



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE CÁMARA TÉRMICA PARA EVALUAR NUTRIENTES
ENCAPSULADOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PLÁTANO”**

AUTOR: Carmen Yulissa Basurto Pinargote

TUTOR: Ing. Ricardo Paúl González Dávila, *M.C*

El Carmen, septiembre 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 1 de 1

CERTIFICACIÓN

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

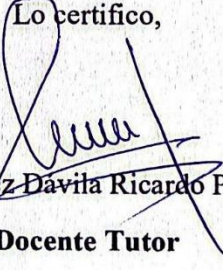
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Carmen Yulissa Basurto Pinargote**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de cámara térmica para evaluar nutrientes encapsulados en la producción de plántulas de plátano”**

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 de 2025

Lo certifico,


Ing., González Dávila Ricardo Paúl, M.C

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**“Implementación de cámara térmica para evaluar nutrientes encapsulados
en la producción de plántulas de plátano**

AUTOR: Basurto Pinargote Carmen Yulissa

TUTOR: Ing. Ricardo Paúl González Dávila, *M.C*

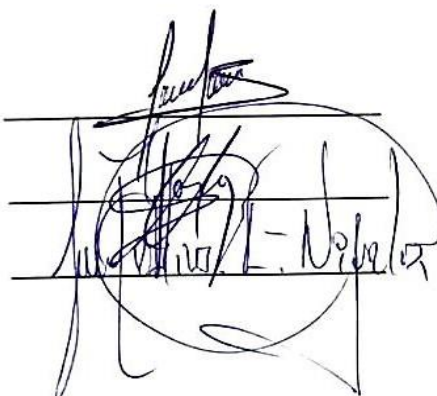
**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg

Ing. Vivas Cedeño Jorge, Mg

Ing. Nivelá Morante Pedro, Mg

The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The signatures are cursive and somewhat stylized. The first signature is at the top, the second in the middle, and the third at the bottom. The lines are evenly spaced and extend across the width of the signatures.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Carmen Yulissa Basurto Pinargote con cedula de ciudadanía 230060556-1 , 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 **"Implementación de cámara térmica para evaluar nutrientes encapsulados en la producción de plántulas de plátano "**, 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,


Carmen Yulissa Basurto Pinargote

El Carmen, 8 de agosto del 2025

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida. Gracias por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por enseñarme con el ejemplo que los sueños se alcanzan con trabajo y perseverancia.

A mis hermanos, por su compañía, sus consejos y por estar siempre a mi lado, celebrando mis logros y animándome en los momentos difíciles.

A mi abuelita, que aunque ya no está físicamente conmigo, vive en mi corazón. Su sabiduría, cariño y enseñanzas seguirán guiando mis pasos para siempre. Esta meta también es tuya.

A mi gatito, que me dio tanto amor y alegría. Su presencia llenó mis días de ternura y aunque partió, su recuerdo sigue acompañándome. Este logro también va por ti.

Gracias a cada uno por formar parte de mi historia y ayudarme a llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios y a la Virgen Santísima, por la fortaleza constante en cada paso de este camino.

A mis padres Tolome Basurto y Carmen Pinargote por su amor incondicional y a los sacrificios que muchas veces hicieron en silencio, por creer en mí incluso cuando yo misma dude de mis capacidades. Su ejemplo y apoyo fueron mi mayor motivación para seguir adelante.

A mi hermana y hermanos, gracias por estar presente en mi vida con su cariño, consejos y palabras de aliento.

Especialmente a mi hermano Gipson que fue el que me impulso para que siga estudiando y me ayudó económicamente

A mi abuelita Victoria Jurado por sus oraciones, sus consejos, especialmente por haberme permitido cobijarme en su casa durante toda esta etapa de mi carrera, tu existencia fue una bendición y sé que donde quiera que estés estarás sintiéndote orgullosa de que pueda lograr lo que en vida te conté que haría.

A mi tía Lucila por su apoyo constante, por escucharme, animarme y hacerme compañía cuando lo necesité, su presencia ha sido como un segundo hogar en mi corazón.

A mis amiguitas gracias por su compañía en cada momento, por las risas, los desahogos, los mensajes de aliento y por caminar junto a mí durante este proceso.

Al Ing. Paúl, por su valiosa orientación, por su paciencia, por su compartir sus conocimientos y por motivarme a superarme. Gracias por ser parte fundamental en la culminación de esta tesis.

A mis gatitas Chiqui y Mochi, por ser mi compañía silenciosa y constante durante este proceso. Su presencia, aunque sencilla, me brindo calma y motivación en los momentos de mayor cansancio, convirtiéndose en una fuente especial de inspiración y afecto.

ÍNDICE

PORTADA	I
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRATC	XIV
INTRODUCCIÓN.....	15
Objetivo general	16
Objetivos específicos.....	16
Hipótesis.....	16
CAPITULO I.....	17
1 Marco teórico.	17
1.1 Cámara térmica: Principios y aplicaciones.....	17
1.2 Evaluación de nutrientes encapsulados.	17
1.2.1 Tipos de nutrientes importantes para el plátano.	17
1.3 Ventajas de la encapsulación.	17
1.4 Impacto de la temperatura en el desarrollo de plántulas de plátano.	18
1.4.1 Temperaturas óptimas.....	18
1.4.2 Temperaturas bajas.	18
1.4.3 Temperaturas altas.	18
1.5 Relación entre la salud de las plántulas y la detección térmica.....	18
1.6 Producción de plántulas de plátano.	18
1.7 Cámara térmica y la propagación de plántulas con nutrientes encapsulados.	19
1.8 Nitrógeno encapsulado en arcilla.	19

1.9	Fósforo encapsulado en arcilla.	19
1.10	Potasio encapsulado en arcilla	20
1.11	N-P-K encapsulados en arcilla.....	20
1.12	Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) encapsulados en arcilla.....	20
CAPITULO II.....		21
2	Estado del arte.....	21
CAPITULO III		22
3	Diagnóstico y estudio de campo	22
3.1	Ubicación del ensayo.....	22
3.2	Condiciones climáticas	22
3.3	Materiales y equipos.....	22
3.4	Construcción de cámara térmica.....	22
3.5	Experimento.....	23
3.6	Insumos.....	23
3.7	Preparación del sustrato.....	23
3.8	Preparación de encapsulado de nutrientes.	23
3.9	Procedimiento.....	24
3.10	Preparación del material vegetal de la investigación.....	24
3.11	Siembra del material vegetativo.....	24
3.12	Aplicación de los tratamientos.....	24
3.13	Unidad experimental.....	24
3.14	Modelo experimental.	24
3.15	Tratamientos.	25
3.16	Características de las unidades experimentales.	25
3.17	Análisis estadístico.....	26
3.18	Variables (Variables independientes).	26
3.19	Variables dependientes.	26

