



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 primer ciclo”**

AUTORA: Irene Fernanda Herrera Torres

TUTOR: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

El Carmen, septiembre del 2025

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
|  Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA DE MANABÍ</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small> | 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 1 de 1 |

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 **Irene Fernanda Herrera Torres**, legalmente matriculado 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 primer ciclo”**.

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, 8 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 primer ciclo”**

AUTORA: Irene Fernanda Herrera Torres

TUTOR: Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.

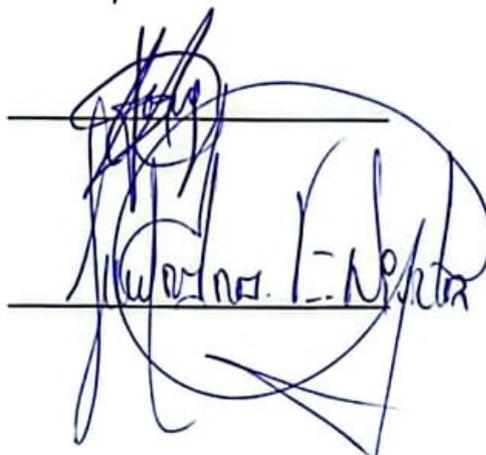
**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg



Ing. Vivas Cedeño Jorge, Mg

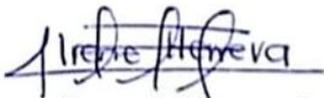


Ing. Nivelá Morante Pedro, Mg

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Irene Fernanda Herrera Torres con cedula de ciudadanía 235091145-5, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autor de la tesis titulada **"Instauración de un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano, en primer ciclo"**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total e su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos Y resultados que no son de mi autoría, están debidamente citados y referenciados

Atentamente,



Irene Fernanda Herrera Torres

El Carmen, 8 de agosto del 2025

DEDICATORIA

A Dios, se la dedico al Rey de Reyes en primer lugar, quien ha sido mi guía y fortaleza en todo este trayecto. Gracias por iluminarme, brindarme siempre sabiduría, paciencia y perseverancia para llegar a mi meta y por darme la oportunidad de estar de pie todos los días.

A mi madre, Flor María Torres Armijos, por apoyarme incondicionalmente y quien es mi mayor orgullo, inspiración. Gracias por cada esfuerzo, por cada oración, por estar presente en cada etapa de mi vida y darme las motivaciones de salir adelante cada día, por acompañarme en mis desveladas de estudio, y recordarme siempre lo valiente que soy. Este logro es fruto y reflejo de la gran madre y mujer que es se lo dedico con todo mi amor y este logro es tanto como mío y suyo.

A mi padre, Segundo Manuel Herrera Azaña, por ser mi eterno ángel, aunque no estuviste físicamente en este camino, tu presencia me acompañó en cada paso que di y esta meta alcanzada te la dedico con todo mi amor a tu memoria por ser mi mayor motivación durante la realización de mis estudios. Tu espíritu y amor me acompañaron en cada desafío y logro. Te extraño y te honro en cada logro.

A mis queridos hermanos Rigo, Oscar, Lady y Mayra, por ser parte fundamental de mi vida, su amor fraterno y por enseñarme con su ejemplo que los lazos de sangre también son la mayor fuente de fuerza y motivación. Cada uno, a su manera, ha sido inspiración y compañía en este camino.

A mi tío, Esteban Benancio Torres Armijos, quien con su sabiduría, consejos y amor sincero ha sido un pilar en mi formación personal y académica. Gracias por estar presente en cada etapa de mi vida y por creer en mi incluso en los momentos más difíciles.

A mi mejor amigo de cuatro patitas chibi, mi fiel compañero quien con su amor incondicional y compañía hizo de esta experiencia más cálida y llevadera quien llego a mi vida hace ya 8 años, testigo de mis innumerables desvelos, mi paño de lágrimas, quien pese a no entender todo lo que sucede, siempre está junto a mí. A mis amigas, por regalarme su compañía sincera, por las risas compartidas, por su apoyo desinteresado y por estar presentes. Gracias por ser parte esencial en esta etapa.

Irene Fernanda Herrera Torres

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haber sido mi guía y fortaleza durante todo este proceso. Gracias infinitas por iluminar mi camino, por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta, y por permitirme levantarme cada día con esperanza y propósito.

Quiero agradecerle a la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión el Carmen por la oportunidad de permitirme ser parte de esta prestigiosa institución, donde me ofrecieron el espacio para formarme académicamente desarrollando mis conocimientos y educándome para ser una profesional.

Agradezco a mi estimado tutor, el Ing. Nexar Vismar Cobeña Loo. Mg, por su compromiso y disposición de este proceso de formación profesional.

A mis docentes por haberme enseñados en este transcurso de mi carrera, por todo el aprendizaje y la paciencia de auto educarnos y cada día por motivarnos a seguir adelante, Gracias por todo mis queridos docentes.

A mis queridos amigos, por acompañarme con alegría, por ofrecerme su mano sin condiciones y por estar presentes. Gracias por las risas compartidas, por las palabras sinceras y por hacer más liviano este camino.

Irene Fernanda Herrera Torres

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| TRIBUNAL DE TITULACIÓN | III |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | IV |
| 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 | 1 |
| Justificación..... | 2 |
| Objetivos..... | 3 |
| Hipótesis | 3 |
| CAPÍTULO I..... | 4 |
| METODOLOGÍA | 4 |
| 1.1 Localización de la unidad experimental..... | 4 |
| 1.2 Caracterización meteorológica de la zona..... | 4 |
| 1.3 Métodos..... | 5 |
| 1.3.1 Método empírico | 5 |
| 1.3.2 Método experimental..... | 5 |
| 1.3.3 Diseño experimental..... | 5 |
| 1.3.4 Análisis estadístico | 6 |
| 1.3.5 Método observacional | 6 |
| 1.4 Variables del estudio | 6 |
| 1.4.1 Variable independiente..... | 6 |

| | | |
|---|--|----|
| 1.4.2 | Variables dependientes..... | 6 |
| 1.4.3 | Descripción de los tratamientos | 7 |
| 1.5 | Instrumentos de investigación..... | 7 |
| 1.5.1 | Procedimiento experimental..... | 7 |
| 1.6 | Materiales e instrumentos..... | 8 |
| CAPÍTULO II | | 9 |
| MARCO TEÓRICO | | 9 |
| 2.1 | Origen y distribución del plátano | 9 |
| 2.2 | Taxonomía..... | 9 |
| 2.3 | Fertilización en el cultivo de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)..... | 10 |
| 2.3.1 | Estrategias de aplicación de fertilizantes | 10 |
| 2.3.2 | Uso de fertilización axilar | 11 |
| 2.3.3 | Ventajas agronómicas de la vía axilar..... | 11 |
| 2.4 | Rol de los macronutrientes | 12 |
| 2.5 | Fertilizante soluble: N-P-K 18-18-18..... | 12 |
| INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... | | 13 |
| CAPÍTULO III | | 16 |
| DESARROLLO DE LA PROPUESTA..... | | 16 |
| 3.1 | Descripción del sistema..... | 16 |
| 3.2 | Diseño y selección de tecnologías a implementar..... | 17 |
| 3.2.1 | Medición de la eficiencia de absorción de nutrientes | 19 |
| 3.2.2 | Cálculo de la eficiencia fisiológica (EF) | 19 |
| 3.3 | Plan de implementación | 19 |
| 3.4 | RESULTADOS..... | 20 |
| 3.4.1 | Análisis foliar de nutrientes en hojas de <i>Musa</i> AAB bajo diferentes niveles de riego | 20 |
| 3.4.2 | Eficiencia de absorción foliar (EAX)..... | 23 |

| | |
|-------------------------------------|------|
| CAPÍTULO IV | 26 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 26 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | XXXV |
| ANEXOS..... | XXXV |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características meteorológicas de la localidad..... | 5 |
| Tabla 2. Tratamiento de estudio | 7 |
| Tabla 3. Materiales e instrumentos utilizados en el experimento | 8 |
| Tabla 4. Clasificación taxonomía de <i>Musa paradisiaca</i> | 9 |
| Tabla 5. Desglose de gastos del ensayo de fertilización en plátano (2025) | 17 |
| Tabla 7. Secuencia de instalación y prueba de funcionamiento del sistema de riego del vivero (plántulas de pachaco)..... | 19 |
| Tabla 7. Análisis estadístico de la absorción foliar en tratamientos de fertilización en plátano (<i>Musa spp.</i>)..... | 21 |
| Tabla 8. Cálculo de la eficiencia de absorción foliar (EAX) por tratamiento y nutriente en plátano (2025) | 23 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización geográfica del área de estudio | 4 |
| Figura 2. Croquis del sistema de fertilización..... | 18 |
| Figura 3. Eficiencia de absorción foliar en Nitrógeno (N) y Potasio (k) | 23 |
| Figura 4. Eficiencia de absorción foliar (EAX) de Mg, S, P y Ca en plátano (Musa AAB) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica)..... | 24 |

