lira Saldivar, R. H., Méndez Argüello, B., Santos Villarreal, G. D. los, & Vera Reyes, I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria*, 28(2), 9-24.
- López, G. B., & Montaña, F. J. G. (2015). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Revista médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), 22-26.
- López-Mejía, F. X., Muñoz Flórez, J. E., Vivas Cedeño, J. S., Cedeño Zambrano, J. R., Tacuri Troya, E., & Cruzatty Loor, N. M. (2022). Caracterización de agrosistemas productores de plátano (*Musa* AAB) en los cantones Santo Domingo y El Carmen, Ecuador. *Idesia (Arica)*, 40(4), 45-52.
- Marcelino, L., González, V., & Ríos, D. (2012). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Departamento de Ediciones y Publicaciones. Panamá, 2010. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá*, 1-48.
- Marschner, H. (2011). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press
- Marin, V. (2023). *Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano dominico-harton (aab) (Musa paradisiaca) y su respuesta productiva* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abeirta a Distancia].
<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/56702>
- Mendoza, E. (2015). *Eficiencia de la aplicación de bioestimulantes por medio de inyección, al drench de la planta y nivel foliar en el cultivo de banano (Musa sp.) Valencia, Provincia de los Ríos*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal De Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ce135b13-141b-40c6-8009-099f84e31959/content>

- Nyombi, K., Van Asten, P. J., Corbeels, M., Taulya, G., Leffelaar, P. A., & Giller, K. E. (2010). Mineral fertilizer response and nutrient use efficiencies of East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EAHB, cv. Kisansa). *Field Crops Research*, 117(1), 38-50.
- Ordóñez, K. G. M., Guerrero, J. N. Q., & Batista, R. M. G. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (*Musa* × *paradisiaca* l) cultivar Williams en diferentes estados fenológicos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 130-140.
- Orozco, U. (2014). *Evaluación de la proliferación de yemas axilares en plantas Élite y Testigo de plátano Hartón enano (Musa AAB) procedentes de la finca El Pegón y Santa Ana Luis del Departamento de León en condiciones de cámara térmica, junio-diciembre 2013* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua Unan- León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4168/1/228238.pdf>
- Prinsen, P. (2010). *Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas* [Tesis Maestría, Universidad de Sevilla]. <https://digital.csic.es/handle/10261/66265>
- Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., Cabrera Rodríguez, A., Martín Alonso, G. M., & Fernández Chuaerey, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y Bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 165-174.
- Rodríguez, M. (2019). *Influencia de la altura de corte del pseudotallo y niveles de nitrógeno en la inducción de hijuelos de platano (Musa paradisiaca) CV. "bellaco plantano" en Tingo María* [Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva] [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1703/TS_MRP_2019.p

df?sequence=1&isAllowed=y

- Román-Posligua, V. A., Rojas-Rojas, J. A., & Ostaiza-Mendoza, K. J. (2017). Evaluación de cuatro tipos de trampas para el monitoreo de *Metamasius hemipterus* L.(Coleoptera: Curculionidae) en plátano barraganete. *Centro Agrícola*, 44(3), 91-93.
- Sánchez-Urdaneta, A. B., Zambrano, J. R. C., Chica, S. T. E., Vasquéz, L. E. A., Urdaneta, D. del C. S., & Batista, R. M. G. (2022). Emergencia y crecimiento inicial de hijos de plátano ‘Barraganete’(*Musa aab*), en el Carmen, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 59-64.
- Sanmartín-Galván, J., Cuenca-Moreno, A., Luna-Romero, Á., Jaramillo-Aguilar, E., & Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efecto nutricional foliar de silicio para el cultivo de banano (*Musa* spp.) en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 47-56.
- Sepúlveda, W. S., Ureta, I., Hernández, G. A., & Solorzano, G. K. (2017). Consumo de plátano en Ecuador: Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista Em Agronegocio e Meio Ambiente*, 10(4), 995-1014.
- Smith, E., Velásquez, M., Zúñiga, L., & Valerín, J. (2010). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y producción de plantas en primera generación de banano dátil (*Musa AA*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 77-83.
- Soto Sogamoso, J. E., Pinto Lopera, J. E., Millán Rojas, E. E., Soto Sogamoso, J. E., Pinto Lopera, J. E., & Millán Rojas, E. E. (2022). Micorrizas arbusculares y las técnicas de visión artificial para su identificación. *TecnoLógicas*, 25(54). <https://doi.org/10.22430/22565337.2348>
- Ulloa Cortazar, S. M., Wolf, E. D., & Armendáriz González, I. (2017). Effect of plant density on growth and yield in Barraganete plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB cv. Curare enano) for a single harvest cutting in Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Acta agronómica*, 66(3), 367-372.