3.20	Descripción de las variables a medir.	26
3.20.1	Altura (cm).....	26
3.20.2	Perímetro del pseudotallo.	26
3.20.3	Número de hojas.	26
3.20.4	Número de raíces totales.....	26
3.20.5	Numero de raíces sanas.....	27
3.20.6	Área foliar.	27
CAPITULO IV		28
4	Evaluación de resultados.....	28
4.1	Altura promedio de las plantas	28
4.2	Perímetro del pseudotallo	28
4.3	Número de hojas.....	29
4.4	Área foliar.....	30
4.5	Número de raíces totales.....	31
4.6	Número de raíces sanas	31
4.7	Longitud máxima de raíces.....	32
CAPITULO V		33
5	Conclusiones	33
CAPITULO VI.....		34
6	Recomendaciones	34
BIBLIOGRAFÍA.....		XXXV
ANEXOS.....		XXXVIII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones geográficas del lugar.....	22
Tabla 2. Diseño de ADEVA en evaluación de encapsulado de macro y micro nutrientes para el desarrollo de plántulas de plátano, fase de vivero.	24
Tabla 3. Tratamientos utilizados para la investigación	25
Tabla 4. Tratamientos para la evaluación de encapsulado de micro y macro nutrientes en el desarrollo de plántulas de plátano.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del vivero donde se realizará la investigación	22
Figura 2. Altura promedio de las plantas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla.....	28
Figura 3. Perímetro promedio de los pseudotallo.....	29
Figura 4. Número promedio de hojas de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla	29
Figura 5. Área foliar promedio de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla	30
Figura 6. Número promedio de raíces de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla	31
Figura 7. Número promedio de raíces sanas de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla	32
Figura 8. Longitud promedio de raíces de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la altura de planta	XXXVIII
Anexo 2. Análisis de varianza del perímetro del pseudotallo	XXXVIII
Anexo 3. Análisis de varianza del número de hojas	XXXIX
Anexo 4. Análisis de varianza del área foliar (cm).....	XXXIX
Anexo 5. Análisis de varianza del número de raíces totales	XL
Anexo 6. Análisis de varianza del número de raíces sanas	XL
Anexo 7. Análisis de varianza de la longitud máxima de raíces	XLI
Anexo 8. Longitud máxima de raíces.....	XLI
Anexo 9. Plántulas en investigación.	XLI
Anexo 10. Toma de datos.....	XLII

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo implementar y evaluar una cámara térmica para determinar el efecto de nutrientes encapsulados en el desarrollo de plántulas de plátano (*Musa* AAB) durante la fase de vivero. El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental Rio Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, bajo un Diseño Completamente al Azar con siete tratamientos 5 cinco repeticiones llegando a un total de 35 unidades experimentales. Dichos tratamientos incluyeron nutrientes encapsulados en arcilla (macronutrientes y micronutrientes) en diferentes combinaciones, así como un testigo sin fertilización. Las variables evaluadas fueron altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas, número total de raíces sanas, longitud de raíces y área foliar, analizadas mediante ANOVA y prueba de Tukey al 5% de significancia. Los resultados evidenciaron que el tratamiento T5 (NPK encapsulado) obtuvo los mayores valores en altura (23 cm) y diámetro de pseudotallo (10,1 cm), mientras que T7 (micronutrientes encapsulados) presentó el mayor número de raíces (21) y área foliar (692,96 cm²). T2 (nitrógeno encapsulado) destacó en longitud de raíces (47,8 cm), aunque con menor desarrollo aéreo.

Se concluye que el uso de la cámara térmica en conjunto con tecnologías de encapsulación de nutrientes mejora la liberación controlada y eficiente de elementos esenciales, favoreciendo el crecimiento inicial de *Musa* AAB en condiciones controladas. Se recomienda la aplicación combinada de NPK y micronutrientes encapsulados para optimizar el desarrollo radicular y aéreo en etapas tempranas, así como el uso de cámaras térmicas como herramienta estándar en viveros especializados.

Palabras clave: Cámara térmica, nutrientes encapsulados, *Musa* AAB, macro propagación, vivero.

ABSTRACT

The objective of this research was to implement and evaluate a thermal chamber to determine the effect of encapsulated nutrients on the development of plantain (*Musa AAB*) seedlings during the nursery phase. The study was carried out at the Rio Suma Experimental Farm of the Eloy Alfaro Laica University of Manabí, El Carmen extension, under a completely randomized design with seven treatments and five replications, reaching a total of 35 experimental units. These treatments included clay-encapsulated nutrients (macronutrients and micronutrients) in different combinations, as well as a control without fertilization.

The variables evaluated were height, pseudostem diameter, number of leaves, total and healthy number of roots, root length and leaf area, analyzed by ANOVA and Tukey's test at 5% significance. The results showed that treatment T5 (encapsulated NPK) obtained the highest values in height (23 cm) and pseudostem diameter (10.1 mm), while T7 (encapsulated micronutrients) presented the highest number of roots (21) and leaf area (692.96 cm²). T2 (encapsulated nitrogen) stood out in root length (47.8 cm), although with less aerial development.

It is concluded that the use of a thermal chamber in conjunction with nutrient encapsulation technologies improves the controlled and efficient release of essential elements, favoring the initial growth of *Musa AAB* under controlled conditions. The combined application of NPK and encapsulated micronutrients is recommended to optimize root and aerial development in the early stages, as well as the use of thermal chambers as a standard tool in specialized nurseries.

Keywords: thermal chamber, encapsulated nutrients, *Musa AAB*, macro propagation, nursery.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los plátanos son el primer producto globalizado del mundo moderno y siguen siendo las frutas más exportadas, los más consumidos y uno de los principales productos que conforman el movimiento diario en el mercado internacional. Aun cuando los datos referentes a su producción, consumo y comercio, pueden subestimarse por el carácter extensivo del cultivo que incluye pequeñas parcelas familiares, la información disponible refleja su importancia en la oferta global que ha aumentado en las últimas décadas.

La técnica de micro propagación en cámara térmica se convierte en una opción accesible, barata y de fácil uso para pequeños productores de banano y plátano, dado que la cámara térmica ofrece la ventaja de la termoterapia, la cual permite limpiar el material de siembra de plagas y enfermedades, así como también activar yemas latentes y potencializar la tasa de multiplicación (Swennen & Vuylsteke, 1991; Álvarez, 2012). No obstante, este efecto también podría depender del tipo de plástico utilizado en la estructura de la cámara.

La aplicación de nuevas técnicas agrícolas en los cultivos tiende a mejorar su productividad y rentabilidad. En el cultivo de plátano se han desarrollado tecnologías de micro propagación masiva de material de siembra, lo cual requiere ser validado para valorar su impacto productivo y económico, especialmente en regiones como la provincia de Manabí (Zambrano, 2021). Además, se vienen aplicando técnicas para encapsular productos agroquímicos como: fertilizantes, plaguicidas y fungicidas, además de insumos biológicos, los mismos que se orientan a obtener una protección para los componentes fertilizantes o cepas de microorganismos, con la finalidad de aprovecharlos de manera más eficiente mediante la liberación controlada de los compuestos nutritivos en todas las etapas del desarrollo de las plantas.

Según la (ONU, 2015), en el documento *Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, en su objetivo número dos: “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, en su meta 2.5 se plantea que, para el 2030, se debe mantener la variedad genética de semillas, plantas cultivadas y animales de granja, entre otros, promoviendo un acceso justo y equitativo a los beneficios derivados del uso de recursos genéticos y conocimientos tradicionales.

En las plantas la nutrición apropiada es fundamental para su desarrollo óptimo. La deficiencia o el exceso de ciertos nutrientes pueden provocar desde un crecimiento deficiente hasta la muerte de la planta. En el caso específico del plátano, estudios han demostrado que una nutrición equilibrada influye directamente en el desarrollo, la producción de frutos y la resistencia a enfermedades (Jiménez & Cordero, 2018). Por esta razón, se vuelve crítico establecer métodos eficaces para evaluar la

disponibilidad de nutrientes. Los fertilizantes encapsulados están ganando popularidad porque promueven una liberación gradual y eficiente de los nutrientes. Utilizar una cámara térmica para evaluar estos sistemas puede brindar información valiosa sobre el rendimiento de la encapsulación y la efectividad de la liberación de nutrientes a lo largo del tiempo (Silvia&Gomez, 2020). Esta tecnología permite un análisis más efectivo de las necesidades nutricionales de las plántulas y contribuye a un manejo más eficiente de insumos, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental de la agricultura.