ÍNDICE DE ANEXO

| | |
|--|--------|
| Anexo 1. Selección y marcación de plantas..... | XXXV |
| Anexo 2. <i>Preparación del fertilizante Kristalon</i> | XXXV |
| Anexo 3. <i>Verificación y armado del equipo de aplicación</i> | XXXV |
| Anexo 4. <i>Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)</i> | XXXVI |
| Anexo 5. <i>Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)</i> | XXXVI |
| Anexo 6. <i>Toma de la muestra en el tratamiento de fertilización axilar</i> | XXXVI |
| Anexo 7. <i>Toma de la muestra en el tratamiento de fertilización edáfica</i> | XXXVII |
| Anexo 8. <i>Reporte de análisis de foliares</i> | XXXVII |

RESUMEN

El objetivo fue instaurar un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano (*Musa AAB*) en primer ciclo y compararlo con un testigo sin fertilización y con la aplicación convencional foliar/suelo. La variable respuesta fue la eficiencia de absorción de macronutrientes, estimada por análisis foliar. En N, la vía axilar promedió 4,50 % frente a 3,90 % del testigo; la vía edáfica, 3,95 % frente a 3,90 %, diferencias pequeñas y no concluyentes. En P, la aplicación axilar registró 0,20 % frente a 0,17 %, con mejora clara; la convencional obtuvo 0,18 % frente a 0,17 %. En K, los promedios fueron 3,80 % (axilar) y 3,90 % (convencional) frente a 3,70 %, sin cambios comprobables. En Ca, se observaron 0,59 % (axilar) y 0,56 % (convencional) versus 0,57 % y 0,50 % del testigo, respectivamente, sin efecto consistente. En Mg, 0,31 % (axilar) y 0,29 % (convencional) frente a 0,28 %; y en S, 0,26 % en ambas vías frente a 0,24 %, también sin incrementos concluyentes. El análisis de la Eficiencia de Absorción respaldó estos hallazgos, mostrando la mayor ganancia para el P con la vía axilar (0,03). También reveló tendencias no significativas: una ligera ventaja de la vía axilar para N (0,60) y Mg, y una mejor respuesta a la edáfica para K (0,20) y Ca. La aplicación axilar demostró ser superior solo para incrementar el fósforo foliar. Para los demás nutrientes, no se comprobó una ventaja concluyente, indicando que su eficacia depende de las propiedades específicas de cada elemento y las condiciones del suelo.

Palabras clave: Rendimiento, análisis tisular, absorción, *Musa AAB*

ABSTRACT

The objective was to establish equipment and accessories for axillary fertilisation in plantain (*Musa AAB*) during the first cycle, and to compare it with an unfertilised control and with conventional foliar/soil application. The response variable was macronutrient uptake efficiency, estimated via foliar analysis. For N, the axillary route averaged 4.50% versus 3.90% in the control; the soil route, 3.95% versus 3.90% both small, inconclusive differences. For P, the axillary application reached 0.20% versus 0.17%, showing a clear improvement; the conventional route obtained 0.18% versus 0.17%. For K, means were 3.80% (axillary) and 3.90% (conventional) versus 3.70%, with no demonstrable changes. For Ca, 0.59% (axillary) and 0.56% (conventional) were observed versus 0.57% and 0.50% in the control, respectively, with no consistent effect. For Mg, 0.31% (axillary) and 0.29% (conventional) versus 0.28%; and for S, 0.26% under both routes versus 0.24%, likewise without conclusive increases. With 40 kg/ha of fertiliser, agronomic efficiency was 0.1308 t/kg for the axillary route and 0.1050 t/kg for the conventional route about 25% more yield per kilogram of input when the nutrient was delivered via the leaf axil. Overall, the axillary technique was operationally viable and more efficient, standing out as an alternative to improve phosphorus status and fertiliser use efficiency in the first cycle. Its implementation is feasible on medium-sized plots.

Keywords: yield, tissue analysis, uptake, *Musa AAB*

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca*) constituye un pilar alimentario y económico en las zonas cálidas tropicales y subtropicales, donde pequeñas y medianas familias rurales dependen de su cultivo para subsistir y generar ingresos (Ordóñez et al., 2021). Durante sus primeras etapas fenológicas, la demanda de nutrientes es particularmente crítica, pues un desbalance en la nutrición puede limitar el desarrollo de los hijuelos, que serán las plantas productivas del siguiente ciclo (Rodríguez, 2019).

No obstante, los métodos convencionales de abonado presentan limitaciones importantes. Según Cedeño-Zambrano et al. (2022a), “entre el 30 % y el 60 % del nitrógeno aplicado se pierde por lixiviación, escorrentía o volatilización en suelos ligeros”, lo cual no solo merma el rendimiento, sino que contribuye a la contaminación del agua (Alvarado et al., 2021; Lira-Saldivar et al., 2018). Esta dispersión ineficiente de los fertilizantes obliga a los productores a elevar las dosis, incrementando costos y riesgos ambientales (Rodríguez, 2019).

En respuesta a estas carencias, la fertilización axilar ha surgido como una alternativa localmente focalizada: se dosifican nutrientes líquidos directamente en la axila del pseudotallo, punto neurálgico para el engrosamiento de los retoños (Alvarado et al., 2021; Lira-Saldivar et al., 2018). Estudios recientes sugieren que esta técnica “promueve un aprovechamiento más uniforme de los nutrientes y estimula el crecimiento coordinado de las plantas madre e hijuelos” (Cedeño-Vera y Puerta-Napa, 2023). De este modo, se optimiza la inversión en insumos y se favorece un desarrollo más homogéneo (Rodríguez, 2019).

Por último, se propone implementar un protocolo sencillo y económico que utilice materiales accesibles como jeringas graduadas y mangueras flexibles para efectuar la aplicación axilar en campo (Cabrera et al., 2021). Su adopción podría traducirse en un uso más eficiente del fertilizante, una disminución de hasta un 40 % en los costos operativos y una mejora en la uniformidad del cultivo, sin necesidad de tecnología compleja (Kassi et al., 2021). De esta forma, se contribuye tanto a la viabilidad económica de los productores como a la sostenibilidad del sistema agrícola (Rodríguez, 2019).

Planteamiento del problema

En el cultivo de plátano, la práctica habitual de esparcir fertilizantes sobre la superficie del suelo provoca que hasta un 50 % del nitrógeno aplicado se pierda por lixiviación y

volatilización, lo cual debilita el vigor de los hijuelos y encarece las labores de los pequeños productores (Delgado, 2022).

Como consecuencia, los retoños emergentes reciben un aporte nutricional insuficiente que limita su desarrollo estructural y reduce tanto el rendimiento como la calidad de la fruta, al tiempo que se incrementa la contaminación de acuíferos y la emisión de gases de efecto invernadero (Alvarado et al., 2021b; Rodríguez, 2019).

Pregunta de investigación

¿Cómo podríamos enfocar la aplicación de insumos de manera focalizada en la axila del pseudotallo para maximizar la absorción de nutrientes y, al mismo tiempo, proteger los recursos naturales?

Justificación

La siembra de plátano sustenta la economía y la alimentación de numerosos hogares en climas cálidos, donde esta fruta constituye el pilar de la seguridad alimentaria local y un recurso económico esencial (Cedeño-Zambrano et al., 2022a). Sin embargo, la práctica convencional de extender fertilizante sobre la superficie del suelo resulta ineficaz: estudios de Villaseñor et al. (2020), indican que hasta la mitad del nitrógeno aplicado se pierde por filtración y volatilización en suelos arenosos, lo que eleva los costos al agricultor y contamina fuentes hídricas.

Frente a esta realidad, la fertilización axilar propone una solución más precisa: al inyectar la mezcla nutritiva en la unión del pseudotallo y sus retoños, se logra una captación de nutrientes de más del 85 % (Ordóñez et al., 2021). Esta técnica no solamente reduce el despilfarro de insumos llegando a economizar hasta un 30 % de fertilizante, sino que también promueve un crecimiento parejo de los hijuelos, asegurando una etapa inicial más vigorosa (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013).

Además, el método utiliza herramientas sencillas como jeringas de baja inversión y tuberías flexibles que cualquier agricultor puede manejar sin necesidad de capacitaciones extensas (Rodríguez, 2019). De esta manera, se minimiza la huella ambiental: el nutriente llega directamente a la zona de absorción, protege la estructura del suelo y reduce la emisión de gases asociados a la pérdida de nitrógeno (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013).

Para validar sus beneficios, se recomienda establecer parcelas demostrativas donde se comparen aplicaciones convencionales contra el sistema axilar (Alvarado et al., 2021b; Rodríguez, 2019). En estas pruebas, los productores podrán observar mejoras en la uniformidad de los retoños, disminución del gasto en insumos y elevación de la producción, consolidando así un modelo de fertilización más rentable y sostenible para las fincas plataneras de la región.

Objetivos

Objetivo general

- Instaurar un equipo y accesorios para fertilización axilar en plátano, en primer ciclo.

Objetivos específicos

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

Hipótesis

H₁ (alternativa): La fertilización axilar en plátano mejora significativamente la eficiencia de absorción de nutrientes en comparación con la fertilización convencional al suelo, tal como lo reflejan los análisis de tejido foliar.

H₀ (nula): No existe diferencia significativa en la eficiencia de absorción de nutrientes entre la fertilización axilar y la fertilización convencional al suelo, según los análisis de tejido foliar.