- Vargas, M. G., Higueta, C. G., & Muñoz, D. A. J. (2015). El estado del arte: Una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423-442.
- Vásconez-Montiel, G. C. (2025). *Importancia del uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el rendimiento y calidad del fruto jackfruit (Artocarpus heterophyllus)*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17943>
- Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Huarquilla-Henriquez, W., González-Porras, C., & Garzón-Montealegre, J. (2020). Respuesta óptima económica de la fertilización potásica sobre variables productivas del banano (*Musa spp.*). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(2), 161-170.
- Vivas-Cedeño, J. S., Tacuri-Troya, E. T., & González-Dávila, P. R. (2023). Fertilización con magnesio en la morfología, producción y eficiencia de nutriente del plátano barraganete. *RECIAMUC*, 7(3), Article 3. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(3\).sep.2023.111-120](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(3).sep.2023.111-120)
- YaraTera. (2025). *YaraTera Kristalon SPECIAL*. YaraTera.

ANEXOS

Anexo 1. *Acta de entrega – Recepción*

ACTA DE ENTREGA – RECEPCIÓN

En la ciudad de El Carmen, provincia de Manabí, a los ... **días del mes de agosto del año dos mil veinticinco (2025)**, en las instalaciones de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, se deja constancia que:

El(la) estudiante **Jama Aveiga Yomeli Xiomara**, portador(a) de la cédula de ciudadanía No. **2350667933**, de la carrera **Ingeniería Agropecuaria** hace entrega formal de:

- 1 Bomba de fumigar mod 435 manual 20 lts
- 1 Manómetro mod 425/435/432
- 1 Tubo telescópico carbon mod.425/435

El(la) estudiante realiza la **donación de implementos** como contribución voluntaria a la Universidad, en el marco de su proceso de titulación, destinada al fortalecimiento institucional de la Extensión El Carmen.

Para constancia de lo actuado, firman en dos ejemplares de igual tenor y valor, el(la) estudiante y el señor Decano de la Extensión.

ENTREGA:

Jama Aveiga Yomeli Xiomara

C.I. 2350667933

RECEPCIÓN:

Dr. Temístocles Bravo Tuárez, Mg.

Decano – Extensión El Carmen



Se adjunta factura de compra

solo

Cliete: JAMA AVEIGA YOMELI XIOMARA
Dirección Matriz: EL CARMEN - MANABI
Identificación: 2350667933
Fecha de Emisión: 01/10/2024
Fecha de Vencimiento: 01/10/2024
Teléfono: 0959490108
E-mail: jamayomeli@gmail.com
Ciudad: MANABI-EL CARMEN
Vendedor: OFICINA
Agente de Retención Resolución No. 1
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

SOLO DEL ECUADOR SECCIA CIA LTDA
AV. 7 CALLE 11 REFERENCIA DIAGONAL A
TRAMACO EXPRESS MANTA - MANABI
R.U.C.: 1790893065001

e-mail: garentia@solodelecuador.com

Teléfono: 052627700

FACTURA

No.: 001 - 003 - 000008167

NUMERO DE AUTORIZACION:

0110202401179089306500120010030000081671234567816

FECHA Y HORA DE AUTORIZACION:

2024-10-01T14:21:25

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISION: NORMAL

Clave de acceso:



0110202401179089306500120010030000081671234567816

Cod.	Cant	Descripción	Precio	Monto	Precio	Precio
			% Dcto	Dcto	Neto	Total
Principal			Unitario			
90-435	1	BOMBA DE FUMIGAR MOD 435 MANUAL 20 LTS	115.00000	0.00	0.00000	115.00000
49.00.356	1	MANOMETRO MOD 425/435/432	31.08000	0.00	0.00000	31.08000
49.00.445	1	TUBO TELESCOPICO CARBON MOD.425/435	63.56000	0.00	0.00000	63.56000

Debo y Pagaré incondicionalmente a la orden de SOLO DEL ECUADOR SECCIA CIA LTDA el valor expresado en este documento más el interés legal por mora, vigente en el Sistema Financiero Nacional desde la fecha de vencimiento, SIN PROTESTO, eximase de presentación para el pago así como la falta de estos hechos. Renuncio fuere y domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito, Distrito Metropolitano, y al trámite verbal sumario o ejecutivo a elección de SOLO DEL ECUADOR SECCIA CIA LTDA o de sus sucesores. Acepto que SOLO DEL ECUADOR SECCIA CIA LTDA, cede y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan de la presente factura-pagaré sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Suscribo la presente factura-pagaré en conformidad con todos sus términos.

TOTAL 15.00%	94.64
TOTAL 0%	115.00
TOTAL SIN IMPUESTOS	209.64
TOTAL DESCUENTO	0.00
SUBTOTAL	209.64
IVA 15.00%	14.20
VALOR TOTAL	223.84

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	223.84	0	Ninguno
INFORMACION ADICIONAL			
SEGUN PROFORMA(S) No. 4736 DEL 16/09/2024			

Anexo 2. Selección y marcación de plantas



Anexo 3. Preparación del fertilizante Kristalon



Anexo 4. Fertilizante en la bomba



Anexo 5. Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)



Anexo 6. Aplicación del fertilizante (edáfico)



Anexo 7. *Análisis foliar de los tratamientos*



Anexo 8. Resultado de los Análisis foliar de los tratamientos



ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.ctp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	JAMA AVEIGA YOMELI XIOMARA			Nombre :	ST			Cultivo :	PLATANO		
Dirección :	MANABÍ / EL CAR MEN			Provincia :	Manabí			N° de Reporte :	13667		
Ciudad :	EL CARMEN			Cantón :	El Carmen			Fecha de Muestreo :	16/7/2025		
Teléfono :	0959490108			Parroquia :	El Carmen			Fecha de Ingreso :	17/7/2025		
Fax :	jamayomeli@gmail.com			Ubicación :	San Ramón de Tigrillo			Fecha de Salida :	24/7/2025		

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)								(ppm)							
	Identificación	Área	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na		
86867	Testigo		3,2	0,17	3,13	0,53	0,22	0,22										
86868	T1 Axilar		3,8	0,22	3,31	0,57	0,29	0,28										
86869	T2 Convencional		3,6	0,20	3,26	0,50	0,27	0,25										




Anexo 9. Resultado de Compilatio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
JAMA YOMELI

7%
Textos sospechosos

4% Similitudes
 1% Similitudes sobre palabras
 3% Similitudes sobre frases
3% Idiomas no reconocidos
24% Textos potencialmente generados por IA (ignorados)

Nombre del documento: JAMA.YOMELI.docx
 ID del documento: e774c7512aafdd11300a9450a56961dc9d4b62b7
 Tamaño del documento original: 3,36 MB

Depositante: Nexar Cobeña Looor
 Fecha de depósito: 14/8/2025
 Tipo de carga: Interface
 fecha de fin de análisis: 14/8/2025

Número de palabras: 10.085
 Número de caracteres: 68.152

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Implementación de cámara térmica para evaluar la emisión hídrica... Viene de mi grupo 4 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (13 palabras)
2	repositorio.uteq.edu.ec Eficiencia de la aplicación de bioestimulantes por medi... Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (10 palabras)
3	Tesis Jandri Mendoza HMKubaca Tesis Jandri Mendoza HMK... Viene de mi grupo 4 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (11 palabras)
4	repositorio.uteq.edu.ec Fitosanitarios... Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (14 palabras)
5	Tesis Roxana Delgado.docx Tesis Roxana Delgado... Viene de mi grupo 3 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (14 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec ... Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (13 palabras)
2	Tesis ERWIN MENDOZA final.docx Tesis ERWIN MENDOZA final... Viene de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: 1% (14 palabras)
3	Indigital.bolnec.pa ... Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (13 palabras)
4	Bélica Rosemary Basurto Vélez- Plagio.docx Bélica Rosemary Basurto... Viene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: 1% (13 palabras)
5	tesis Gustavo Garcia.docx tesis Gustavo Garcia... Viene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: 1% (11 palabras)