Objetivo general

Implementar una cámara térmica para evaluar nutrientes encapsulados sobre el desarrollo de plántulas de plátano.

Objetivos específicos

- ❖ Diseñar y construir una cámara térmica.
- ❖ Determinar la influencia de nutrientes encapsulados sobre las variables agronómicas de *Musa* AAB, bajo cámara térmica.

Hipótesis

Ho. Los nutrientes encapsulados no tienen influencia sobre el desarrollo de plántulas de *Musa* AAB bajo condiciones de cámara térmica.

Hi. Los nutrientes encapsulados tienen influencia sobre el desarrollo de plántulas de *Musa* AAB bajo condiciones de cámara térmica.

CAPITULO I

1 Marco teórico.

1.1 Cámara térmica: Principios y aplicaciones.

La cámara térmica es una estructura controlada que combina el aislamiento y la captación de luz de un invernadero con sistemas de monitoreo térmico. Está construida con materiales como policarbonato o vidrio, y equipada con sistemas de control de temperatura y humedad, lo que permite mantener condiciones ambientales constantes para el cultivo de plántulas de plátano. La implementación de una cámara térmica permite registrar de forma no invasiva la temperatura superficial de las hojas, indicador clave del estado hídrico y nutricional de las plantas. Este tipo de instalación es especialmente útil en investigaciones sobre fertilización con nutrientes encapsulados, ya que facilita la detección temprana de cambios fisiológicos, reduciendo la influencia de factores externos y mejorando así la precisión experimental (Hernández, 2019).

1.2 Evaluación de nutrientes encapsulados.

La encapsulación de nutrientes es una técnica que permite reducir mayormente la utilización de fertilizantes. La liberación controlada de nutrientes mejora la eficiencia de absorción y reduce los efectos negativos tanto de la lluvia como de la erosión del suelo. En el caso del plátano el correcto uso de suministros de macro y micro nutrientes es crucial para el desarrollo saludable de las plántulas (Clemens, 2019).

1.2.1 Tipos de nutrientes importantes para el plátano.

Nitrógeno (N). Estimula el desarrollo de las hojas y raíces en la primera etapa del desarrollo.

Fosforo (p). Muy importante en las primeras fases de crecimiento.

Potasio (K). Es uno de los elementos más importantes en la fructificación del cultivo.

1.3 Ventajas de la encapsulación.

Las tecnologías de encapsulamiento de agroquímicos están orientadas a que dichos compuestos estén protegidos para evitar que se pierdan o bien de forma añadida puedan liberar los nutrientes específicos en una etapa determinada de crecimiento del cultivo cuando más los necesita. Implica generar partículas de fertilizantes o activos biológicos recubiertas o incrustadas en una sustancia que sirve al mismo tiempo como capsula de protección o vehículo de traslado. Las formulaciones de

liberación lenta minimizan el impacto ambiental al reducir la lixiviación (el agua lava el suelo), volatilización y degradación de agroquímicos. Dependiendo de los materiales y métodos utilizados, es posible obtener nano y micro esferas, o nano y micro cápsulas, que difieren tanto estructuralmente y en términos de su composición (OLMOS, 2019).

1.4 Impacto de la temperatura en el desarrollo de plántulas de plátano.

1.4.1 Temperaturas óptimas.

Las condiciones ideales para el cultivo de plátano requieren calor y humedad. Mientras el cultivo reciba suficiente agua y nutrientes, pueden crecer en regiones, en ladera hasta una altura de 1200 metros

1.4.2 Temperaturas bajas.

Las temperaturas inferiores a 15°C pueden impedir el crecimiento de la planta y de los plátanos.

1.4.3 Temperaturas altas.

El microclima al interior de la cámara térmica acorta el tiempo de brotación de las yemas vegetativas, así como su desarrollo. En un tiempo de hasta 18 días se obtiene mayor brotación de yemas y más emergencia con temperatura alta que cuando se propaga esta semilla en condiciones ambientales externas que pueden llegar hasta los 29 días empleando la misma técnica (Rodríguez, 2023).

1.5 Relación entre la salud de las plántulas y la detección térmica.

La relación entre la salud de las plántulas y la detección térmica radica en que las plantas emiten radiación infrarroja según su temperatura superficial, la cual está influenciada por su estado fisiológico. Estos cambios en la temperatura foliar y del sustrato pueden indicar problemas como estrés hídrico deficiencias nutricionales, enfermedades entre otros factores (Barrantes, 2017).

1.6 Producción de plántulas de plátano.

Es una actividad agrícola clave en la propagación de cultivos de plátano. La forma más común de producir estas plántulas es a través de la propagación vegetativa, ya que el plátano no se reproduce por semillas, sino por brotes o hijuelos que emergen de la planta madre (planta, 2023).

1.7 Cámara térmica y la propagación de plántulas con nutrientes encapsulados.

La cámara térmica provee las condiciones de microclima ideales para la multiplicación de plántulas de *Musa* AAB, pero se requiere adicionar insumos químicos o biológicos para obtener mejores resultados, en este contexto comercialmente hay productos que se elaboran en la industria mediante síntesis de moléculas químicas, los que llevan por nombre “agroquímicos”, además se tienen los insumos provenientes de compuestos orgánicos los mismos que llevan por nombre de “biorgánicos”. El aprovechamiento de los nutrientes mediante fórmulas químicas o biológicas tiene limitaciones, debido a que son vulnerables a procesos no deseados, existiendo la probabilidad de utilizarse de manera irracional, lo que produce aumento en el proceso productivo, contaminación del medio ambiente y afectación a la salud humana, (Romero, 2019).

En los viveros uno de los problemas que se presentan al momento del aprovechamiento de los nutrientes (químicos u orgánicos) es que el porcentaje de aprovechamiento de los nutrientes es muy bajo, debido a que los nutrientes se pierden por lavado del riego, siendo una alternativa la encapsulación de los mismos, método con el que se entregan a la planta los nutrientes de manera controlada, haciendo más eficiente la nutrición. Para crear cápsulas se han puesto en consideración y uso, polímeros sintéticos y naturales, siendo estos últimos los más adecuados para el trabajo, debido a su alta biodegradabilidad, y compatibilidad con el medio (Flores, 2023).

1.8 Nitrógeno encapsulado en arcilla.

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento inicial del plátano, este interviene en la síntesis de proteínas, clorofila y compuestos orgánicos necesarios para la fotosíntesis y el desarrollo foliar. En sistemas convencionales de fertilización, las pérdidas por lixiviación, volatilización y desnitrificación pueden superar el 50%, principalmente en suelos de textura ligera y climas húmedos como los presentes en zonas tropicales (Castillo, 2024).

1.9 Fósforo encapsulado en arcilla.

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para el cultivo de plátano, particularmente en la fase inicial, ya que interviene en la formación y crecimiento radicular, el almacenamiento y transferencia de energía (ATP/ADP), y la síntesis de ácidos nucleicos. En vivero, su disponibilidad es determinante para lograr plántulas con raíces vigorosas que faciliten el establecimiento en campo. En suelos

tropicales, el fósforo soluble se fija ligeramente por reacciones con hierro, aluminio o calcio, quedando indisponible para la planta. Para disminuir estas pérdidas, la encapsulación en arcilla actúa como barrera protectora y sistema de liberación controlada. (Diana, 2020).