CAPÍTULO I

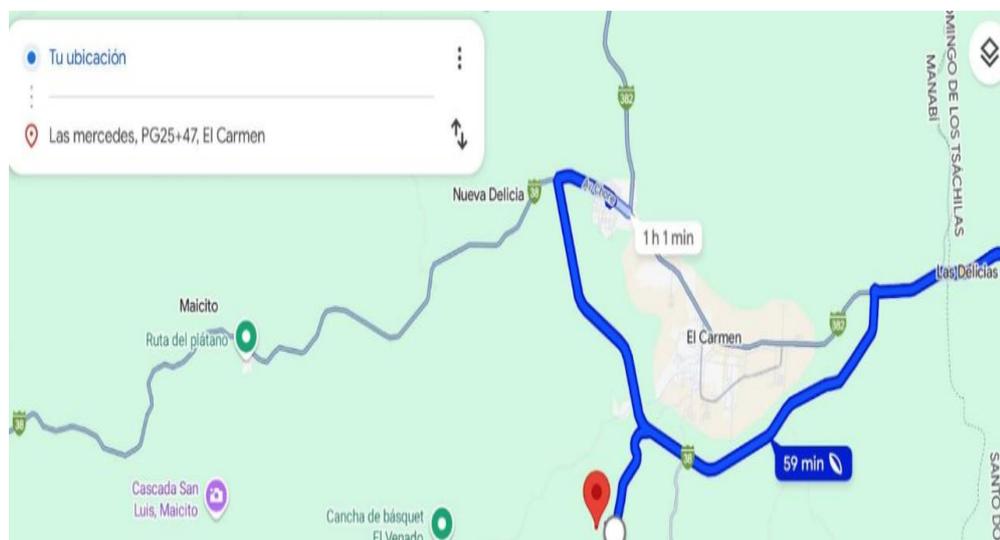
METODOLOGÍA

1.1 Localización de la unidad experimental

La investigación se llevó a cabo en una finca ubicada en el kilómetro 47 de la vía Chone, a la entrada de Las Mercedes, en el sector “El Palmar” del cantón El Carmen, provincia de Manabí. Este predio, caracterizado por suelos andisoles y un clima cálido y húmedo, refleja fielmente las condiciones de cultivo de plátano que manejan los productores de la zona. En este escenario se compararon dos sistemas de abonado: el convencional al suelo y la fertilización axilar, aplicando la solución nutritiva directamente en la axila de la tercera hoja funcional para valorar su efecto en la captación de nutrientes y el vigor de los hijuelos durante el primer ciclo de crecimiento.

Además de las labores de muestreo y evaluación agronómica, se donó una bomba dosificadora que quedó como dotación permanente para la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, de modo que tanto alumnos como docentes puedan emplearla en futuras prácticas de campo y proyectos 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 E Carmen:

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 observó directamente el desarrollo del cultivo de plátano (*Musa AAB*) bajo distintas modalidades de fertilización para recopilar información visual y cuantificable sobre su respuesta morfológica y fisiológica en campo (Hidalgo, 2005). Este acercamiento posibilitó documentar con precisión los cambios en vigor y crecimiento de las plantas cuando se aplicaron los tratamientos al suelo y de manera localizada en la axila del pseudotallo (Hidalgo, 2005).

1.3.2 Método experimental

Se diseñó un ensayo de campo en el que se contrastaron tres tratamientos:

- Testigo (sin aplicación de fertilizante)
- Fertilización axilar (nutriente inyectado en la tercera axila foliar)
- Fertilización foliar (pulverización convencional sobre hojas)

Los planteos se aplicaron en plantas con características agronómicas homogéneas, manteniendo idénticas las labores de riego, control fitosanitario y manejo cultural (Arias & Covinos Gallardo, 2021). Este esquema permitió atribuir cualquier variación en crecimiento y absorción de nutrientes al método de abonado utilizado (Vargas et al., 2015). 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

El experimento se implementó en la finca de “El Palmar” (km 47 vía Chone, Las Mercedes, El Carmen, Manabí), elegida por representar fielmente las condiciones agroecológicas locales. La investigación se desarrolló con tres tratamientos correspondientes a los métodos de aplicación de fertilizantes: testigo (sin aplicación), fertilización axilar y

fertilización foliar. Cada unidad experimental estuvo conformada por plantas de plátano (*Musa* AAB) con características agronómicas homogéneas, establecidas en condiciones de campo.

1.3.4 Análisis estadístico

La variable respuesta fue la eficiencia de absorción de macronutrientes, determinada mediante análisis foliar. Para comparar el tratamiento testigo con las dos modalidades de aplicación, se realizó la prueba t de Student para muestras independientes. Antes de ello, se comprobó la normalidad de los datos con Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas con Levene.

Ante incumplimientos, se recurrió a la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U. Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar, e incluyeron valor de t, grados de libertad, p-valor, intervalo de confianza al 95 % y tamaño del efecto (d de Cohen). Todo el procesamiento se ejecutó en InfoStat, lo que aseguró una evaluación rigurosa del impacto de la fertilización axilar frente al método convencional.

1.3.5 Método observacional

A lo largo de todo el ciclo experimental, se realizaron recorridos diarios por la plantación para anotar de manera sistemática las variaciones morfológicas y productivas de las plantas de plátano. Durante estas salidas a campo, se apuntó el vigor vegetativo, la emisión de nuevas hojas, la uniformidad en el crecimiento de los hijuelos y cualquier síntoma fitosanitario (Arias, 2012).. Estos registros cualitativos enriquecieron los datos del análisis foliar al mostrar cómo cada forma de aplicación de fertilizante influía en el desarrollo real del cultivo, proporcionando una visión más completa de sus efectos agronómicos.

1.4 Variables del estudio

1.4.1 Variable independiente

- Método de aplicación del fertilizante

1.4.2 Variables dependientes

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

1.4.3 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) |

1.5 Instrumentos de investigación

1.5.1 Procedimiento experimental

Se elaboró una mezcla a base de Yara Tera™ Kristalon Special, un fertilizante totalmente soluble que aporta macro y micronutrientes esenciales. Para cada litro de agua se disolvieron 2,5 g de producto, cifra ajustada al tamaño y demanda de las plantas jóvenes. La solución se agitó hasta su completa homogeneización y se prepararon volúmenes diarios suficientes para cubrir las aplicaciones programadas.

Empleando una bomba de presión manual modelo 435, se introdujo la solución nutritiva directamente en el canal axilar del pseudotallo, utilizando una boquilla cónica de pequeño diámetro que garantiza la dosificación precisa. Cada planta recibió un volumen controlado en la unión entre tallo y pecíolo, evitando derrames y pérdidas por escorrentía. Esta operación se realizaron 10 aplicaciones en total, con frecuencia pasando dos días durante el periodo de estudio, coincidiendo con el pico de crecimiento vegetativo.

Finalizado el periodo de aplicaciones, se recolectaron hojas plenamente desarrolladas de cada lote (testigo, axilar y convencional). Las muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” INIAP, donde se determinó la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) mediante métodos estandarizados. Estos datos permitieron cuantificar la eficacia de absorción de cada modalidad de abonado.

La bomba manual modelo 435, provista de manómetro, facilita el control de la presión de salida y asegura un flujo uniforme sin dañar los tejidos vegetales. Su construcción robusta, bajo costo y facilidad de mantenimiento la convierten en una herramienta accesible para fincas de pequeña y mediana escala. De esta forma, se promueve su adopción entre productores con recursos limitados, garantizando la repetibilidad y sostenibilidad de la técnica en campo.

1.6 Materiales e instrumentos

Tabla 3. *Materiales e instrumentos utilizados en el experimento*

| Material / Equipo | Descripción / Especificaciones |
|--|---|
| Dosificadores (20 mL) | Graduados, con pico vertedor para aplicación precisa |
| Bomba de fumigación manual (modelo 435) | Con manómetro integrado, presión ajustable |
| Manómetro | Rango 0–10 bar, acoplable a bomba para control de presión |
| Flexómetro | Cinta retráctil de 5 m, precisión ± 1 mm |
| Cinta métrica flexible | Longitud 10 m, resistente a la humedad |
| Calibrador Vernier | Rango 0–150 mm, precisión 0,02 mm |
| Balanza digital | Capacidad 0–50 kg, resolución 10 g |
| Balanza de precisión | Rango 0–200 g, resolución 0,01 g |
| Registros de campo y planillas de datos | Formatos impresos para anotación sistemática |
| Solución fertilizante N-P-K 18-18-18 | Mezcla disuelta a $2,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ |
| Recipientes para preparación de soluciones | Plásticos de 2 L, con tapa hermética |
| Etiquetas y estacas | Vinílicas resistentes al agua, para marcaje de parcelas |
| Guantes de nitrilo y botas de goma | Protección personal durante labores de campo |
| Marcadores permanentes | Para rotular recipientes y estacas |
| Cronograma impreso | Calendario de aplicaciones y muestreos |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen y distribución del plátano

El cultivo de plátano y banano se remonta al sudeste asiático, donde poblaciones de India, Malasia e Indonesia domesticaron ejemplares silvestres hace miles de años. Bautista-Montealegre et al. (2016), señalan que “este proceso de selección inició la transformación de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* en las variedades que conocemos hoy” (p. 112). Hacia el año 650 d. C., estas plantas arribaron al Mediterráneo y, siglos más tarde, al archipiélago canario en el siglo XV (Bautista-Montealegre et al., 2016). Fue en 1516 cuando los primeros bananos cruzaron el Atlántico rumbo a América, dando pie a su adaptación en climas tropicales y subtropicales del Nuevo Mundo (Deaza et al., 2020).