1.10 Potasio encapsulado en arcilla

Es el nutriente requerido en mayores cantidades por las plantas. El potasio es considerablemente diferente de otros macronutrientes, tanto en su función dentro de las plantas como en la forma en la que está disponible. Posee funciones en la apertura y cierre de estomas, el control de la turgencia en células, el mecanismo de transporte de almidones y azúcares, actúa en la síntesis de proteínas, en la activación de enzimas, beneficia el crecimiento de raíces, propicia que los tallos de las plantas estén sanos y resistentes, así como en la disminución de los efectos de la sequía (Arturo, 2016).

1.11 N-P-K encapsulados en arcilla.

El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son los macronutrientes primarios que determinan el desarrollo, la formación radicular, la producción de biomasa y la resistencia de las plántulas de plátano (*Musa AAB*). Sin embargo, en sistemas de fertilización convencionales, gran parte de estos nutrientes se pierde por lixiviación, fijación y volatilización, especialmente en suelos tropicales de textura ligera y alta pluviosidad (Dovzhenko, 2024).

1.12 Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) encapsulados en arcilla.

Los micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque se requieren en cantidades muy pequeñas. Mas, sin embargo, su disponibilidad en el suelo puede verse limitada por varios factores, como son la forma química en la que se encuentran o la disponibilidad con otros elementos (Diana, 2020).

CAPITULO II

2 Estado del arte.

El estudio de la utilización de nutrientes encapsulados en arcillas para el desarrollo de plántulas de plátano en condiciones controladas, como cámara térmica o invernadero, es un área en crecimiento dentro de la agronomía y la biotecnología.

Esta tecnología puede ser realizada directamente en campo o en propagadores donde el uso de cámaras de crecimiento con alta temperatura (termoterapia) y humedad, garantiza una rápida brotación de yemas y limpieza del material de siembra. Además, el uso de sustratos adecuados y biorreguladores ayudan a dar mejores condiciones de crecimiento y sanidad a los rizomas tratados, así como también potencializar su tasa de multiplicación (Niukwe, 2007).

Según investigaciones de (Martinez A. D., 2019), el uso de cámaras térmicas en la propagación de musáceas no solo incrementa la tasa de multiplicación, sino que mejora la calidad fitosanitaria del material propagado mediante termoterapia. En el presente estudio, el uso de cámara térmica combinado con nutrientes encapsulados permitió mantener ambientes controlados que optimizan la liberación gradual de nutrientes y el desarrollo inicial de las plántulas.

CAPITULO III

3 Diagnóstico y estudio de campo

3.1 Ubicación del ensayo.

La presente investigación se realizó en la granja experimental Río Suma (Fig.1) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, Provincia de Manabí la misma que se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: X = 674967, Y= 9971156 y Z=266 msnm.

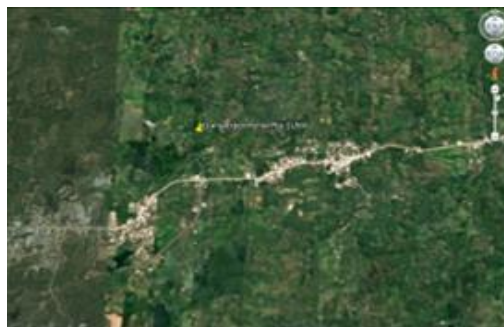


Figura 1. Ubicación del vivero donde se realizará la investigación

3.2 Condiciones climáticas

Suelos	Franco arenoso
Temperatura	20,4°C – 29,2°C
Humedad	89,47%

Tabla 1. Condiciones geográficas del lugar

3.3 Materiales y equipos.

3.4 Construcción de cámara térmica.

- ❖ Tubo galvanizado de 76,2 mm
- ❖ Cemento
- ❖ Grava
- ❖ Arena
- ❖ Soldadura

- ❖ Plástico de invernadero
- ❖ Mano de obra

3.5 Experimento.

- ❖ Fundas de vivero (15 x 20 cm)
- ❖ Cormos de plátano
- ❖ Marcador
- ❖ Tijeras
- ❖ Cinta
- ❖ Recipientes plásticos
- ❖ Cucharas
- ❖ Tamiz o colador (2mm)
- ❖ Bandeja para secado

3.6 Insumos.

- ❖ Macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca)
- ❖ Micro nutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn)

3.7 Preparación del sustrato.

El sustrato fue preparado en proporción 3:1 (suelo - cascarilla de arroz), el mismo que se mezclará con una pala y luego será colocado en las fundas de vivero.

3.8 Preparación de encapsulado de nutrientes.

Para encapsular nutrientes serán preparadas cápsulas de 100 g de arcilla roja seca al aire libre, mediante el siguiente procedimiento:

- Secar arcilla roja al aire libre
- Tamizar en malla de 2 mm
- Pesar 100 gramos de arcilla seca y tamizada
- Colocar los tratamientos de nutrientes
- Agregar agua destilada estéril hasta capacidad de campo
- Amasar para formar las cápsulas
- Colocar las cápsulas en las fundas de vivero

3.9 Procedimiento.

3.10 Preparación del material vegetal de la investigación.

Para la aplicación del tratamiento en el material vegetal (cormos de plátano) se realizó una limpieza para así evitar alguna posible contaminación que dicho material pueda tener, posteriormente a esto se realizó la desinfección de los mismos sumergiéndolos en una solución de 50 cm³ de Vitavax (Carboxin + Thiram) diluido en 20 litros de agua durante aproximadamente 10 segundos.

3.11 Siembra del material vegetativo.

Una vez realizada la desinfección de los cormos, se colocaron en las fundas de vivero que han sido llenadas con el sustrato correspondiente.

3.12 Aplicación de los tratamientos.

En el área periférica (funda – colino), se colocaron a una profundidad de 10 cm las cápsulas de arcilla formando un triángulo. Posteriormente se rellenó las fundas con sustrato para cubrir las cápsulas.

3.13 Unidad experimental.

3.14 Modelo experimental.

En la presente investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), representado con siete tratamientos y cinco repeticiones, obteniendo un total de 35 unidades experimentales.

Para el análisis de varianza se realizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, con la ayuda del software estadístico INFOSTAT versión 2020.

Tabla 2. *Diseño de ADEVA en evaluación de encapsulado de macro y micro nutrientes para el desarrollo de plántulas de plátano, fase de vivero.*

Fuente de variación.	Grados de libertad.
Total	34
Tratamientos.	6
Repeticiones	4
Error experimental.	24

3.15 Tratamientos.

Tabla 3. Tratamientos utilizados para la investigación

Nº	Tratamiento.	Descripción.
1	T1	Sustrato (Testigo)
2	T2	Sustrato + Nitrógeno encapsulado en arcilla.
3	T3	Sustrato + Fósforo encapsulado en arcilla.
4	T4	Sustrato + Potasio encapsulado en arcilla.
5	T5	Sustrato + N-P-K encapsulados en arcilla
6	T6	Sustrato + N-P-K-Mg-Ca y Micronutrientes encapsulados en arcilla.
7	T7	Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) encapsulados en arcilla.

3.16 Características de las unidades experimentales.

Tabla 4. Tratamientos para la evaluación de encapsulado de micro y macro nutrientes en el desarrollo de plántulas de plátano.

Características de las unidades experimentales.	Datos
Número de unidades experimentales	35
Área de las unidades experimentales	1 m ²
Largo	1 m
Ancho	1 m
Área total del ensayo	35 m ²
Forma del ensayo	Rectangular
Número de plantas a evaluar	35 plantas.

3.17 Análisis estadístico.

3.18 Variables (Variables independientes).

- ❖ Macro y micro nutrientes.

3.19 Variables dependientes.

- ❖ Altura (cm).
- ❖ Diámetro del pseudotallo.
- ❖ Número de hojas.
- ❖ Número de raíces totales.
- ❖ Número de raíces sanas.
- ❖ Longitud de raíces.
- ❖ Área foliar.

3.20 Descripción de las variables a medir.

3.20.1 Altura (cm).

La variable altura de planta se tomó cada ocho días, desde la superficie del suelo hasta la intersección de las dos hojas formadas, utilizando un flexómetro.

3.20.2 Perímetro del pseudotallo.

El diámetro del pseudotallo se tomó cada ocho días al nivel del suelo, utilizando un calibrador, pie de rey o vernier.

3.20.3 Número de hojas.

El conteo de hojas se realizó cada ocho días, considerando exclusivamente las hojas totalmente expandidas.

3.20.4 Número de raíces totales.

El número de raíces totales se comprobó a los 60 días de establecido el vivero, para ello se sacaron las plantas de la funda, se quitó el sustrato y se realizó el conteo de manera manual de todas las raíces que hayan emergido del tallo (cormo) de las plántulas.

3.20.5 Numero de raíces sanas.

Del número total de raíces, se hizo el conteo de las raíces sanas, las mismas que tienen color blanco y sin afectación de plagas o enfermedades.

3.20.6 Área foliar.

Esta variable se tomó los 60 días luego de establecido el ensayo, para ello se midió la longitud de la tercera hoja, así como el ancho en el centro de la lámina, con estos datos se aplicó la fórmula establecida.

$$\text{Área foliar} = \text{Largo} \times \text{ancho} \times 0.8$$

CAPITULO IV

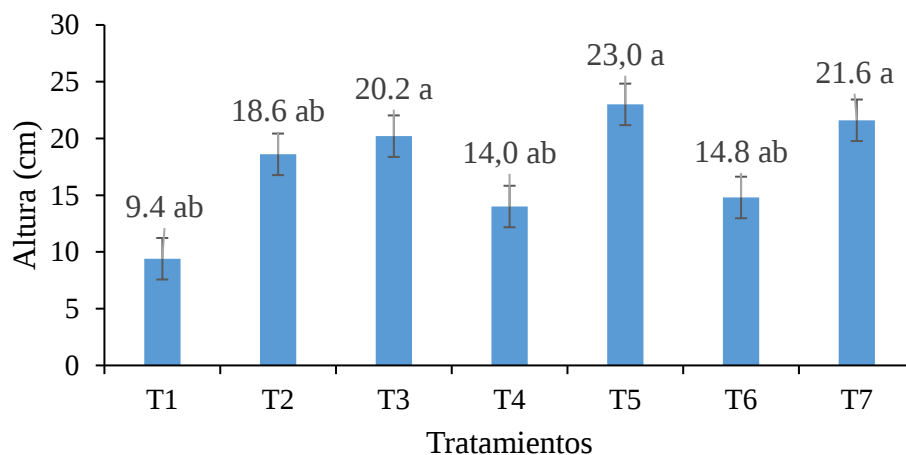
4 Evaluación de resultados

4.1 Altura promedio de las plantas

Los resultados muestran que en la variable altura de planta (Fig. 2), hay diferencias numéricas entre los distintos tratamientos, siendo el T5 el que mayor promedio alcanzó y el T1 (testigo) el de menor altura, siendo estadísticamente diferentes (Duncan: Alfa = 0,05), lo que implica que los tratamientos en el tiempo de análisis no influyeron sobre el crecimiento de las plántulas, debido principalmente a que las cápsulas de arcilla son muy estables reteniendo por mayor tiempo los nutrientes encapsulados, por lo que suministro de los fertilizantes se vio limitado, lo cual será muy diferente con mayor tiempo de exposición de las plantas a las cápsulas nutritivas ya que la estructura de las arcillas se desintegrará y permitirá la disponibilidad de todos los nutrientes.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por (Cordero, 2018), quienes señalan que una nutrición equilibrada con NPK en *Musa* spp, aumenta el crecimiento en altura debido a la disponibilidad constante de macronutrientes esenciales para la formación de tejidos nuevos. En su estudio, tratamientos con NPK de liberación controlada mostraron aumentos de hasta un 25 % en altura respecto al testigo

Figura 2. Altura promedio de las plantas de *Musa* AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla



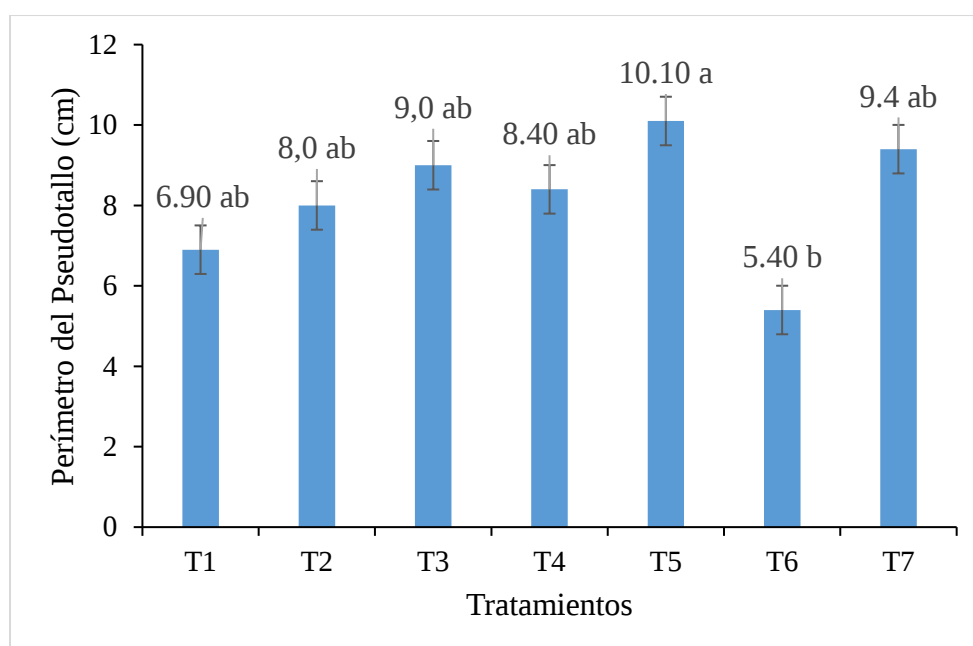
4.2 Perímetro del pseudotallo

De acuerdo con la Figura 3 y el Anexo 2, el tratamiento T5 (NPK encapsulado) obtuvo el mayor perímetro promedio (10,10 cm), seguido por T7 (9,40 cm) y T3 (9,00 cm). El testigo (T1) presentó un valor intermedio (6,90 cm), mientras que el menor valor correspondió a T6 (5,40 cm). El análisis de

varianza mostró diferencias significativas ($p = 0,0439$), indicando que el tipo de encapsulación influyó en el engrosamiento del pseudotallo.

Varios estudios señalan que un mayor perímetro de pseudotallo se asocia con plantas más vigorosas y con mayor potencial productivo en plátano y banano. El uso de NPK en liberación controlada coincide con incrementos en diámetro reportados en sistemas protegidos, aplicables a una disponibilidad constante de nutrientes esenciales para la formación de tejidos estructurales (Lima).