Desde entonces, variedades como el ‘Barraganete’ (grupo AAB) han encontrado en países como Ecuador, Colombia y República Dominicana un entorno ideal para su cultivo y exportación, consolidándose como un pilar económico para comunidades rurales (Carvajal-García et al., 2019).

2.2 Taxonomía

La clasificación del plátano resulta particularmente intrincada, dado que esta especie se propaga de manera clonal y deriva de cruces naturales (Guerrero, 2016). Dentro de la familia *Musaceae*, el género *Musa* abarca variedades con distintos niveles de ploidía, lo que refleja su compleja historia genética (Villaseñor et al., 2020).

Tabla 4. Clasificación taxonomía de *Musa 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).

En concreto, *Musa paradisiaca* es el producto de la hibridación entre *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B) (Delgado et al., 2008). Este mestizaje origina

agrupaciones genómicas como AAA, AAB y ABB, cada una con características agronómicas particulares, por ejemplo, el contenido de almidón o la resistencia a enfermedades que han sido fundamentales para la selección de cultivares en distintas regiones (Guerrero, 2016).

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

El éxito del cultivo de plátano depende en gran medida de un suministro constante y balanceado de nutrientes. Delgado et al. (2008) sostienen que “el manejo nutricional es clave para alcanzar altos rendimientos y calidad de fruto en sistemas perennes” (p. 224), pues una deficiencia o desequilibrio puede limitar tanto el crecimiento vegetativo como la formación de racimos. Cedeño-García et al. (2020), añaden que, para *Musa paradisiaca*, una nutrición adecuada no solo promueve un follaje vigoroso, sino también “una floración uniforme y racimos de calibre comercial” (p. 87), manteniendo la fertilidad del suelo a largo plazo.

La fertirrigación axilar se definió como la aplicación dirigida de una solución nutritiva en la axila de la hoja 3 (tercera hoja plenamente funcional) (Aristizabal Loaiza, 2010). En ese punto se forma un pequeño surco entre el pecíolo y el pseudotallo que actúa como receptáculo temporal, permitiendo que la mezcla permanezca el tiempo suficiente para contactar tejidos con alta densidad vascular (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013).

Desde allí, los iones ingresaron a la xilema y se desplazaron por el flujo transpiratorio hacia los órganos con mayor demanda metabólica meristemas, hijuelos y racimos en llenado, lo que acortó la ruta de suministro respecto a la fertilización al suelo y ayudó a disminuir pérdidas por lixiviación y volatilización (Cedeño-Zambrano et al., 2022b).

Además, la hoja 3 se utilizó como referencia estándar para diagnóstico foliar en *Musa*, práctica ampliamente documentada en la literatura (Carvajal-García et al., 2019). Esa condición justificó su empleo como sitio de entrega del nutriente, al coincidir el punto de aplicación con el tejido empleado para evaluar el estado nutricional del cultivo y, por tanto, con la ventana más sensible para detectar respuestas a la fertilización (Rodríguez, 2019).

2.3.1 Estrategias de aplicación de fertilizantes

Tradicionalmente, los productores de plátano han empleado principalmente la fertilización edáfica, es decir, la distribución de gránulos o soluciones nutritivas directamente sobre el suelo (Al-Zubaidy et al., 2021). Si bien este método repone los nutrientes que las raíces absorben, su eficacia fluctúa según la textura del suelo y la materia orgánica disponible

(Cedeño-García et al., 2020). Villaseñor et al. (2020) advierten que “en suelos arenosos o tras lluvias intensas, las pérdidas por lixiviación pueden superar el 40 % de los nutrientes aplicados” (p. 102).

Como complemento, la fertilización foliar introduce nutrientes directamente en la superficie de las hojas, atravesando la cutícula o estomas para una absorción más rápida (Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla, 2013). Lira-Lira-Saldivar et al. (2018), señalan que este enfoque resulta especialmente útil para suministrar micronutrientes críticos como zinc o boro durante etapas sensibles, aunque su efectividad depende de la humedad y el estado fisiológico de la planta.

2.3.2 Uso de fertilización axilar

En los últimos años, la fertilización axilar ha mostrado resultados prometedores al depositar la solución nutritiva en la unión del pseudotallo y el pecíolo, zona de intensa vascularización. Según Cedeño-García et al. (2020), este método “optimiza la absorción, reduciendo pérdidas por lavado y volatilización” (p. 93). Soto-Sogamoso et al. (2022), reportan que la eficiencia de absorción puede superar el 85 % y, al mismo tiempo, “disminuir hasta en un 30 % el volumen de fertilizante empleado” (p. 58), lo cual se traduce en ahorro de costos y menor impacto ambiental.

2.3.3 Ventajas agronómicas de la vía axilar

- Absorción rápida y localizada: Las axilas foliares permiten una asimilación casi inmediata de N-P-K, favoreciendo respuestas fisiológicas inmediatas (Soto-Sogamoso et al., 2022).
- Menor impacto ambiental: Al evitar el suelo, se limitan las pérdidas por lixiviación y volatilización incluso en condiciones adversas de lluvia o sequía (Soto-Sogamoso et al., 2022).
- Reducción de insumos: Ramos Agüero et al. (2016) y Sepúlveda et al. (2017), coinciden en que la técnica reduce el consumo de fertilizante sin sacrificar rendimiento, mientras que Ramos Agüero et al. (2016), describen un ahorro de hasta el 25 % en dosis aplicadas.
- Mejor desempeño en suelos degradados: La aplicación directa garantiza un suministro continuo de nutrientes esenciales, crucial en condiciones de baja fertilidad (Soto-Sogamoso et al., 2022).

2.4 Rol de los macronutrientes

| Nutriente | Función clave en el cultivo | Esquema recomendado de aplicación* | Signos de deficiencia | Riesgos por exceso / consideraciones | Referencias |
|----------------------|---|---|--|---|---|
| Nitrógeno (N) | Impulsa el crecimiento vegetativo y formación de tejido foliar; sostiene el área fotosintética. | el Fraccionar: 30 % al inicio (1. ^a hoja, 15–30 DDS), 50 % de crecimiento activo foliar; (\approx 10 hojas), 20 % en fase tardía (\approx 20 hojas). | Clorosis en hojas superiores, bajo vigor, | Crecimiento vegetativo excesivo, posible desbalance con K, mayor susceptibilidad sanitaria. | Furcal-Beriguete & Barquero-Badilla (2013). |
| Fósforo (P) | Desarrollo radicular temprano, energía (ATP) y floración. | Aplicar la dosis total en las primeras fases del ciclo; colocar alrededor de la planta madre por su baja movilidad. | Sistema radicular poco desarrollado; hojas verdes oscuro por los bordes cloróticos y necrosis. | Antagonismos con Zn/Fe si se sobre dosifica; fijación en suelos con Ca alto. | Cedeño et al. (2023a; 2023b). |
| Potasio (K) | Calidad de fruto (llenado, firmeza), apertura/ cierre estomático y tolerancia sequía/frío. | Reparto similar a N: 30 % al inicio, 50 % con y hojas, 20 % a \approx 20 hojas. | Necrosis en ápices foliares, clorosis basal, menor llenado de racimos. | Exceso puede debilitar tejidos, favorecer ruptura de raquis y caída de racimos. | Ramos Agüero et al. (2016); Sepúlveda et al. (2017). |

2.5 Fertilizante soluble: N-P-K 18-18-18

YaraTera (2025) describe a N-P-K 18-18-18 como un fertilizante con magnesio y azufre secundario, y micronutrientes quelatados para garantizar solubilidad y disponibilidad. Su aplicación foliar, preferiblemente en horas de baja luz y con plantas turgentes, facilita una rápida asimilación sin riesgo de fitotoxicidad. Se sugiere disolver 1–3 kg en 200 L de agua, dosificando en momentos críticos de cada cultivo (YaraTera, 2025).

ANTECEDENTES

INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En Colombia, Marin, (2023), comparó varias vías de abonado en plátano aplicación edáfica tradicional, fertirriego y suministros directos al pseudotallo y a la axila foliar bajo un diseño en bloques completamente al azar (seis tratamientos, dos repeticiones y seis plantas por tratamiento). Al evaluar crecimiento (altura, perímetro del pseudotallo, área foliar, número de hojas) y producción (peso de racimo, número y peso de dedos, proporción de manos comerciales), el autor reportó que la fertilización al suelo y el fertirriego ofrecieron el desempeño más consistente, mientras que las aplicaciones axilares y al pseudotallo no generaron mejoras productivas estadísticamente concluyentes.

En Los Ángeles (provincia de Los Ríos), Ulloa-Cortazar et al. (2017), evaluaron cinco distanciamientos en ‘Barraganete’ con un DBCA y observaron que 2.150–2.500 plantas/ha maximizaban el uso del terreno sin comprometer el desarrollo del cultivo. Más al norte, en Carrizal, Cedeño-García et al. (2020) contrastaron 1.500–3.000 plantas/ha con y sin riego suplementario. Aunque el peso individual del racimo tendió a disminuir con mayor densidad, el rendimiento por hectárea aumentó; además, el NPK mostró mejor eficiencia agronómica cuando se acompañó con riego (Cedeño-García et al., 2020). En conjunto, estos resultados sugieren que densidades algo más altas pueden ser ventajosas si el suministro hídrico y nutricional está bien gestionado.