Figura 3. *Perímetro promedio de los pseudotallo*

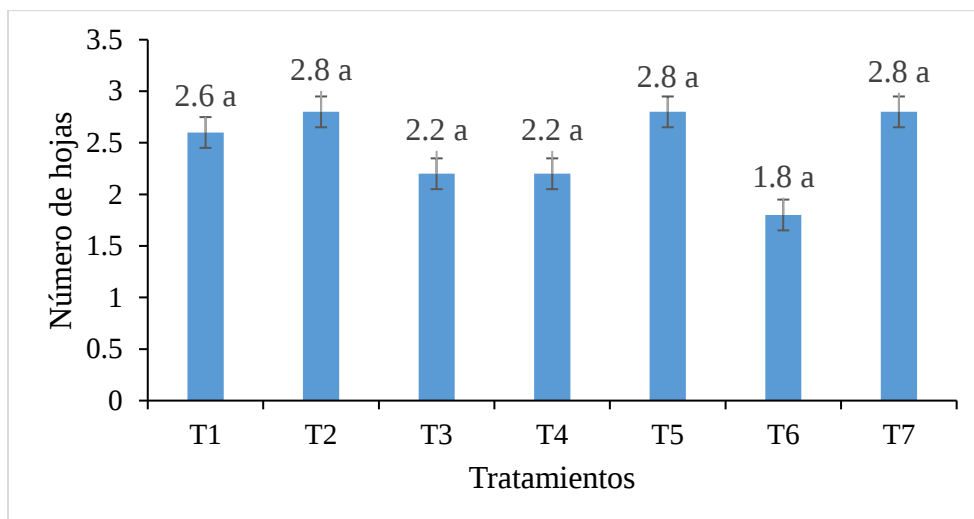


4.3 Número de hojas

Como en la Figura 4 y el Anexo 3, los tratamientos T2, T5 y T7 obtuvieron el mayor número promedio de hojas (2,80), mientras que T6 obtuvo el menor valor (1,80). No obstante, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,5919$), lo que sugiere que el tipo de fertilización no influyó notablemente en esta etapa sobre la producción de hojas.

Estudios de (Torres, 2019) encontraron que el número de hojas en plántulas de *Musa* spp, no siempre presenta diferencia significativa en fases tempranas, incluso bajo diferentes regímenes nutricionales, ya que su desarrollo inicial depende más de reservas internas del cormo que de la fertilización externa.

Figura 4. *Número promedio de hojas de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla*

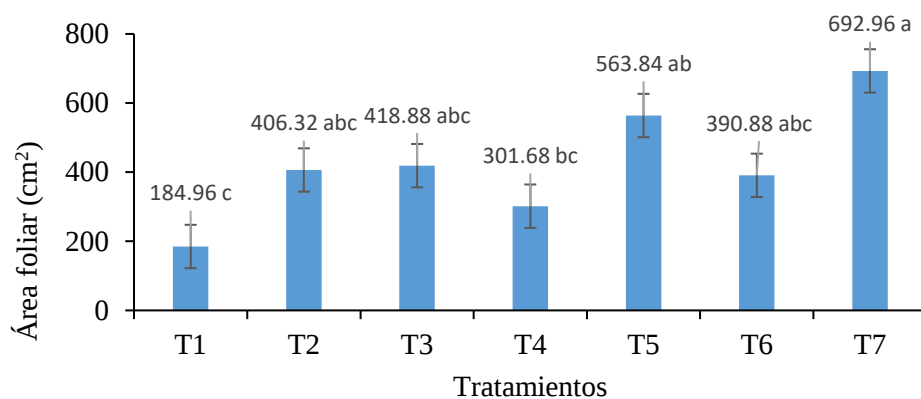


4.4 Área foliar

De acuerdo con la Figura 8 y el Anexo 4, el mayor valor se registró en T7 (692,96 cm²), seguido de T5 (563,84 cm²). El testigo (T1) presentó el área foliar más reducida (184,96 cm²). El ANOVA demostró diferencias significativas ($p = 0,0271$), fortaleciendo que el aporte de micronutrientes encapsulados y NPK mejora notoriamente la expansión foliar.

Estudios de (Bazurto, 2019) coinciden en que el suministro de macro y micronutrientes desarrolla el área foliar en *Musa* spp., ya que ayuda la síntesis de clorofila y la turgencia celular

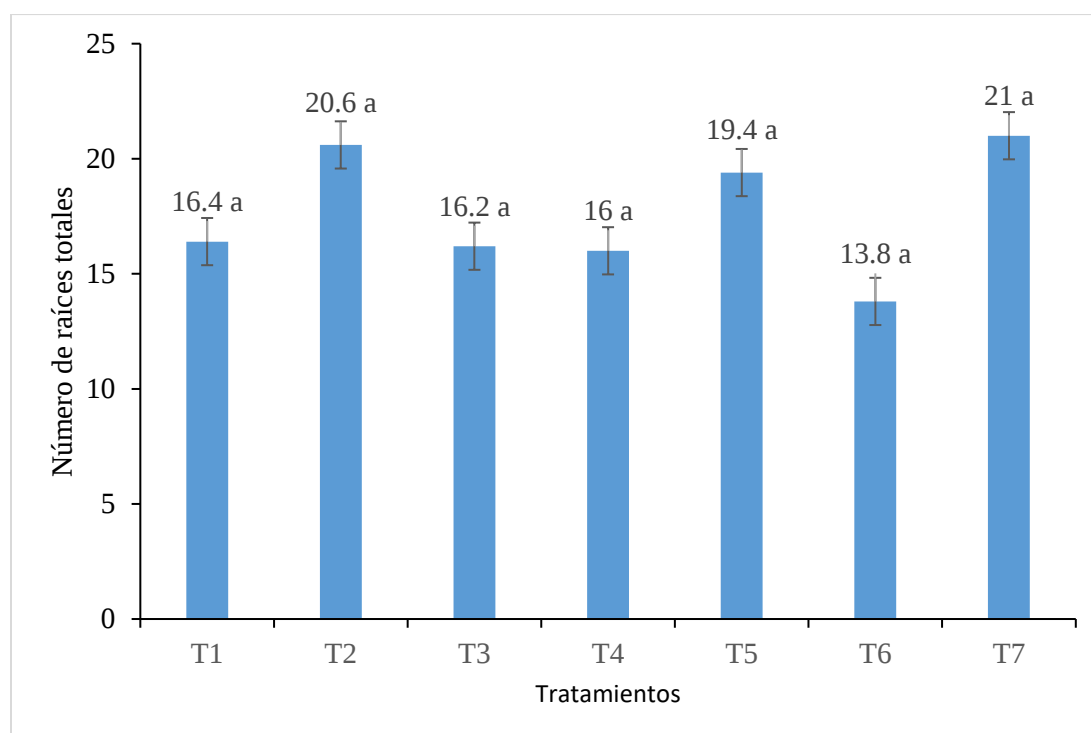
Figura 5. Área foliar promedio de plántulas de *Musa* AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla



4.5 Número de raíces totales

Según la Figura 5 y el Anexo 5, T7 alcanzó el mayor número de raíces (21), seguido por T2 (20,6) y T5 (19,4). El ANOVA no mostró diferencias significativas ($p = 0,6187$), por lo que estadísticamente no hubo efecto del tratamiento. (Martinez, 2020), Señalan que, aunque la fertilización influye en la longitud y grosor radicular, el número total de raíces puede depender más del genotipo y las condiciones de humedad que de la fuente de nutrientes, lo que coincide con la falta de diferencias significativas aquí.