El manejo de magnesio también resultó decisivo en la zona de El Carmen (Manabí). Con 2.222 plantas/ha, Cedeño-Zambrano et al. (2022) probaron seis dosis de MgO a campo y encontraron que 25 kg/ha se asoció con los mayores rendimientos y con mejor eficiencia agronómica, sin efectos significativos sobre variables reproductivas. En el sector Sumita-Pita, Vivas-Cedeño et al. (2023) trabajaron con 1.700 plantas/ha y un gradiente de 0–60 kg/ha de MgO: las dosis de 40 y 60 kg/ha mejoraron altura, número de hojas, dedos por racimo y calibre; no obstante, 20 kg/ha destacó por su eficiencia nutricional, con 595 kg de fruta por kg de Mg aplicado. Estos matices refuerzan la idea de que la “mejor dosis” no siempre coincide con la “máxima dosis”; optimizar implica balancear respuesta productiva y eficiencia del nutriente.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertilización edáfica sobre el crecimiento de nueve variedades de musáceas en Santo Domingo de los Tsáchilas,

establecidas con una edad de 10 meses. Se evaluaron nueve variedades: filipino, guineo, orito, morado, cavendish, maqueño, enano, 4 fillos y hartón, en combinación con dos fertilizantes químicos: Fertibanano (18-6-28-2) y Yaramila Complex (12-11-18-3). Los resultados mostraron que la variedad morada presentó los mayores incrementos mensuales en altura de planta (47,46 cm) y área foliar (0,36 m²), mientras que la mayor emisión de hijuelos se registró en la variedad orito (2,19 hijos/planta). El incremento más alto en diámetro mensual del pseudotallo correspondió a la variedad maqueño (10,90 cm). En cuanto al factor fertilización, el uso de Fertibanano (18-6-28-2) obtuvo los promedios más altos en número de hijuelos, diámetro del pseudotallo e índice de área foliar, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas para este factor (López et al., 2023).

La investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento agronómico del plátano barraganete bajo diferentes dosis de fertilizante aplicadas mediante inyección. Se evaluaron seis tratamientos con dosis crecientes de fertilizante completo [N 12 %, P 11 %, K 18 %, Mg 2,7 %, S 8 %, SO₃ 20 %, B 0,015 %, Fe 0,2 %, Mn 0,02 %, Zn 0,02 %]: T1 (0 g/planta), T2 (30 g/planta), T3 (40 g/planta), T4 (50 g/planta), T5 (60 g/planta) y T6 (70 g/planta). El experimento se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron altura del retorno, perímetro del pseudotallo, número de hojas, días a la floración, días a la cosecha, peso del racimo, número de dedos por racimo, dedos exportables, ratio de conversión y análisis económico. Los resultados mostraron que T4 obtuvo la mayor altura del retorno y el mejor ratio de conversión; T2 registró el mayor perímetro del pseudotallo, el mayor número de días a la floración y a la cosecha, así como el mayor peso del racimo, el mejor rendimiento, la mayor producción de cajas por hectárea y la mejor relación beneficio/costo; T4 presentó el mayor perímetro del pseudotallo a la floración; T3 alcanzó el mayor número de hojas a la floración, el mayor número de dedos por racimo y la mayor cantidad de dedos exportables (Bravo-Farias, 2023).

Se llevó a cabo una investigación utilizando los productos Biofol y Biofork, desarrollados por la empresa Biogreen, para la fertilización interna de *Musa* spp. La aplicación se realizó mediante inyección directa en el pseudotallo de plantas ubicadas en las haciendas “Salapi” y “El Sauce” durante un periodo de cuatro meses. Se evaluaron como variables la altura y el diámetro del pseudotallo, comparando con testigos que mantuvieron el esquema de fertilización tradicional empleado por las empresas patrocinadoras. El análisis estadístico se

efectuó mediante ANOVA, evidenciándose la superioridad de la fertilización propuesta frente a la utilizada convencionalmente. Asimismo, el análisis costo–beneficio reveló un ahorro monetario potencial derivado de la implementación de la fertilización propuesta en comparación con el método tradicional (Correa-Santiana & Yáñez Troya, 2014).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción del sistema

La propuesta se basó en un sistema de fertilización axilar compuesto por una bomba manual de 20 litros con manómetro acoplado y boquilla cónica de descarga fina, más un tubo telescópico que permitió dirigir el flujo hacia la axila de la hoja 3, considerada la tercera hoja plenamente funcional.

La lógica operativa consistió en colocar la solución nutritiva en un punto de alta vascularización y corta distancia hacia los tejidos de mayor demanda, con el fin de favorecer la incorporación del nutriente y reducir pérdidas por escurrimiento o volatilización durante el primer ciclo del cultivo.

El ensayo adoptó un enfoque cuantitativo y se ejecutó en una finca ubicada en el kilómetro 47 de la vía Chone, entrada a Las Mercedes, sector “El Palmar”, cantón El Carmen, provincia de Manabí. Se organizaron tres lotes experimentales de 20 plantas cada uno; en cada lote, 10 plantas recibieron la fertilización axilar y 10 plantas quedaron como grupo de comparación sin tratamiento.

La aplicación se realizó de forma dirigida en el canal axilar del pseudotallo mediante la bomba manual, con control de presión a través del manómetro para asegurar uniformidad entre plantas. El tiempo operativo por planta osciló entre dos y tres minutos, según accesibilidad del terreno y manejo del equipo, y en total se trataron 30 plantas con la técnica axilar.

El diseño experimental fue simple, con grupos paralelos (axilar vs. testigo) en tres lotes independientes, y centró la técnica en una fertiirrigación axilar dirigida para favorecer la entrada del nutriente a través de tejidos fuertemente vascularizados. El equipo incluyó la bomba manual de 20 litros (modelo 435) y el manómetro (modelo 425), lo que permitió controlar la presión de salida y la dosificación. La evaluación de la respuesta se orientó al estado nutricional foliar, con muestreos destinados a cuantificar N, P, K, Ca, Mg y S, a fin de contrastar la absorción potencial entre tratamientos bajo condiciones reales de campo.

La preparación de la solución fertilizante se efectuó con Yara Tera™ KRISTALON Special, completamente soluble. Para este ensayo se disolvieron 2,5 g por litro de agua, dosis

ajustada al tamaño y demanda de plantas en primer ciclo, cuyo sistema radicular aún se encontraba en formación. La mezcla se preparó inmediatamente antes de cada jornada, se homogenizó y se colocó de manera directa en la axila del pseudotallo durante dos semanas consecutivas, con el objetivo de evitar sobre aportes y asegurar una entrega eficaz del nutriente en el sitio con mayor probabilidad de absorción.

Tabla 5. Desglose de gastos del ensayo de fertilización en plátano (2025)

| Ítem | Descripción | Cant. | 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 |
| Equipo | Manómetro (MOD 425/435/432) | 1 | 31,08 | 31,08 |
| Análisis foliar | 9 análisis INIAP (N, P, K, Ca, Mg) a 15,63 USD | 9 | 15,63 | 140,67 |
| Total | | | | 299,41 |

El desglose de gastos del ensayo es consistente: los ítems suman 294,75 USD y coinciden con el subtotal sin impuestos; el IVA reportado (4,66 USD) indica que la base gravada fue de 31,08 USD, correspondiente exclusivamente al manómetro, mientras que la bomba (115,00 USD), el análisis foliar (140,67 USD) y el fertilizante (8,00 USD) quedaron con tarifa 0 % o exentos. Con esa base, el total general asciende a 299,41 USD. En la estructura de costos, el análisis foliar concentra 47,73 % del subtotal, la bomba 39,02 %, el manómetro 10,54 % y el fertilizante 2,71 %.

Llevado a unidad, el esquema equivale a 9,98 USD por planta tratada (30 plantas) o 4,99 USD por planta si se prorroga sobre las 60 plantas del ensayo. Para cerrar técnicamente, conviene documentar la justificación tributaria de cada rubro, separar la inversión (equipo) del gasto operativo (fertilizante y análisis) y amortizar el equipo en varias campañas; la eliminación del tubo telescópico ya quedó reflejada en la reducción del subtotal, del IVA y del costo unitario.

3.2 Diseño y selección de tecnologías a implementar

El ensayo se ejecutó en una plantación de plátano Barraganete (*Musa AAB*) ya establecida y en su primer ciclo de producción, con el propósito de comparar rutas de suministro de nutrientes bajo criterios de simplicidad operativa, bajo costo y alta eficacia de absorción. La

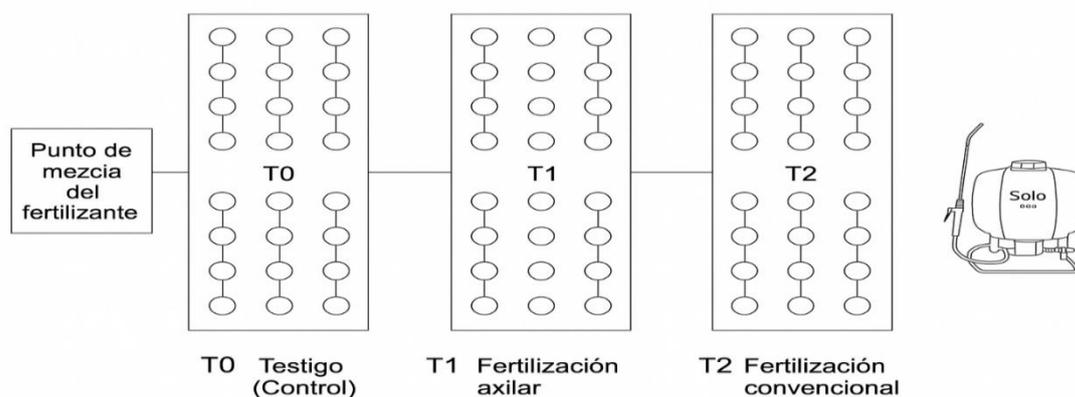
innovación central fue la fertilización axilar, que aprovechó la morfología de la planta para depositar la solución en la axila de la hoja 3, un punto de elevada actividad vascular en la base del pecíolo, acortando la distancia entre el nutriente y los tejidos de mayor demanda.

Como fuente soluble se empleó Kristalon™ Special, seleccionado por su completa solubilidad y equilibrio N–P–K con aporte de Mg y S; se trabajó con una concentración de arranque de 2,5 g·L⁻¹, según diagnóstico foliar y estado fenológico. Para que las diferencias respondieran exclusivamente a la vía de aplicación, se mantuvieron equivalencias de N–P–K entre tratamientos.

La aplicación se realizó con una bomba manual de 20 L (MOD 435) equipada con manómetro y tubo telescópico de carbono, lo que permitió controlar la presión y dirigir con precisión el chorro hacia la axila, minimizando escurrimientos. En paralelo, se establecieron comparadores operativos: T0 (testigo sin fertilización) como línea base y T2 (convencional) con el mismo fertilizante aplicado por aspersión foliar o al suelo, replicando el manejo habitual del productor.

Este diseño, implementado en un lote Barraganete en primer ciclo, garantiza rigurosidad comparativa, facilita la replicabilidad en fincas campesinas y favorece su transferencia a espacios de formación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí como un paquete tecnológico de fácil adopción para cultivos perennes.

Figura 2. *Croquis del sistema de fertilización*



3.2.1 Medición de la eficiencia de absorción de nutrientes

La eficiencia de absorción se determinó mediante diagnóstico foliar. Para ello se muestrearon hojas fisiológicamente activas la hoja 3 o 4 contadas desde el ápice libres de daños, plagas y síntomas de enfermedad. El muestreo se realizó 45 días después de la aplicación del fertilizante; las láminas recolectadas se acondicionaron y remitieron al Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la EET Pichilingue–INIAP, donde se cuantificaron las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y S con métodos estandarizados. Con base en esos resultados se estimó, para cada elemento, la eficiencia de absorción (E_{Ax}) utilizando la ecuación establecida en el protocolo experimental, tomando como referencia el tratamiento testigo y la dosis realmente aplicada a las plantas.

$$E_{Ax} = C_f - C_0$$

Donde:

- C_f concentración del nutriente en la hoja bajo tratamiento (T1 o T2)
- C₀ concentración del nutriente en la hoja del testigo

Esta diferencia refleja el incremento en la absorción foliar atribuible al fertilizante.

3.2.2 Cálculo de la eficiencia fisiológica (EF)

La eficiencia fisiológica se estimó con base en el rendimiento del cultivo y la cantidad de nutriente absorbido. La fórmula utilizada fue:

$$EF = \frac{Y_F - Y_0}{F}$$

- Y_f: rendimiento del cultivo con fertilización (kg/planta o kg/ha)
- Y₀: rendimiento del testigo
- F: cantidad del fertilizante (kg/ha) aplicado

3.3 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) | Ver Anexo 1 |
| Preparación del fertilizante Kristalon | Se pesaron 2,5 g de Fertilizante NPK soluble 18-18-18". Se disolvieron en 1 l de agua por planta, en un recipiente limpio. | Ver Anexo 2 |
| 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 2 |
| 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 4 |
| Aplicación del fertilizante (tratamiento convencional) | Se aplicó el fertilizante diluido al suelo, cerca del pseudotallo, siguiendo el método del productor. | Ver anexo 5 |
| Repetición del procedimiento | Se realizaron 10 aplicaciones en total, con frecuencia pasando dos días durante el periodo de estudio. | Ver anexo 6 |
| 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 |

3.4 RESULTADOS

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

A. Nitrógeno

Con la prueba t para muestras independientes la fertilización axilar presentó un promedio foliar de 4,50 % frente a 3,90 % en el testigo ($t = 0,80$; $p = 0,470$; homogeneidad de varianzas: $p_{HomVar} = 0,5765$). La diferencia no fue estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$).

De forma análoga, la fertilización edáfica mostró 3,95 % de N frente a 3,90 % en el testigo ($t = 0,08$; $p = 0,941$; $p_{\text{HomVar}} = 0,8082$), sin evidencia de efecto (Tabla 7).

En síntesis, ninguna vía de aplicación modificó de manera significativa el estado foliar de N en plantas de primer ciclo bajo el régimen y la ventana de evaluación empleados. Esto sugiere que, para detectar cambios en N, se requerirían mayor replicación, fraccionamiento y duración de la dosis, y/o un calendario de muestreo más denso (Jing et al., 2012).

B. Fósforo (P)

La vía axilar alcanzó un promedio foliar de 0,20 % frente a 0,17 % en el testigo y mostró diferencias significativas ($p = 0,0282$), lo que evidencia un efecto positivo de la aplicación localizada sobre el estado fosfatado de la planta. Por su parte, la vía edáfica registró 0,18 % frente a 0,17 % en el testigo ($p = 0,223$), sin significancia estadística (Tabla 7). En conjunto, los resultados indican que la entrega en axila fue más eficaz para elevar el P foliar bajo las condiciones evaluadas (Tabla 7).

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

| Variable | Grupo 1 | Grupo 2 | Med(1) | Med(2) | Diferencia (1-2) | pHomVar | t | p-valor |
|----------|---------|---------|--------|--------|------------------|---------|------|---------|
| N (%) | Axilar | Testigo | 4,5 | 3,9 | 0,6 | 0,5765 | 0,8 | 0,4701 |
| N (%) | Edáfico | Testigo | 3,95 | 3,9 | 0,05 | 0,8082 | 0,08 | 0,9411 |
| P (%) | Axilar | Testigo | 0,2 | 0,17 | 0,04 | 0,6154 | 3,36 | 0,0282 |
| P (%) | Edáfico | Testigo | 0,18 | 0,17 | 0,02 | 0,6154 | 1,44 | 0,223 |
| K (%) | Axilar | Testigo | 3,8 | 3,7 | 0,1 | 0,0013 | 0,94 | 0,4445 |
| K (%) | Edáfico | Testigo | 3,9 | 3,7 | 0,2 | 0,0029 | 1,75 | 0,2217 |
| Ca (%) | Axilar | Testigo | 0,59 | 0,57 | 0,02 | 0,8551 | 0,02 | 0,9879 |
| Ca (%) | Edáfico | Testigo | 0,56 | 0,5 | 0,06 | 0,9364 | 0,02 | 0,9883 |
| Mg (%) | Axilar | Testigo | 0,31 | 0,28 | 0,04 | 0,8197 | 0,52 | 0,6321 |
| Mg (%) | Edáfico | Testigo | 0,29 | 0,28 | 0,01 | 0,7679 | 0,14 | 0,8931 |
| S (%) | Axilar | Testigo | 0,26 | 0,24 | 0,02 | 0,6154 | 1,44 | 0,223 |
| S (%) | Edáfico | Testigo | 0,26 | 0,24 | 0,02 | >0,9999 | 2,45 | 0,0705 |

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).

C. Potasio (K)

La vía axilar presentó un promedio foliar de 3,80 % frente a 3,70 % en el testigo, sin diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,4445$). La aplicación edáfica alcanzó 3,90 %

frente a 3,70 %, también no significativa ($p = 0,2217$) y En estas condiciones experimentales, ninguna modalidad de aplicación modificó de forma significativa el K foliar (Tabla 7).

D. Calcio (Ca)

En calcio (Ca), la fertilización axilar registró una media de 0,59 % frente a 0,57 % del testigo, sin diferencias significativas ($p = 0,988$). De manera consistente, la aplicación edáfica alcanzó 0,56 % frente a 0,50 % en el testigo, también sin significancia estadística ($p = 0,9883$) (Tabla 7). En conjunto, estos resultados indican que, bajo las condiciones y el periodo evaluado, la concentración foliar de Ca no se incrementó de forma comprobable con ninguna de las dos vías de aplicación.

E. Magnesio (Mg)

En magnesio (Mg), la fertilización axilar registró una media de 0,31 % frente a 0,28 % del testigo, sin diferencias significativas ($p = 0,6321$). De forma consistente, la aplicación edáfica mostró 0,29 % frente a 0,28 % en el testigo, también sin significancia estadística ($p = 0,8931$) (Tabla 7). En conjunto, bajo las condiciones y el periodo evaluado, la concentración foliar de Mg no se incrementó de forma comprobable con ninguna de las dos vías de aplicación.