Figura 6. Número promedio de raíces de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla

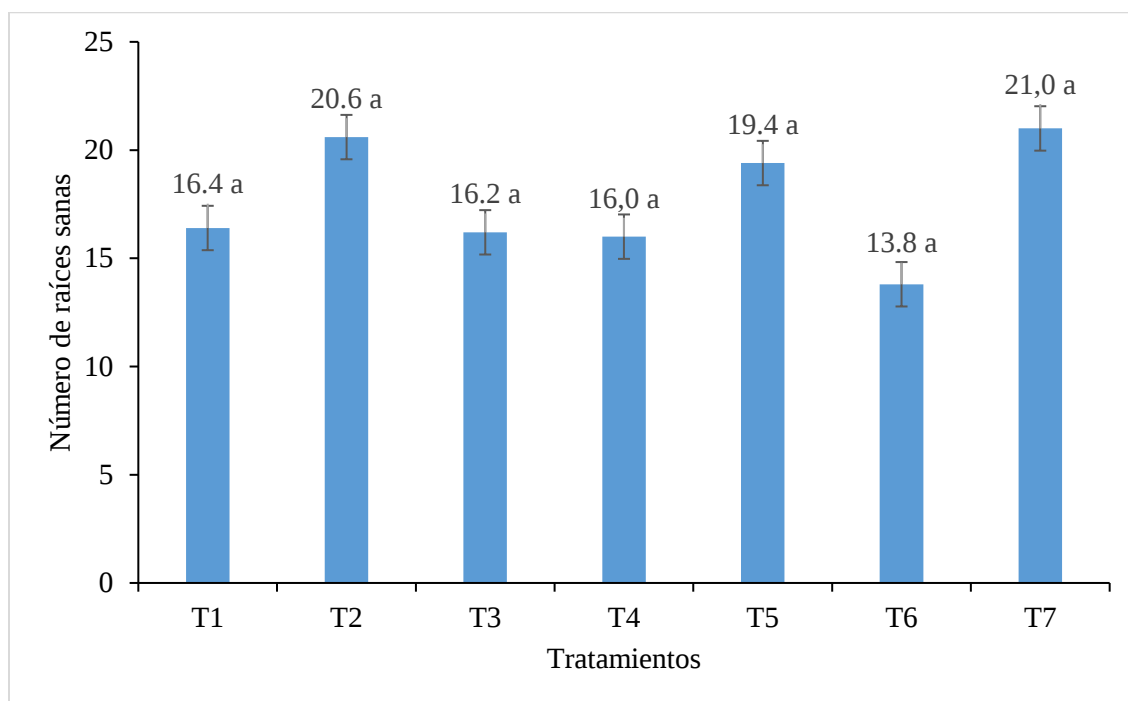


4.6 Número de raíces sanas

Los valores fueron parecidos a los del número total de raíces, con T7 superior (21) y T6 inferior (13,8). No hubo diferencias significativas ($p = 0,6187$).

De acuerdo con (Lola, 2021), el uso de fertilizantes encapsulados puede reducir la incidencia de raíces afectadas por patógenos, pero sus efectos son más notorios en condiciones de estrés o suelos infectados, lo cual no se presentó en esta investigación.

Figura 7. Número promedio de raíces sanas de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla

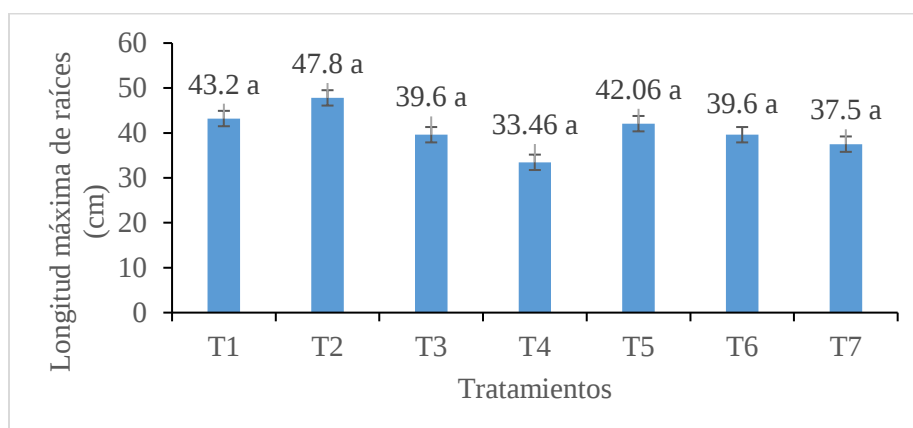


4.7 Longitud máxima de raíces

El tratamiento T2 en el cual se utilizó nitrógeno encapsulado presento una longitud promedio más alta alcanzando los (47,8 cm), mientras que T4 se registró la menor longitud con, (33,46 cm). No se logró observar diferencias significativas ($p = 0,8492$).

Investigaciones realizadas por (Silva&Gomez, 2020) indican que el nitrógeno promueve el crecimiento de raíces en etapas iniciales, aunque no necesariamente incrementa la masa total de las raíces. Esto explica que T2 destaque en longitud, pero no en área foliar o altura.

Figura 8. Longitud promedio de raíces de plántulas de Musa AAB, bajo la influencia de nutrientes encapsulados en arcilla



CAPITULO V

5 Conclusiones

La cámara térmica implementada para evaluar nutrientes encapsulados en el desarrollo de plántulas de plátano (*Musa AAB*), se construyó en el tiempo esperado y bajo los estándares apropiados, por lo que podemos concluir que cumplió su objetivo esperado.

Los resultados señalan que los nutrientes encapsulados principalmente el tratamiento con NPK mejoró significativamente variables como altura y perímetro del pseudotallo, mientras que los micronutrientes encapsulados destacaron en el desarrollo radicular y área foliar. Esto confirma que la encapsulación combinada con el uso de cámara térmica favorece la liberación controlada de nutrientes y optimiza el desarrollo inicial de las plántulas, no obstante, su eficacia varía según la formulación utilizada.

CAPITULO VI

6 Recomendaciones

Implementar cámaras térmicas como herramienta estándar en estudios de nutrición vegetal, primordialmente en fases iniciales del cultivo de *Musa AAB*, ya que permiten mantener condiciones ambientales controladas que potencian la eficiencia de tecnologías como la encapsulación de nutrientes.

Promover el desarrollo y uso de formulaciones nutricionales encapsuladas específicas para plátano, considerando los requerimientos fisiológicos de la especie y la etapa fenológica, con el fin de optimizar la liberación de nutrientes y mejorar el rendimiento agronómico en sistemas de producción bajo condiciones protegidas.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de <https://agriculturawiki.com/como-afecta-la-temperatura-a-las-enfermedades-en-las-plantas-temperatura-y-salud-de-tus-plantas-descubre-sus-efectos/>
- A., C. F. (29 de 06 de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de Encapsulamiento de fertilizantes y activos biológicos: <https://www.ciqa.mx/Encapsulamiento.aspx>
- Arturo, A. G. (2016). *DINÁMICA DEL POTASIO EN SUELOS AGRÍCOLAS*.
- Barrantes, N. F. (2017). *Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico*. San Pedro.
- Bazurto, J. T. (2019). Efecto de la fertilización con N sobre la altura, número de hojas y área foliar en banano (Musa AAA Simmonds, cv. William. 13(1). Obtenido de <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i1.8440>
- Castillo, O. I. (2024). *Nanocompuesto de Nitrógeno como Fertilizante de Liberación Lenta en Columnas de Suelo con Plantas de Lechuga*.
- Clemens, R. (2 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/knowledge-hub/controlled-release-fertilizers-in-agriculture/>
- Cordero, J. &. (2018). Obtenido de Fertilihhttps://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282024000100012
- Diana, G. V. (2020). *Uso de arcillas naturales para la recuperación de fosfatos a partir de soluciones acuosas*.
- Dovzhenko, A. P. (2024). *Recent progress in the development of encapsulated fertilizers for time-controlled release*.
- Flores, A. C. (2023). *Encapsulamiento de fertilizantes y activos biológicos*. Ciudad de Mexico.
- Hernández, E. M. (2019). *CÁMARAS TERMOGRÁFICAS (IR térmico)*. ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA.
- Lima, J. D. (s.f.). *MANEJO DE RESIDUOS DE PSEUDOTALLO PARA INCREMENTAR*

EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE BANANO.
doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84274>

Lola, A. (2021). Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/0e326e09-1076-49f5-a2e2-4cdf6329ab8a/content#:~:text=El%20uso%20excesivo%20de%20fertilizantes%20qu%C3%ADmicos%20ha%20llevado%20a%20la,que%20afecta%20la%20actividad%20biol%C3%B3gica>.

Martinez. (2020). Obtenido de https://www.mag.go.cr/rev_meso/v29n02_325.pdf

Martinez, A. D. (2019). APLICACIÓN DE BIORREGULADORES PARA LA MACRO-PROPAGACIÓN DEL BANANO CV. WILLIAMS EN CÁMARA TÉRMICA.
doi:<https://doi.org/10.15517/am.v27i2.24390>

OLMOS, J. B. (2019). *FERTILIZANTES DE ACCION LENTA ENCAPSULADOS*. Madrid: MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN.

ONU. (2015). *Documento Transformar nuestro mundo*. Obtenido de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/hambre-cero>

planta, H. J. (25 de Mayo de 2023). Tipos de propagacion de plantas. *Explotaciones Jogamar, sl*. Obtenido de <https://www.jogamarplantaornamental.com/>

Rodríguez, G. A. (2023). Impacto del cambio climático en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en Valencia, Los Ríos, Ecuador. *Revista de Climatología*, 4-6.

Romero, Y. L. (2019). *Optimización de las condiciones de producción de cápsulas con microestacas para aumentar el tiempo de almacenamiento de la planta medicinal mexicana*.

Silva&Gomez. (2020). Obtenido de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/download/340/pdf/2262

Silvia&Gomez. (2020). Obtenido de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/download/340/pdf/2262

oad/340/pdf/2262

Torres, J. (abril de 2019). doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2019vl3il.8440>

Zambrano, C. &. (2021). *Manejo del cultivo de platano*. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6326>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (cm)	35	0,34	0,20	39,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	702,97	6	117,16	2,44	0,0505
Tratamiento	702,97	6	117,16	2,44	0,0505
Error	1345,20	28	48,04		
Total	2048,17	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	23,00	5	3,10 a
7	21,60	5	3,10 a
3	20,20	5	3,10 a
2	18,60	5	3,10 a b
6	14,80	5	3,10 a b
4	14,00	5	3,10 a b
1	9,40	5	3,10 b

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

Anexo 2. Análisis de varianza del perímetro del pseudotallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Perímetro pseudotallo (cm)..	35	0,35	0,21	27,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76,47	6	12,75	2,53	0,0439
Tratamiento	76,47	6	12,75	2,53	0,0439
Error	141,00	28	5,04		
Total	217,47	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	10,10	5	1,00 a
7	9,40	5	1,00 a
3	9,00	5	1,00 a
4	8,40	5	1,00 a b
2	8,00	5	1,00 a b
1	6,90	5	1,00 a b
6	5,40	5	1,00 b

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

Anexo 3. Análisis de varianza del número de hojas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hojas	35	0,14	0,00	40,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,69	6	0,78	0,78	0,5919
Tratamiento	4,69	6	0,78	0,78	0,5919
Error	28,00	28	1,00		
Total	32,69	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7	2,80	5	0,45 a
5	2,80	5	0,45 a
2	2,80	5	0,45 a
1	2,60	5	0,45 a
4	2,20	5	0,45 a
3	2,20	5	0,45 a
6	1,80	5	0,45 a

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

Anexo 4. Análisis varianza del área foliar (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Área foliar (cm ²)	35	0,38	0,25	52,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	827112,35	6	137852,06	2,85	0,0271
Tratamiento	827112,35	6	137852,06	2,85	0,0271
Error	1355290,05	28	48403,22		
Total	2182402,40	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7	692,96	5	98,39 a
5	563,84	5	98,39 a b
3	418,88	5	98,39 a b c
2	406,32	5	98,39 a b c
6	390,88	5	98,39 a b c
4	301,68	5	98,39 b c
1	184,96	5	98,39 c

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

Anexo 5. Análisis de varianza del número de raíces totales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de raíces totales	35	0,14	0,00	39,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	220,97 6	36,83	0,74	0,6187	
Tratamiento	220,97 6	36,83	0,74	0,6187	
Error	1385,20	28	49,47		
Total	1606,17	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7	21,00	5	3,15 a
2	20,60	5	3,15 a
5	19,40	5	3,15 a
1	16,40	5	3,15 a
3	16,20	5	3,15 a
4	16,00	5	3,15 a
6	13,80	5	3,15 a

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

Anexo 6. Análisis de varianza del número de raíces sanas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de raíces sanas	35	0,14	0,00	39,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	220,97 6	36,83		0,74	0,6187
Tratamiento	220,97 6	36,83		0,74	0,6187
Error	1385,20	28	49,47		
Total	1606,17	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7	21,00	5	3,15 a
2	20,60	5	3,15 a
5	19,40	5	3,15 a
1	16,40	5	3,15 a
3	16,20	5	3,15 a
4	16,00	5	3,15 a
6	13,80	5	3,15 a

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

Anexo 7. Análisis de varianza de la longitud máxima de raíces

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de raíces (cm)35	0,09	0,00	37,97	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	615,92 6	102,65	0,44	0,8492	
Tratamiento	615,92 6	102,65	0,44	0,8492	
Error	6607,30	28	235,98		
Total	7223,22	34			

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	47,80	5	6,87 a
1	43,20	5	6,87 a
5	42,06	5	6,87 a
6	39,60	5	6,87 a
3	39,60	5	6,87 a
7	37,50	5	6,87 a
4	33,46	5	6,87 a

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

Anexo 8. Longitud máxima de raíces



Anexo 9. Plántulas en investigación.



Anexo 10. Toma de datos



Anexo 11. Compilatio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

**CARMEN YULISA BASURTO
PINARGOTE**

7%
Textos
sospechosos

7% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos
15% Textos potencialmente generados por la IA (Ignorado)

Nombre del documento: CARMEN YULISA BASURTO PINARGOTE.docx
ID del documento: 08ee26fe36e3398b6656075bee607ec25dca7d60
Tamaño del documento original: 94,98 kB

Depositante: Ricardo González Dávila
Fecha de depósito: 14/8/2025
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 14/8/2025

Número de palabras: 4499
Número de caracteres: 29.671

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.espam.edu.ec Macropropagación del plátano en cámara térmica e... http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1553/4/TTA37D.pdf.txt 4 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (172 palabras)
2	www.ciqa.mx https://www.ciqa.mx/Encapsulamiento.aspx	3%		Palabras idénticas: 3% (120 palabras)
3	www.redalyc.org APLICACIÓN DE BIORREGULADORES PARA LA MACRO-PROPA... https://www.redalyc.org/journal/437/43745945017/html/ 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (54 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #a68bd6 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
2	sdgs.un.org Seguridad alimentaria y nutrición y agricultura sostenible Depart... https://sdgs.un.org/es/topics/food-security-and-nutrition-and-sustainable-agriculture	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis_Jordan Paredes_Compilatio.docx Tesis_Jordan Paredes_Compilatio #afc735 Viene de de mi biblioteca	6%		Palabras idénticas: 6% (310 palabras)
2	TESIS ANGIE CEDEÑO_Corrección_compilatio.docx TESIS ANGIE CEDE... #4c9575 Viene de de mi biblioteca	3%		Palabras idénticas: 3% (167 palabras)

Ing. Paul González