F. Azufre (S)

En azufre (S), la fertilización axilar registró una media de 0,26 % frente a 0,24 % del testigo, sin diferencias significativas ($p = 0,223$). De manera similar, la aplicación edáfica mostró 0,26 % frente a 0,24 %, con un $p = 0,0705$ que indica tendencia, pero sin alcanzar significancia (Tabla 7). En conjunto, bajo las condiciones y el periodo evaluado, la concentración foliar de S no se incrementó de forma comprobable con ninguna de las dos vías de aplicación.

En particular, la aplicación dirigida reduce el trayecto del fertilizante por el suelo, minimiza pérdidas por lixiviación y fijación (problema clásico del fósforo en suelos tropicales) y acerca el ión a tejidos con alta actividad vascular, lo que se traduce en mejor absorción efectiva (Jing et al., 2012). Además, el microambiente de la axila una cavidad que retiene la gota y prolonga el contacto con el tejido favorece una entrada progresiva de la solución, mecanismo señalado como ventajoso en cultivos tropicales de alta demanda cuando se busca eficiencia agronómica con dosis moderadas (Orozco, 2014).

3.4.2 Eficiencia de absorción foliar (EAX)

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

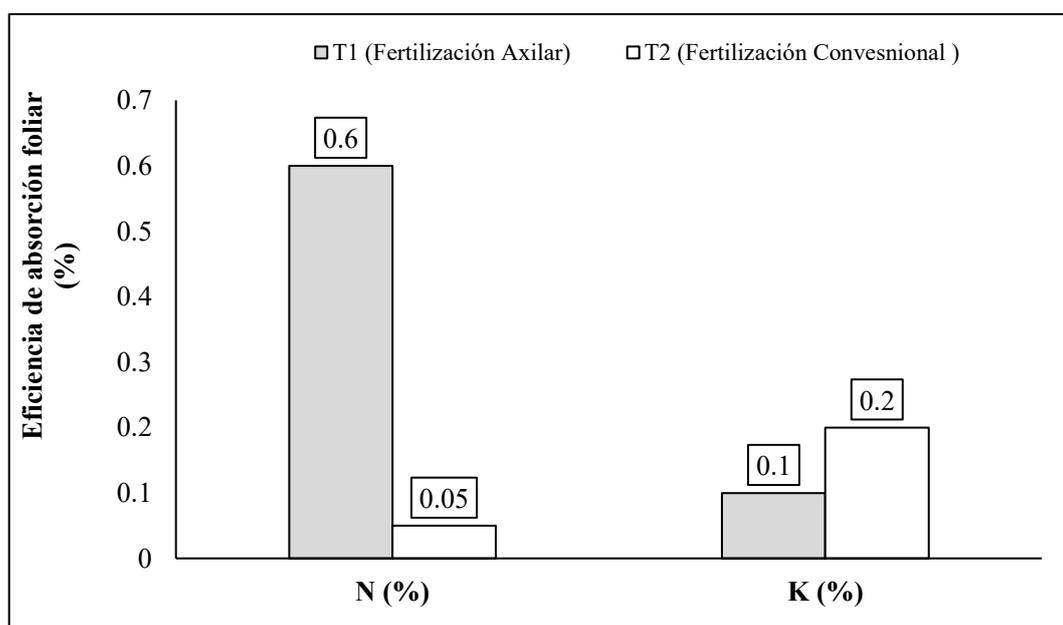
| Nutriente | Axilar (T1) | Testigo (T0) | EAX (T1) | Edáfica (T2) | Testigo (T0) | EAX (T2) |
|-----------|-------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|
| N (%) | 4,5 | 3,9 | 0,6 | 3,95 | 3,9 | 0,05 |
| P (%) | 0,2 | 0,17 | 0,03 | 0,18 | 0,17 | 0,01 |
| K (%) | 3,8 | 3,7 | 0,1 | 3,9 | 3,7 | 0,2 |
| Ca (%) | 0,59 | 0,57 | 0,02 | 0,56 | 0,5 | 0,06 |
| Mg (%) | 0,31 | 0,28 | 0,03 | 0,29 | 0,28 | 0,01 |
| S (%) | 0,26 | 0,24 | 0,02 | 0,26 | 0,24 | 0,02 |

Nota: CF concentración del nutriente en hoja tratada (T1 o T2); Co: concentración del nutriente en hoja testigo (T0); Un valor positivo indica mayor absorción atribuible al tratamiento aplicado.

En N, la aplicación axilar (T1) mostró la mayor ganancia relativa (EAX = 0,60; 4,5 % vs. 3,9 % del testigo), mientras que la edáfica (T2) apenas incrementó el N (EAX = 0,05; 3,95 % vs. 3,9 %). Es decir, bajo este esquema, la vía axilar tendió a elevar más el N foliar que la aplicación al suelo, aunque como se comprobó en las pruebas t esa diferencia no fue estadísticamente concluyente.

En K, ocurrió lo contrario: la edáfica registró mayor ganancia (EAX = 0,20; 3,9 % vs. 3,7 %) que la axilar (EAX = 0,10; 3,8 % vs. 3,7 %). No obstante, estas diferencias no resultaron significativas y, además, se detectó heterogeneidad de varianzas en K, es decir da igual la vía de aplicación.

Figura 3. Eficiencia de absorción foliar en Nitrógeno (N) y Potasio (k)



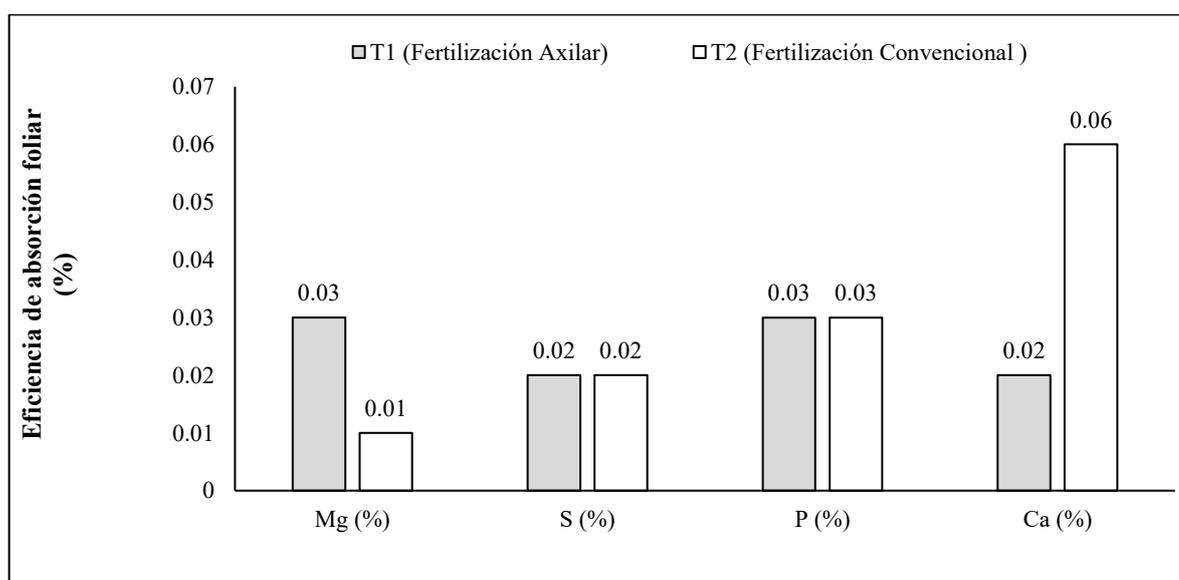
Para P, el patrón es nítido a favor de la axilar: EAX = 0,03 (0,20 % vs. 0,17 %), frente a 0,01 en la edáfica (0,18 % vs. 0,17 %). Este resultado coincide con los contrastes estadísticos, donde la vía axilar mostró un aumento significativo de P frente al testigo; es consistente con que el fósforo, poco móvil en el suelo, responde mejor cuando se “acorta” la ruta de entrada.

Para Ca, la edáfica también superó a la axilar en términos de EAX (0,06 vs. 0,02), lo que sugiere que el calcio altamente dependiente del flujo transpiratorio y de la continuidad del aporte desde el suelo se beneficia más del suministro edáfico en estas condiciones.

En Mg, la axilar mostró una pequeña ventaja (EAX = 0,03 frente a 0,01 de la edáfica), pero sin significancia; refleja una señal leve de mayor incorporación por la vía localizada. Finalmente, en S ambos tratamientos presentaron el mismo incremento (EAX = 0,02), con una tendencia algo más marcada en la edáfica según las pruebas ($p \approx 0,07$), aunque sin alcanzar el umbral convencional.

En conjunto, el EAX respalda que la aplicación axilar es especialmente eficaz para elevar P en plantas de primer ciclo y sugiere ventajas puntuales para N y Mg, mientras que K y Ca parecen responder mejor (o al menos igual) con el aporte edáfico. Dado el tamaño muestral reducido y la corta ventana de evaluación, estas lecturas deben verse como orientativas; para convertirlas en recomendación firme conviene aumentar la replicación, muestrear en más de un momento y mantener equivalencias de dosis para aislar el efecto de la vía de aplicación.

Figura 4. Eficiencia de absorción foliar (EAX) de Mg, S, P y Ca en plátano (*Musa AAB*) bajo tratamientos T1 (fertilización axilar) y T2 (fertilización edáfica)



Estudios de Islam et al. (2023), señalan que, en *Musa* spp., los puntos de aplicación localizados favorecen la entrada de nutrientes al mantener un contacto prolongado con tejidos fisiológicamente activos. En esa línea, situar la dosis en la axila de la tercera hoja puede mejorar la eficiencia cuando el nutriente enfrenta limitaciones edáficas, tal como sugieren nuestros propios resultados.

Estos resultados apuntan a que el fertilizante rinde más cuando se aplica por la vía axilar ya que al colocar la dosis en un punto altamente vascularizado (la axila foliar), se acorta la ruta de entrada, se reducen pérdidas en el suelo (fijación y lixiviación) y se favorece una absorción en consecuencia, cada kilo aplicado se traduce en más rendimiento (Orozco, 2014). Hallazgos similares reportan que la localización precisa del insumo sobre tejidos fisiológicamente activos mejora de forma consistente el aprovechamiento del fertilizante (Sanmartín-Galván et al., 2023).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La forma de aplicar el fertilizante por la axila usando una bomba manual con lanza dosificadora funcionó bien en campo. Fue cómoda de manejar, permitió apuntar exactamente a la zona donde la planta lo aprovecha mejor (la axila de la tercera hoja) y no causó daños visibles.

La aplicación axilar demostró ser superior solo para incrementar el fósforo foliar. Para los demás nutrientes, no se comprobó una ventaja concluyente, indicando que su eficacia depende de las propiedades específicas de cada elemento, las condiciones del suelo y de las plantas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar la fertilización axilar como práctica eficiente en sistemas plataneros, especialmente en parcelas de mediana escala que busquen aumentar la eficiencia del fertilizante sin elevar los costos ni la huella ambiental.

Para el escalamiento, se sugiere mecanizar parcialmente la aplicación (regulador de presión, boquillas calibradas, lanzas telescópicas y bombas de mayor rendimiento) con el fin de disminuir el esfuerzo físico, ampliar la cobertura por jornada y mejorar la uniformidad de entrega, asegurando así la sostenibilidad operativa del sistema.

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.
- Al-Zubaidy, N., Al-Mubarak, N. F., & Ahmed, A. (2021). The Effect Of Fertilization And Repeated Mowing On Some Vegetative Characteristics And Yield Of Panicum Mombasa Plant. *Journal of Life Science and Applied Research*, 2(2), 34-45.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Fideas G.
- Arias, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, 1(1), 66-78.
- Aristizabal Loaiza, M. (2010). Efecto de la frecuencia de fertilización con nitrógeno y potasio sobre el crecimiento, producción y severidad de las Sigatocas del plátano (*Musa AAB*) Dominico Hartón. *Agronomía*, 18, 19-28.
- 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.
- Bravo-Farias, C. A. (2023). *Aplicación de fertilizante con la técnica de inyección en la producción de plátano barraganete (Musa AAB)*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/6368>
- 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-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>
- Correa-Santiana, F. R., & Yáñez Troya, E. I. (2014). *Efecto de la respuesta a técnicas avanzadas de fertilización interna con bioestimulantes de crecimiento en Musaceae (Musa Spp.)* [bachelorThesis, Universidad de las Américas, 2014]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2450>
- 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*.
- 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.ulead.edu.ec/handle/123456789/5170>
- 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.

Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. [https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-](https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS)

[79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS](https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS)
[oASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS)

Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de, 20(1)*.

INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario metereológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.

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.

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, M. K. L., Tamayo, A. R. N., & Gómez, L. R. J. (2023). *Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento de nueve variedades de musáceas en Santo Domingo de los Tsa'chilas: Effect of edaphic fertilization on the growth of nine varieties of Musaceae in Santo Domingo de los Tsa'chilas*.

Marin, V. (2023). *Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano dominico-hartón (aab) (Musa paradisiaca) y su respuesta productiva* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abeirta a Distancia]. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/56702>

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.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 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.
- 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.

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.

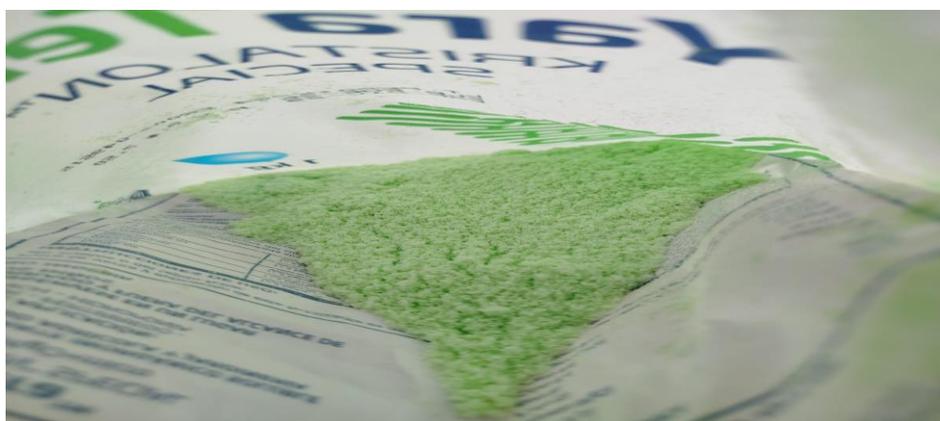
YaraTera. (2025). *YaraTera Kristalon SPECIAL*. YaraTera.

ANEXOS

Anexo 1. Selección y marcación de plantas



Anexo 2. Preparación del fertilizante Kristalon



Anexo 3. Verificación y armado del equipo de aplicación



Anexo 4. Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)



Anexo 5. Aplicación del fertilizante (tratamiento axilar)



Anexo 6. Toma de la muestra en el tratamiento de fertilización axilar



Anexo 7. Toma de la muestra en el tratamiento de fertilización edáfica



Anexo 8. Reporte de análisis de foliares



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.ectp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANÁLISIS FOLIARES

| DATOS DEL PROPIETARIO | | | DATOS DE LA PROPIEDAD | | | PARA USO DEL LABORATORIO | | |
|-----------------------|--------------------------------|--|-----------------------|----------------|--|----------------------------|-----------|--|
| Nombre : | HERRERA TORRES IRENE FERNANDA | | Nombre : | S/N | | Cultivo : | PLÁTANO | |
| Dirección : | SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS | | Provincia : | Manabí | | Nº de Reporte : | 13347 | |
| Ciudad : | SANTO DOMINGO | | Cantón : | El Carmen | | Fecha de Muestreo : | 29/6/2025 | |
| Teléfono : | 0968652074 | | Parroquia : | El Carmen | | Fecha de Ingreso : | 30/6/2025 | |
| Fax : | | | Ubicación : | Reto, Mercedes | | Fecha de Salida : | 6/7/2025 | |

| Nº Muestr. Laborat. | Datos de Lote | | Elementos (%) | | | | | | | | | | Elementos (ppm) | | | |
|---------------------|----------------|------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|----|----|-----------------|---|----|----|
| | Identificación | Area | N | P | K | Ca | Mg | S | Cl | Zn | Cu | Fe | Mn | B | Mo | Na |
| 86733 | M I | | 5,3 E | 0,21 E | 3,49 A | 0,91 E | 0,40 E | 0,29 E | | | | | | | | |
| 86734 | M II | | 4,8 E | 0,19 A | 3,31 A | 0,94 E | 0,38 E | 0,27 E | | | | | | | | |
| 86735 | M III | | 4,6 E | 0,18 A | 4,09 E | 0,97 E | 0,35 E | 0,25 A | | | | | | | | |



INTERPRETACIÓN
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Después de eso, se congelará y analizará en los resultados.



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

Tesis - Herrera Torres Irene Fernanda

6%
Textos
sospechosos

- 16% Similitudes (ignorado)
 - 0% similitudes entre comillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 6% Idiomas no reconocidos
- 9% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis - Herrera Torres Irene Fernanda.docx
ID del documento: a2b16f090fe5a9477b09bb0a41bcc6185eef795c
Tamaño del documento original: 1,09 MB

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

Número de palabras: 7998
Número de caracteres: 52.278

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|-------------|---|
| 1 | JAMA YOMELI.docx JAMA YOMELI #e774c7 Viene de de mi biblioteca 4 fuentes similares | 13% | | Palabras idénticas: 13% (1005 palabras) |
| 2 | Tesis Carlos Bravo.docx Tesis Carlos Bravo #922a1c Viene de de mi grupo 1 fuente similar | 1% | | Palabras idénticas: 1% (101 palabras) |
| 3 | Informe final Vicky Herrera compilatio.docx Informe final Vicky Herr... #ea977b Viene de de mi grupo 2 fuentes similares | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (60 palabras) |

Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|-------------|--|
| 1 | www.dspace.uce.edu.ec https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3b51cb33-4a54-44d7-a996-9e663... | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |
| 2 | dspace.udla.edu.ec Efecto de la respuesta a técnicas avanzadas de fertilización ... http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2450/6/UDLA-EC_TIAG-2014-15(S).pdf.txt | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |
| 3 | Documento de otro usuario #24a5b2 Viene de de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |
| 4 | doi.org Respuesta del cultivo de camote (Ipomoea batatas) a la aplicación de bio... https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.6908 | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (12 palabras) |
| 5 | www.scielo.org.mx Chrysanthemum response to foliar methanol application a... http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50187-57792010000200004&lng=... | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |