

**Implementación de un modelo sostenible de producción de plántulas de plátano Dominico-
Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en Vivero en el municipio de Palocabildo, Tolima,
Colombia**

Chirly Margaret Cardona Guzmán

José Libardo Cardona Rodríguez

Asesor:

Manuel Francisco Polanco Puerta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios por permitirme vivir mi vida y mis sueños a mi familia por su apoyo incondicional por siempre estar a mi lado animándome para salir adelante, a mi hija por ser mi motor y mi fuerza y a mi abuela leo quien hoy ya no está a mi lado, pero sé que desde el cielo me envía su bendición y su amor en cada momento a todos ellos gracias por creer en mi por incentivar me a ser una mejor mujer y por incentivar me a a no decaer ni abandonar mis sueños

Chirly cardona

El presente trabajo de investigación se lo dedico al creador. A mi madre y a mi padre por su ayuda y motivación a aprender nuevos conocimientos. A personar que me ayudaron de forma directa e indirecta en esta formación, muchas gracias por el apoyo incondicional.

José Libardo Cardona Rodríguez

Agradecimientos

Gracias a al creador por permitirnos este primer paso, a nuestras familias por su incondicional apoyo.

Al tutor Manuel Francisco Polanco, ingeniero agrónomo, es el asesor de este proyecto de investigación.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por motivarnos a seguir adelante con los dilemas presentados a lo largo de la formación.

A Agrosavia y Fedepacol por la vincularnos al proyecto de investigación aplicado.

A Don Jesús Antonio Bejarano Antonio, dueño de la parcela donde se desarrolló la investigación, por su empatía y las ganas de aprender nuevos conocimientos.

Resumen

En Colombia, el cultivo del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) es de gran importancia tanto a nivel económico como alimentario. Sin embargo, una de las limitantes en el cultivo es la transmisión de enfermedades por la semilla asexual, que afectan gravemente la producción y calidad de los plátanos. Por lo tanto, es crucial que los agricultores implementen prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, así como el uso de material de siembra certificado y libre de patógenos. Esta investigación se centra en la implementación de un modelo de propagación en vivero y la aplicación de bioestimulantes a plántulas de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). El ensayo se realizó en el municipio de Palocabildo, Tolima, ubicado en las coordenadas geográficas N 5° 05' 13.67" O 74° 59' 27.72", a una altitud de 1.326 m s.n.m. Se utilizaron plántulas de plátano Dominico-Hartón, una cámara de germinación plástica y un almacigo. Los tratamientos con bioestimulantes fueron: Tratamiento 1: Testigo absoluto; Tratamiento 2: Consorcio microbiológico (Blueplanet); Tratamiento 3: Aplicación en vivero y campo de (*Bacillus amyloliquefaciens*) (Bs-006); Tratamiento 4: Aplicación en vivero de dióxido de silicio. Los bioestimulantes se aplicaron al suelo cada 15 días en dosis de 25 ml/L, empleando 50 cc de la solución por planta, para el caso del dióxido de silicio se emplearon 4 gr/L. Los resultados indican, que el tratamiento 2, demostró valores significativamente superiores en todas las variables estudiadas en comparación con los otros tratamientos. Por lo tanto, se concluye que esta combinación de bioestimulantes es una alternativa viable para aumentar el desarrollo y la producción de plántulas de plátano en vivero

Palabras clave: Bioestimulante, cormos, plátano, Tratamientos, Vivero.

Abstract

In Colombia, banana cultivation is of great economic and food importance. However, one of the limitations in cultivation is the transmission of diseases by the asexual seed, which seriously affect the production and quality of bananas. Therefore, it is crucial that farmers implement integrated pest and disease management practices, as well as the use of certified, pathogen-free planting material. This research focuses on the implementation of a propagation model in nursery and the application of biostimulants to plantain seedlings dominico-harton (*Musa AAB Simmonds*). The experiment was conducted in the municipality of palocabildo, tolima, located in the geographical coordinates N 5° 05' 13.67" O 74° 59' 27.72", at an altitude of 1,326 meters above sea level. Dominico-harton plantain seedlings, a plastic germination chamber and an almacigo were used. The treatments with biostimulants were treatment 1: absolute control; Treatment 2: microbiological consortium (blueplanet); Treatment 3: application in nursery and field of (*Bacillus amyloliquefaciens*) (bs-006); Treatment 4: application in a nursery of silicon dioxide. The biostimulants were applied to the soil every 15 days at a dose of 25 ml/ l, using 50 cc of the solution per plant. In the case of silicon dioxide, 4 g/l were used. The results indicate that treatment two showed significantly higher values in all variables studied compared to other treatments. Therefore, it is concluded that this combination of biostimulants is a viable alternative to increase the development and production of plantain seedlings in nursery.

Keywords: Biostimulant, corms, banana, Treatments, Nursery.

Contenido

Introducción	11
¿Pregunta de Investigación?.....	14
Hipótesis de Investigación	14
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Conceptual y Teórico	18
Origen.....	18
Clasificación Taxonomía	18
Morfología.....	18
Propagación.....	19
Bioestimulación.....	19
Tipos de Semilla.....	19
Oferta Ambiental.....	20
Importancia del Plátano Dominicano Hartón	21
Métodos de Producción de Plántulas	22
Materiales y Métodos.....	25
Localización de la Investigación.....	25
Tipo de Suelo	25
Clasificación de Zona de Vida	25
Clon Vegetal utilizado.....	26

Equipos y Herramientas.....	26
Tabla 4.....	26
Métodos de Estimulación de la Investigación.....	28
6 cc/l.....	28
Descripción Detallada de los Tratamientos.....	29
<i>Tratamiento 1 (T1)</i>	29
<i>Tratamiento 2 (T2)</i>	29
<i>Tratamiento 3 (T3)</i>	30
<i>Tratamiento 4 (T4)</i>	30
Preparación Material de Siembra.....	30
Siembra de los Cormos.....	32
Aplicación de Tratamientos.....	32
Momento de las Evaluaciones cronograma de actividades.....	34
Diseño Experimental.....	35
Variables Morfofisiológicas.....	36
Análisis de la Información.....	37
Resultados y Discusión.....	38
Efecto de los Tratamientos.....	38
Interacción Tratamiento \times Tiempo.....	38
Respecto a la Altura de Planta (cm).....	39
Perímetro del Pseudotallo (cm).....	39
Número de Hojas Emitidas.....	39
Número de Hojas Funcionales.....	39

Área Foliar (cm ²).....	39
Altura de Planta (cm)	41
Perímetro del Pseudotallo (cm).....	41
Número de Hojas Emitidas	42
Número de Hojas Funcionales	43
Análisis del Área Foliar (cm ²).....	44
Análisis Estadístico Prueba Tukey.....	45
Evaluación del efecto de diferentes tratamientos sobre el desarrollo vegetal.....	45
Conclusiones.....	48
Recomendaciones	50
Referencias.....	51

Listas de Tablas

Tabla 1 <i>Detalle taxonómico de la variedad de plátano utilizada en la investigación en Palocabildo Tolima.....</i>	18
Tabla 2 <i>Oferta edafoclimática de la zona de Palocabildo-Tolima vs requerimiento del cultivo de plátano</i>	20
Tabla 3 <i>Localización geográfica y datos del productor</i>	25
Tabla 4 <i>Equipos y herramientas utilizadas para medir las variables morfofisiológicas y los bioestimulantes.</i>	26
Tabla 5 <i>Tratamientos para evaluar dosis por planta experimental</i>	28
Tabla 6 <i>Composición del bio estimulate comercial Tratamiento 2</i>	30
Tabla 7 <i>Cronograma de actividades de la investigación.....</i>	34
Tabla 8 <i>Modelo de distribución completamente al azar con cuatro repeticiones (DCA)</i>	35
Tabla 9 <i>Variables morfofisiológicas en las plántulas por tratamiento.</i>	36
Tabla 10 <i>Respuesta de las variables morfofisiológicas evaluadas, en el ANOVA de la tabla (10) según los tratamientos aplicados.....</i>	38
Tabla 11 <i>Estudio estadístico de prueba Tukey de los datos promedios de las variables de evaluación de las plántulas de plátano en vivero.....</i>	45

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Tipos de semilla en musáceas</i>	20
Figura 2 <i>Mapa de campo como van a estar distribuidas en el vivero</i>	29
Figura 3 <i>Mapa de subparcela en vivero aquí se muestran los sitios de las plantas en Palocabildo, Tolima.....</i>	29
Figura 4 <i>Manejo pre-siembra del material de propagación.....</i>	31
Figura 5 <i>Establecimiento de la siembra en vivero.....</i>	32
Figura 6 <i>Aplicación de tratamientos bioestimulantes por subparcela</i>	33
Figura 7 <i>Mediciones de las variables morfofisiológicas de la tabla (10) en el vivero</i>	37
Figura 8 <i>Variable altura x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia.....</i>	40
Figura 9 <i>Variable perímetro x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia</i>	41
Figura 10 <i>Numero de hojas emitidas x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia</i>	42
Figura 11 <i>Numero de hojas funcionales X días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia</i>	43
Figura 12 <i>Área foliar X días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia.....</i>	44

Introducción

Los musáceas comestibles en Colombia, entre ellas los plátanos, son uno de los principales cultivos de la región andina, es considerado un alimento de primera necesidad, tanto en la zona rural; como en la urbana. con un consumo aproximado de 160 kilogramos por persona al año.

"En Colombia para el año 2022 habían alrededor de 434,723.31 hectáreas en producción con un rendimiento de 10.26 t/ha" (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022)).

En el norte del Tolima se encontraban sembradas en el año 2022 unas 6.072 hectáreas de plátano; en los municipios de Honda, Mariquita, Fresno, Palocabildo, Casabianca y Hervey, cultivadas en diferentes arreglos y que generan más de 1.000 empleos directos e indirectos, pero con muy bajos rendimientos de producción que afecta la economía de los agricultores. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022).

"Para el año 2022 en el municipio de Palocabildo-Tolima participo con un área sembrada de 482 hectáreas y un área cosechada de 432 hectáreas y una producción de 3,240 toneladas con un rendimiento aproximadamente por hectárea de 7,5 toneladas" (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022)).

El establecimiento de un modelo productivo de Plátano Domínico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la finca el Refugio, en la vereda la ceiba municipio de Palocabildo Tolima, se centra en el cultivo de gran importancia económica para la zona, ya que se cataloga como un sembrado alterno para los productores de la vereda la ceiba, cuya fuente de ingresos depende principalmente de la producción cafetera.

La investigación se centró en la bioestimulación de plantas en la fase de vivero, la cual es la más crucial para este, para que exprese su vigorosidad en las diferentes variables de

medición y así tener una semilla de alta calidad la cual cumple con la genética mínima los estándares sanitarios, físicos y fisiológicos, al sembrar beneficiará a quienes producen fruta o producen semilla.

La semilla constituye el punto de partida de toda actividad agrícola. Su calidad genética, fisiológica y sanitaria determina el éxito del sistema productivo. Una semilla vigorosa y adaptada al entorno agroecológico garantiza una germinación uniforme, reduce los costos de manejo y mejora la eficiencia en el uso de insumos. En el caso del Dominico-Hartón, el uso de semilla proveniente de plantas madre sanas o certificadas es crucial para evitar la propagación de enfermedades como la Sigatoka negra o el moko del plátano, que pueden comprometer seriamente la rentabilidad del cultivo.

El proceso productivo del Dominico-Hartón se compone de varias fases críticas: preparación del terreno, siembra, manejo agronómico, control fitosanitario, deshije, cosecha y postcosecha. Cada una de estas etapas requiere decisiones técnicas basadas en el conocimiento del entorno, la fisiología del cultivo y las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, la densidad de siembra y el manejo del riego deben ajustarse según la altitud y la disponibilidad hídrica, factores que influyen directamente en el desarrollo vegetativo y la formación del racimo.

Además, el uso de bioestimulantes en etapas tempranas del cultivo ha demostrado mejorar la absorción de nutrientes, fortalecer el sistema radicular y aumentar la resistencia al estrés abiótico. Estos insumos, cuando se aplican de manera estratégica, pueden potenciar el rendimiento del Dominico-Hartón sin comprometer la sostenibilidad del sistema. En regiones como Palocabildo, donde se busca mejorar la productividad sin afectar los recursos naturales, el uso de bioestimulantes representa una alternativa viable y prometedora.

Planteamiento del Problema.

En el ámbito mundial el problema del cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) es la falta de nuevas investigaciones en bio estimulación de plantas con inoculantes para mejorar el vigor, la tolerancia de las enfermedades y plagas, suelos deteriorados, ausencia de microorganismos presentes en los suelos y poca materia orgánica, por lo tanto no debemos pasar por alto que “los bananos y plátanos son una especie tropical que se cultivan en alrededor de 120 países, siendo el cuarto cultivo de importancia a nivel mundial”(Susan Tepetlan et al.2017, p.81).

El principal inconveniente de los productores de plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) en Colombia y es que visualizan este cultivo como una plantación secundaria, realizando siembras directas sin tener en cuenta la calidad del material vegetal propagado ni los rendimientos esperados, por lo tanto; la falta de viveros certificados registrados ante el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) según “resolución 0780006 de 2020 que indica que los requisitos para el registro de viveros y huertos básicos pueda garantizar la calidad del material vegetal de propagación en Colombia.”

con el propósito de aportar una solución a esta problemática, en el municipio de Palocabildo-Tolima se realizó este trabajo de investigación enfocado a obtener material de siembra de buena calidad mediante la aplicación de 4 bioestimulantes en el cultivo de plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) bajo la metodología de cubierta de germinación y producción en vivero aportando a los productores nuevas metodologías en bioestimulantes para mejorar las etapas iniciales del cultivo. la búsqueda de nuevos modelos productivos para la obtención de semilla de plátano de calidad no solo responde a los retos agronómicos actuales si no también representa una estrategia clave para garantizar sostenibilidad, sanidad vegetal y eficiencia económica, por lo tanto, esta investigación busca evaluar el efecto de bioestimulantes

como estrategia para mejorar el desarrollo inicial el cultivo en condiciones agroecológicas del municipio de Palocabildo Tolima.

¿Pregunta de Investigación?

¿Cuál es el efecto de la aplicación de cuatro bioestimulantes en las variables de desarrollo de plántulas de plátano dominico-hartón cultivadas bajo cubierta térmica en vivero, en el municipio de Palocabildo, Tolima?

Hipótesis de Investigación

¿El uso constante de bioestimulantes en vivero, puede incrementar las variables de desarrollo de plántulas de (Musa AAB Simmonds) cultivadas bajo cubierta térmica en el municipio de Palocabildo, Tolima?

Justificación

El cultivo de plátano es de gran importancia para el país con un valor estratégico para seguridad alimentaria constituye el eje de esta investigación responde a las demandas actuales de la cadena productiva, al mejorar la salud del suelo y su sostenibilidad, al estimular los procesos biológicos del suelo con bioestimulantes le devuelven su vitalidad natural, si no también nutre las plantas, estas tecnologías de bioestimulación son una fuente importante para mejorar los sistemas de producción en cuanto la obtención de semilla de calidad, además de las propiedades físicas y químicas del suelo.

En el norte del Tolima, específicamente en el municipio de Palocabildo, no existen investigaciones en bioestimulación de plantas en vivero que aborden la problemática de la productividad y optimización de las plántulas del cultivo de plátano. Por lo que este diseño podrá servir para estudios posteriores en la zona.

Esta investigación ayuda a aumentar la eficiencia de las familias productoras de plátano al mejorar el suelo y sus propiedades aumentan el rendimiento del cultivo en cuanto la calidad y su valor económico, en la vereda la ceiba del municipio de Palocabildo Tolima. Por lo tanto, se considera relevante explorar alternativas tecnológicas mediante el uso de bioestimulantes que contribuyan a mejorar las condiciones del suelo, planta y microorganismos. Y así potencializar los métodos de manejo del sistema productivo.

Desde un punto económico y de seguridad alimentaria, de acuerdo con Pabón Pedraza (2017). “Colombia está destinada tanto para el consumo interno como para la exportación, y se considera una importante fuente de alimentos, ingresos y trabajo para las familias que dependen de la producción campesina tradicional.” La economía campesina es un área tradicional de la

agricultura que se encuentra en una amplia gama geográfica y tiene una gran relevancia socioeconómica.

Es clave considerar que el aumento de las áreas de siembra en el cultivo de plátano en Colombia da la necesidad de implementación de nuevas técnicas de bioestimulación de los viveros estos deben coincidir con la oferta suficiente y permanente de semilla de calidad para mejorar las próximas siembras.

Los resultados obtenidos de la investigación en bioestimulantes son tecnologías que se obtienen a través de procesos de validación y ajuste deben ser conocidas, probadas y apropiadas por los productores y asistentes técnicos, ya que son una fuente importante para maximizar el desempeño de los sistemas de producción de plátano y generar impactos socioeconómicos positivos tanto para los productores como para toda la cadena de valor del cultivo de plátano en Colombia como resultado, se busca maximizar los rendimientos del cultivo de plátano en fase de vivero, que es la etapa crucial del cultivo

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la eficacia de cuatro bioestimulantes en las variables de desarrollo clave de plántulas de plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) obtenidas bajo cubierta de germinación y en almacigo con el propósito de contribuir al mejoramiento de la producción del cultivo en el municipio de Palocabildo, Tolima.”

Objetivos Específicos

Evaluar la eficacia de cuatro bioestimulante en las principales variables de desarrollo en plántulas de plátano dominico-hartón bajo cubierta térmica de germinación y en almacigo, con el fin de aumentar la eficiencia productiva del cultivo del plátano en el municipio de Palocabildo, Tolima.

Determinar cuál es el bioestimulante de mejor respuesta fisiológica de las variables de desarrollo de plántulas de plátano dominico-hartón, bajo cubierta térmica de germinación y en almacigo, con el fin de mejorar la producción del cultivo del plátano en el municipio de Palocabildo, Tolima.

Proponer recomendaciones técnicas para la producción de plántulas de alta calidad, con base en los resultados obtenidos, orientadas a mejorar la eficiencia en viveros de plátano en cubierta térmica en Palocabildo, Tolima.

Marco Conceptual y Teórico

Origen

“Existe la creencia que los padres dominicos llevaron plantas de plátano a España antes de que los árabes, quienes lo llevaron a América” (Gómez, Martín, Palencia, & Calle, 2006,p.8). Según este autor Vézina, (2020) “la variedad Dominico hartón es de origen asiático-pacífico con diversidad africana occidental y central y una distribución latinoamericana” (párrafo 2).

Clasificación Taxonomía

En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica de la planta de plátano.

Tabla 1

Detalle taxonómico de la variedad de plátano utilizada en la investigación en Palocabildo Tolima.

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Angiospermae</i>
Orden:	<i>Zingiberales</i>
Familia:	<i>Musaceae</i>
Clon:	<i>AAB</i>
Nombre científico:	<i>Musa AAB Simmonds</i>
Nombre común:	<i>Dominico hartón</i>

Fuente. (Eppo, 2022) (Vézina, 2020)

Morfología

La planta perteneciente a la familia de las musáceas de tipo herbáceo, perenne. Está hecho de un cormo o tallo llamado pseudotallo Según Wagner, et al. (2023)

Una planta de plátano, al completar su ciclo, emite en promedio 38 hojas (con un máximo de 40 y mínimo de 36 hojas) y una yema por cada hoja emitida, de las cuales solo se activan las primeras 10 a 15 yemas, correspondientes a los 2-3 primeros pentágonos desarrollados (p.30).

Propagación

En la propagación estos autores Según Wagner, et al. (2023) afirma que:

La propagación del plátano es asexual (también conocida como vegetativa); es decir, se produce un "clon" de una parte de la planta con las mismas características que la planta madre. En la práctica, los agricultores de plátano extraen la semilla del colino o cormo (figura 1), a partir del cual se inducen las yemas para crear los colinos, también conocidos como "hijuelos"(p.30)

Bioestimulación

“Al aplicar una bio estimulación los bioinoculantes son producidos principalmente a partir de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, estos microorganismos agrupan diferentes géneros, con capacidad de estimular e incrementar el crecimiento, la productividad vegetal y controlar otros organismos” (Zambrano et al., 2015,p.59).

Tipos de Semilla

En la figura 1 se representa 4 tipos de semilla de forma asexual, o vegetativa, a través de cormos, rebrotes, colinos o plántulas en musáceas.

Figura 1

Tipos de semilla en musáceas



Fuente. Adaptado del Manual técnico para producir semilla asexual de calidad de plátano cv. Dominico hartón por macropropagación (p.31), por Wagner et al. (2023) editorial@agrosavia.co.

Oferta Ambiental

En la Tabla 2 se presentan los requerimientos edafoclimáticos del cultivo del plátano Dominico- Hartón y las condiciones edafoclimáticas reinantes en el municipio de Palocabildo Tolima.

Tabla 2

Oferta edafoclimática de la zona de Palocabildo-Tolima vs requerimiento del cultivo de plátano

Índices	Oferta edafoclimática de la zona de investigación	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo
Temperatura (C°)	18° -27°	20° - 30°
Precipitación (mm)	2.500	800-2800mm
Altitud (m.s.n.m)	1.327	1000-1500 m.s.n.m
Humedad relativa (%)	80-86	70-80
Tipo de suelo	Franco arcillo arenoso	Media, ligeramente pesada o franca
PH	5,6	5,5-6,5

Fuente. (Erika et al., 2023; EPPO, 2022).

El cultivo del plátano (*Musa spp.*) representa una fuente importante de ingreso y seguridad alimentaria en muchas regiones tropicales. Dentro de este contexto, el plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) destaca por su valor comercial y nutricional. La implementación de modelos sostenibles de producción de plántulas es crucial para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del cultivo a largo plazo.

Importancia del Plátano Dominico Hartón

El plátano Dominico-Hartón es clave para la seguridad alimentaria y la economía rural del país. Su sabor, valor nutricional y versatilidad lo hacen preferido en el consumo nacional. Se adapta bien a diferentes regiones agroecológicas, especialmente en zonas como Tolima y Antioquia. Es cultivado principalmente por pequeños productores en sistemas sostenibles. Genera empleo rural y mantiene prácticas agrícolas tradicionales. Aunque su exportación es limitada, tiene potencial en mercados especializados. Mejorar su producción es esencial para fortalecer el desarrollo rural y la sostenibilidad agrícola en Colombia.

El plátano Dominico Hartón es apreciado por su calidad de fruto y resistencia relativa, ya que muestra adaptabilidad a diferentes sistemas de cultivos tanto en monocultivo como en sistemas intercalados. según SIOC, 2016

El Clon Domino Hartón (*Mussa AABSimmonds*) tolera demasiadas plagas y enfermedades causadas por Hongos (Sigatoka negra, amarilla, Mal de Panamá), Bacterias (Moko) y por Insectos (Picudo). Las diferentes MIP (plagas y enfermedades) presentes en el cultivo afectan negativamente el rendimiento y la producción, además de comprometer el área foliar, la cual incide directamente en el desarrollo de la inflorescencia y, por ende, en la productividad del sistema agrícola.

Métodos de Producción de Plántulas

La producción de plántulas en vivero es una técnica fundamental que permite la propagación masiva de plantas sanas y vigorosas. Se consolidó un huerto madre con semilla de alta calidad proveniente de un vivero certificado por el ICA, cumpliendo con toda la normatividad. A partir de este se estableció un huerto de multiplicación intensiva con procesos de trazabilidad y verificación de la calidad genética, sanitaria, física y fisiológica del material vegetal. Se implementaron estructuras como una cámara y túneles de multiplicación para acelerar la producción de rebrotes obtenidos mediante la inducción por inactivación de la yema central en cormos. Las plántulas resultantes se desarrollaron en bolsas de polietileno de 9 x 9 con sustrato desinfectado y posteriormente se trasladaron a un vivero, donde alcanzaron el estado óptimo para la siembra que es de 4 a 5 hojas funcionales destacándose por su alta calidad en todas las etapas del proceso.

Un modelo sostenible de producción de plántulas debe considerar varios principios:

Conservación de Recursos: Uso eficiente del agua y nutrientes mediante sistemas de riego por goteo y fertilización balanceada.

Control Biológico: Implementación de métodos de control biológico para manejar plagas y enfermedades, reduciendo el uso de pesticidas químicos.

Biodiversidad: Promoción de la biodiversidad mediante la rotación de cultivos y la incorporación de plantas acompañantes.

El principal desafío en la producción sostenible de plántulas es el manejo integrado de enfermedades y plagas las cuales son prevenir, monitorear y controlar a estas. Además, la capacitación continua de los agricultores en técnicas sostenibles como conservación de suelos, rotación de cultivos, aplicación de bioestimulantes, manejo integrado de plagas y enfermedades

es esencial para el éxito a largo plazo. La implementación de un modelo sostenible no solo mejora la productividad y calidad de las plántulas, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en la economía rural. Los agricultores que adoptan prácticas sostenibles pueden beneficiarse de mercados más amplios y obtener precios premium por sus productos certificados. El desarrollo de un modelo sostenible de producción de plántulas de plátano Dominico Hartón es una estrategia viable para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola. Al integrar técnicas modernas con principios ecológicos, se pueden lograr beneficios económicos y ambientales significativos.

Según lo afirmado por Rubiano & Ospina (2019) “la evaluación de bioestimulantes radiculares en la propagación de plátano dominico hartón, mostro que se puede mejorar el sistema radical de las plántulas con el uso de bioestimulantes logrando obtener plántulas de excelente calidad” (p.65).

Rubiano & Ospina, (2019) en su tesis de grado, la investigación realizada determino con sus resultados que el tratamiento 4 correspondiente al producto Aquaclean ACF (-) SF (+) fue el bioestimulante de mejor eficacia en todos los aspectos evaluados, por lo tanto, es una alternativa factible para mejorar el sistema radicular de las plántulas obtenidas en vivero (p.65)

Según (Olivares et al., 2020) afirma que:

Las prácticas para aumentar y mantener la calidad del suelo y estimular la actividad microbiológica en esos suelos podrían tener un efecto positivo en la producción agrícola de plátanos, no sólo para los campos de baja productividad sino también para el uso sostenible de lotes de alta productividad (p. 2521).

Según Olivares et al. (2020) “la selección de prácticas de manejo sostenible del suelo, considerando la variabilidad natural de los suelos, para mejorar la sostenibilidad a largo plazo de la producción (p. 2522).

Con base con estos fundamentos, se diseñó n experimento para evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre variables morfofisiológicas en plantas de plátano Dominico-Hartón, bajo condiciones controladas en vivero. Esta investigación busca generar recomendaciones técnicas aplicables al contexto local, fortalecer la calidad del material vegetal y aportar al desarrollo de modelos agronómicos sostenibles en Palocabildo-Tolima.

Materiales y Métodos

Localización de la Investigación.

La investigación se desarrolló al norte del departamento del Tolima, en el municipio de Palocabildo en la vereda la ceiba a 20 minutos de la cabecera municipal.

Tabla 3

Localización geográfica y datos del productor

Departamento	Tolima
Municipio	Palocabildo
Vereda	La ceiba
Nombre predio	El refugio
Latitud	5° 05' 13.67" N
Longitud	74° 59' 27.72" O
Altitud. M.s.n.m.	1.326
Línea productiva	Plátano

Fuente. Autores

Tipo de Suelo

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014) los suelos predominantes en Palocabildo Tolima corresponden a Andosoles formados por cenizas volcánicas, con textura limo-arcillosa, estructura porosa y alta riqueza en nutrientes.

Clasificación de Zona de Vida

“Bosque húmedo tropical con precipitaciones de 2500 mm al año, con humedad relativa 85%, con temperaturas promedio de 23°C, predomina alta vegetación y biodiversidad de especies”. Según Holdridge (1967).

Clon Vegetal utilizado


El material de siembra fue el clon (*Musa AAB Simmonds*) Dominico- Hartón, el cual se obtuvo de la misma finca del productor, hasta el establecimiento de vivero en las inmediaciones del predio del productor. El área aproximada de 50 m², estuvo con cubierta plástica de 1,20 m de ancho y 7 m de largo. Cabe resaltar que el material producido en este vivero no podrá ser comercializado y será para uso exclusivo de la parcela de investigación.

Equipos y Herramientas.

En la tabla 4 se presentan los equipos y herramientas utilizados durante la ejecución de la investigación.

Tabla 4

Equipos y herramientas utilizadas para medir las variables morfofisiológicas y los bioestimulantes.

Equipos	Fotografía
<p><i>Bomba espaldera mecánica de 20 litros de capacidad marca JACTO</i></p>	
Equipos	Fotografía

*Bascula digital marca
ELECTRONIC sf-400*



Herramientas

Fotografía

Cinta métrica de costura.



Herramientas

Fotografía

*Machete marca
BELLOTA.*



Herramientas

Fotografía

Jeringa desechable marca

ALFASAFE de 50ml



Fuente. Autores

Métodos de Estimulación de la Investigación

Tabla 5

Tratamientos para evaluar dosis por planta experimental

Tratamiento	Tratamientos	Observación	Preparación	Dosis/Planta
T1	Agua	Testigo absoluto	N/A	50 cc
T2	Bioestimulante ACF + (blueplanet)	Desinfección Chitatrol Bio F Estimulación ACF_SR_PLUS	6 cc/l 25 cc/l	50 cc
T3	<i>(Bacillus amyloliquefaciens</i>)	Cepa Agrosavia (Bs 006)	25 cc/l	50 cc
T4	Dióxido de Silicio	Tierra de Diatomeas	4 g/l	50 cc

Nota. Tratamientos aplicados seleccionados por color. Fuente. Autores

Mapa de campo

Figura 2

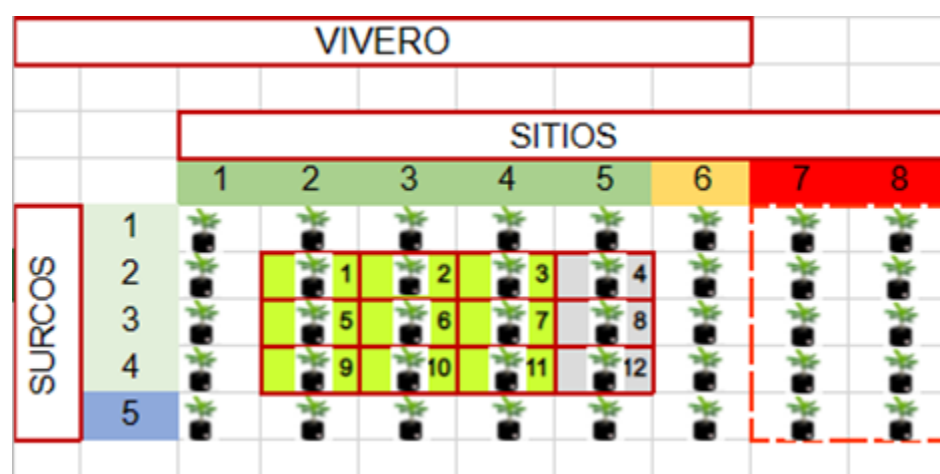
Mapa de campo como van a estar distribuidas en el vivero

R1	3	1	4	2
R2	2	4	1	3
R3	1	3	2	4
R4	4	2	3	1

Nota. Numeración de sitios en la subparcela en el vivero. *Fuente.* Autores

Figura 3

Mapa de subparcela en vivero aquí se muestran los sitios de las plantas en Palocabildo, Tolima.



Fuente. Autores

Descripción Detallada de los Tratamientos

Tratamiento 1 (T1).

Testigo absoluto.

Tratamiento 2 (T2).

Manejo comercial de Bioinsumos (Blueplanet)

Tabla 6

Composición del bio estimulate comercial Tratamiento 2

Composición cualitativa	Conteo	Modo de acción
Esporas Heterotróficas		Solubilizadores de fosforo (P2O5)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml.	
<i>Bacillus subtilis</i>	0.5 x10 ⁶ UFC/ml	Fijadores de Nitrógeno
Bacterias Anaeróbicas-facultativas	0.5 x10 ⁶ UFC/ml	Aumento de capacidad de intercambio catiónico CIC
<i>Bacillus licheniformis</i>		
Bacterias Fotosintéticas		
<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	1.0 x10 ⁶ UFC/ml	
Ácidos húmicos		
Ácidos fúlvicos	2.9% p.v.	
Ácidos húmicos	3.6% p.v.	Aporte y humificación de materia orgánica

Nota. Tratamiento (T2)-(azul) Manejo comercial de Bioinsumos (Blueplanet). *Fuente.* Autores.

Tratamiento 3 (T3).

Aplicación en vivero de (*Bacillus amyloliquefaciens*) cepa (Bs-006), dirigidas en forma foliar y al sustrato. “Bs006 muestra efectos significativos como agente de bio control y promotor del crecimiento de las plantas” (Moreno Velandia, 2017, p.6)

Tratamiento 4 (T4).

Aplicación en vivero de dióxido de silicio dirigidas al sustrato. Muestra “mayor crecimiento vegetal, plantas más fortalecidas y compactas, hojas más fuertes, mayor fotosíntesis, mayor tolerancia a condiciones de baja luminosidad, y tolerancia a estrés hídrico y térmico” (INTAGRI S, C., 2016, parrafo 3).

Preparación Material de Siembra

Para la obtención de material de siembra, se seleccionaron colinos libres de plagas y patógenos, con un peso mínimo de 300 gramos para su establecimiento (siembra en vivero). Los materiales seleccionados debían presentar un desarrollo vegetativo óptimo, lo cual garantiza su

capacidad de adaptación y vigor en la etapa de establecimiento. Se recomienda realizar la cosecha de colinos posterior a la recolección del racimo, con el propósito de maximizar la emisión de rebrotes y asegurar una mayor disponibilidad de material vegetativo. El material fue de la misma finca, la ceiba de Palocabildo-Tolima donde fue instalada la parcela, plantas de la variedad Dominico - Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Figura 4

Manejo pre-siembra del material de propagación



Fuente. Autores.

Se realizó inducción de las yemas axilares de las plantas madre seleccionadas mediante el corte basal del pseudotallo (metodología Barker) 30 días después se hizo la extracción de los rebrotes obtenidos.

Los rebrotes obtenidos (cormos) se sembraron en bolsas de polietileno de 9 x 9, en el vivero ya establecidos, con sustrato y materia orgánica compostada y arena, con previa desinfección de estos.

El manejo en vivero fue de tres meses y medio, tiempo en cual se desarrolló fisiológicamente para realizar la medición de las variables de respuesta (altura, perímetro pseudotallo, # hojas emitidas, # hojas funcionales, ritmo emisión y área foliares largo y ancho de la hoja 3 periodo en el cual se aplicaron los diferentes tratamientos, hasta que las plántulas tuvieron cinco hojas.

Siembra de los Cormos

Se sembraron los cormos en bolsas negras de polietileno de 9 x 9 cm la cual se llenan hasta la mitad de la bolsa de sustrato compuesto de 50% tierra, 30% materia orgánica compostada y 20% de arena de rio para evitar la compactación de este, luego se procedió a cubrir

Figura 5

Establecimiento de la siembra en vivero



Fuente. Autores.

Aplicación de Tratamientos.

Todas estas aplicaciones de bioestimulantes T1: Testigo absoluto, aplicación de solo agua de riego T2: Bioestimulante ACF SR+ T3: (*Bacillus amyloliquefaciens*) (Bs-006) T4: Dióxido de Silicio. se realizaron a las primeras horas de la mañana para evitar pérdidas por evaporación. La primera inoculación con bioestimulantes fue aplicada al sustrato en drench al momento de la siembra en la bolsa de 9 x 9 cm con una frecuencia de cada 15 días, por (2) meses siguientes, para un total de (4) inoculaciones con bioestimulantes.

Figura 6

Aplicación de tratamientos bioestimulantes por subparcela



Nota. Vivero de investigación, tratamiento y dosificación. *Fuente.* Autores

Momento de las Evaluaciones cronograma de actividades

Tabla 7

Cronograma de actividades de la investigación

Cronograma de actividades				
ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Inducción de plantas	X			
Recolección de cornos	X			
Embolse/materia orgánica /arena/tierra/aplicación de la desinfección con Chitrol.	X			
Cubierta plástica e instalación del riego por microaspersión	X			
tratamientos completos y organizados en la cubierta plástica	X			
1 aplicación de bio estimulación y medición de plantas de los tratamientos (cada 15 días) 22/08/2021		X		
2 aplicación de bio estimulación y medición de plantas de los tratamientos (cada 15 días) 5/09/2021		X		
3 aplicación de bio estimulación y medición de plantas de los tratamientos (cada 15 días)19/09/2021			X	
4 aplicación de bio estimulación y medición de plantas de los tratamientos (cada 15 días)3/10/2021			X	
El diseño experimental es de bloques completos al azar con 4 tratamientos, cuatro repeticiones y 12 plántulas por unidad experimental.				X

Fuente. Autores.

Diseño Experimental

Tabla 8

Modelo de distribución completamente al azar con cuatro repeticiones (DCA)

Tratamientos	Repeticiones			
T1	1-3	1-1	1-4	1-2
T2	2-2	2-4	2-1	2-3
T3	3-1	3-3	3-2	3-4
T4	4-4	4-2	4-3	4-1

Nota. El diseño completamente al azar (DCA) de los cuatro tratamientos en las cuatro repeticiones en vivero, se seleccionó este diseño por su capacidad para controlar la variable ambiental en condiciones de vivero. *Fuente.* Autores.

Donde:

T1: Testigo absoluto, aplicación de solo agua de riego

T2: Bio estimulante ACF SR+

T3: (*Bacillus amyloliquefaciens*) (Bs-006)

T4: Dióxido de Silicio.

Número de tratamientos: 4

Número de réplicas: 4

Unidades experimentales por tratamiento:16

Total, unidades experimentales: 48

Unidades de observancia: 12 en cada Unidad experimental, 48 plantas por subparcela por tratamiento. Pacerla útil: Ciento noventa y dos (192) plantas seleccionadas al azar.

Variables Morfofisiológicas

En la siguiente tabla 9 se presentan las variables de respuesta en donde van a expresar las diferencias significativas entre ellas.

Tabla 9

Variables morfofisiológicas en las plántulas por tratamiento.

#	Variables de crecimiento del cultivo	Descripción
1	Altura (cm)	Se determina desde la base del suelo hasta la inserción de la hoja más reciente (Punto en V) en el ápice del pseudotallo. Se utiliza un flexómetro con graduación en centímetros
2	Grosor del pseudotallo (Perímetro del pseudotallo) (cm)	Se mide en fase de vivero a una altura de 5 cm del suelo. Se utiliza para la medición del perímetro una cinta flexible.
3	# de hojas emitidas	Se cuenta durante el tiempo de evaluación el número total de hojas emitidas por la planta para cada tratamiento evaluado. Las hojas se marcan con marcador negro SHARPIE desde el inicio de las evaluaciones. (grados intermedios, .2- .4- .6- .8)
4	# de hojas funcionales	Se cuenta durante el tiempo de evaluación el número de hojas funcionales en la planta para cada tratamiento evaluado. (Hoja funcional con más del 50 % del área foliar sana)
5	Ritmo de emisión foliar	Con los datos del número de hojas emitidas en cada evaluación periódica (Cada 15 días), se calcula esta tasa de emisión foliar.
6	Área foliar (Largo-Ancho) (cm)	Se mide la longitud y el ancho de la tercera hoja sentido ápice-base, estos datos se usan para calcular el área foliar de acuerdo con la fórmula propuesta por Belalcázar et al (1990) donde: $\text{Área foliar} = (l \times b) \times 0.80246^*$. En este caso (l) corresponde a longitud y (b) es el ancho de la hoja. *Índice Foliar

Nota. Variables de desarrollo morfofisiológicos para todos los tratamientos. *Fuente.* Autores.

En la figura 7 se presentan las variables morfofisiológicas que se midieron en las plántulas de plátano durante la fase de vivero.

Figura 7

Mediciones de las variables morfofisiológicas de la tabla (10) en el vivero



Nota. Recolección de los datos morfofisiológicas. *Fuente.* Autores.

Análisis de la Información

Para esta investigación se utilizó un análisis descriptivo para cada uno de los caracteres cuantitativos; los cuales fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existían diferencias entre los tratamientos en cada variable evaluada. Posteriormente se utilizó prueba de medias con Tukey para identificar estadísticamente cuales tratamientos presentan diferencias con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), se empleó el software SAS versión 10.0.

Resultados y Discusión

En la siguiente tabla 10 se muestran los resultados de las variables morfofisiológicas de las plántulas en vivero con el anova en Palocabildo, Tolima, Colombia.

Tabla 10

Respuesta de las variables morfofisiológicas evaluadas, en el ANOVA de la tabla (10) según los tratamientos aplicados.

Fuente de Variación	Gli	Altura Planta (cm)		Perímetro Pseudotallo (cm)		No. Hojas Emitidas		No. Hojas Funcionales		Área Foliar (cm ²)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Tratamientos	3	8,948	<.0001	2,615	<.0001	0,559	<.0001	0,326	0,000	58,652	<.0001
Tratamiento x Tiempo	8	11,681	<.0001	2,940	<.0001	1,320	<.0001	1,160	<.0001	24,676	0,001
Promedio		25,65		8,67		3,18		2,83		281,05	
CV (%)		11,4		11,0		10,1		10,9		12,6	

Nota. Autores, 2025 significativo a 0.05%, Gli=Grados de Libertad; CV = coeficiente de variación; CM = cuadrado medio. *Fuente.* Autores.

Efecto de los Tratamientos

En el análisis realizado, todas las variables evaluadas presentaron valores de $Pr > F$ inferiores a 0.0001, lo cual evidencia la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En consecuencia, los tratamientos aplicados a las plantas incidieron de manera significativa sobre características como la altura, el número de hojas y el área foliar, descartando que dichos efectos correspondan únicamente a variaciones aleatorias.

Interacción Tratamiento × Tiempo

Se observó significancia en todas las variables, con excepción del área foliar, que presentó un valor de $Pr > F$ de 0.001, aunque manteniendo relevancia estadística. Este resultado

sugiere que el efecto de los tratamientos no fue uniforme a lo largo del periodo de evaluación, sino que varió según la etapa de desarrollo; algunos tratamientos mostraron mayor efectividad en fases tempranas, mientras que otros lo hicieron en fases posteriores.

Respecto a la Altura de Planta (cm)

Los tratamientos evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.0001$), al igual que la interacción con el tiempo ($p < 0.0001$), lo que confirma que el impacto de los tratamientos se modificó a lo largo del ciclo de crecimiento.

Perímetro del Pseudotallo (cm)

Tanto los tratamientos ($p < 0.0001$) como la interacción Tratamiento \times Tiempo ($p < 0.0001$) presentaron diferencias altamente significativas.

Número de Hojas Emitidas

También se vio influenciado significativamente por los tratamientos ($p < 0.0001$), y nuevamente la interacción con el tiempo resultó significativa ($p < 0.0001$), indicando que la respuesta de esta variable estuvo condicionada al momento de evaluación.

Número de Hojas Funcionales.

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.000$), y la interacción Tratamiento \times Tiempo ($p < 0.0001$) reveló que la influencia de los tratamientos varió en el transcurso del tiempo.

Área Foliar (cm²)

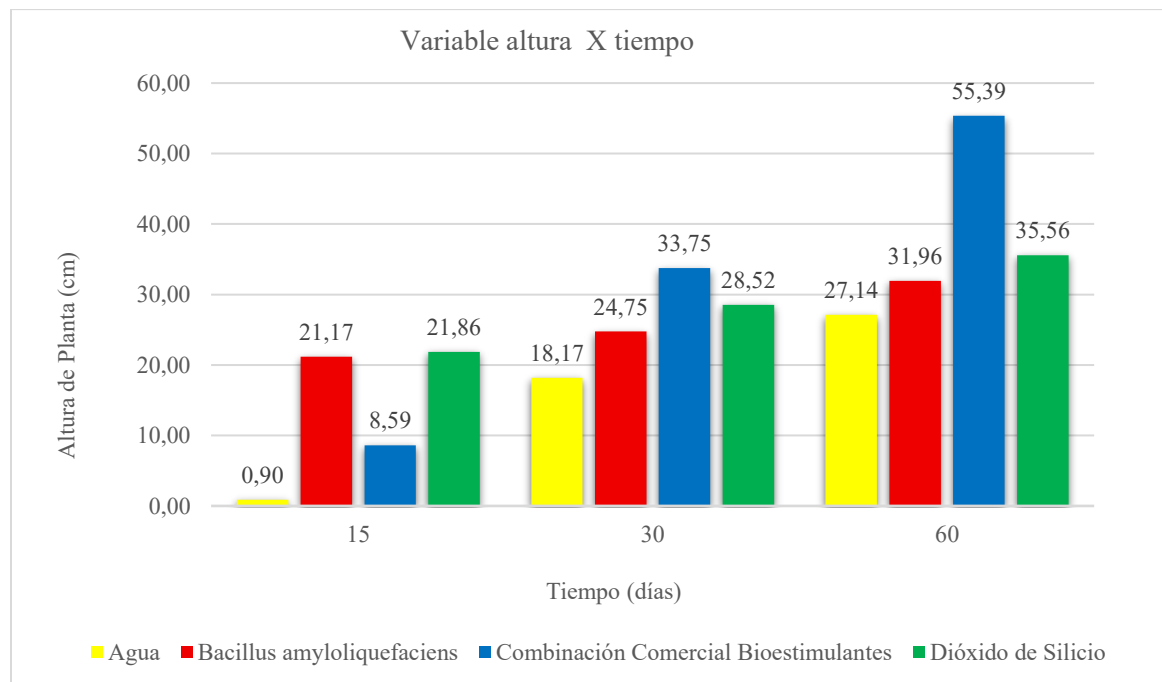
mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$) y, aunque el valor de significancia en la interacción Tratamiento \times Tiempo fue de $p = 0.001$, este se mantiene dentro de los criterios estadísticos de significancia.

Cabe resaltar que el coeficiente de variación (CV%) se mantuvo en valores bajos (<13%) para todas las variables, lo cual refleja consistencia y confiabilidad en los datos obtenidos. Asimismo, los elevados valores de cuadrados medios (CM) y los niveles de significancia altamente robustos refuerzan la conclusión de que tanto los tratamientos como su interacción con el tiempo ejercieron una influencia notable en las variables morfofisiológicas evaluadas.

En este sentido, dado que la mayoría de las interacciones resultaron significativas, se recomienda la elaboración de gráficas de interacción y la aplicación de pruebas post hoc (como la prueba de Tukey), con el fin de identificar con mayor precisión qué tratamientos y en qué momentos generaron las diferencias más relevantes.

Figura 8

Variable altura x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia.



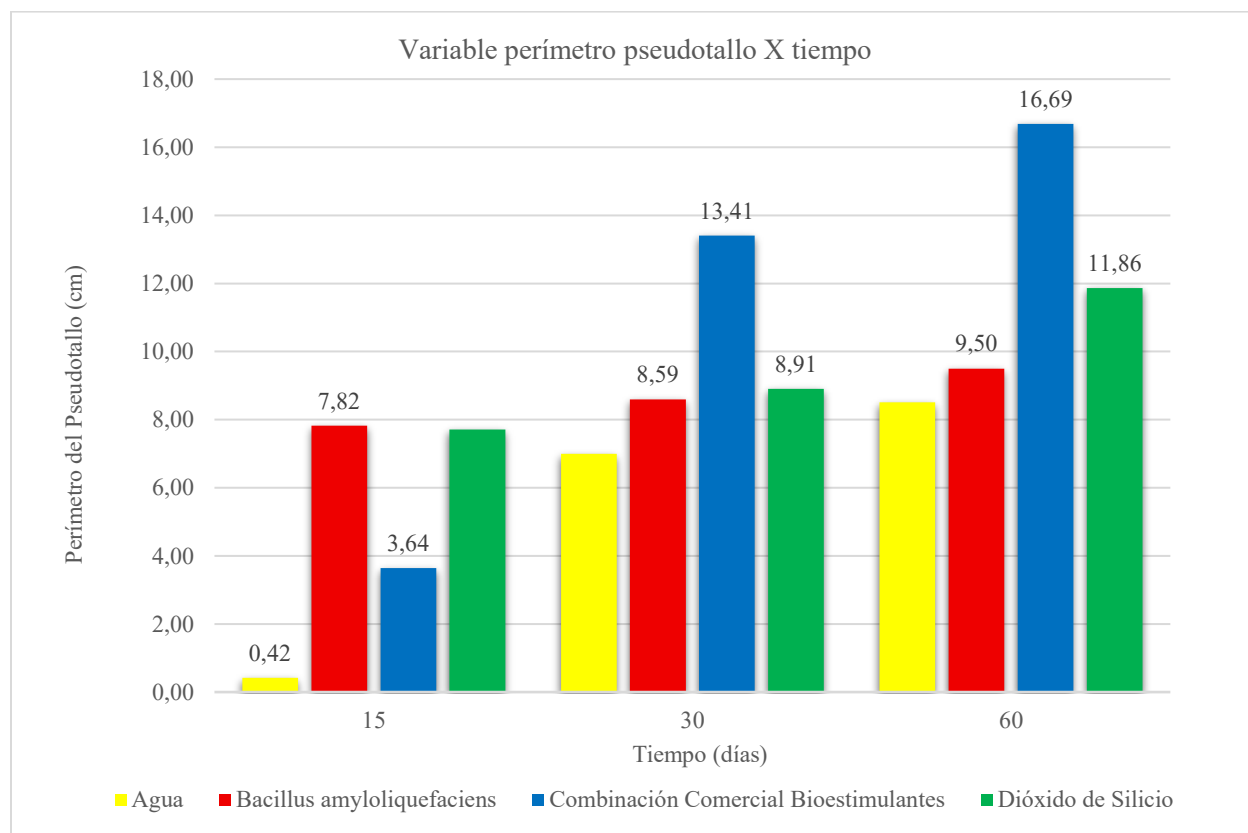
Nota. Comportamiento de variable altura en el tiempo. *Fuente.* Autores

Altura de Planta (cm)

El tratamiento con bioestimulantes Blueplanet (T2)-(azul) promovió una mayor elongación, lo que evidencia un estímulo positivo sobre el crecimiento vegetativo.

Figura 9

Variable perímetro x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia



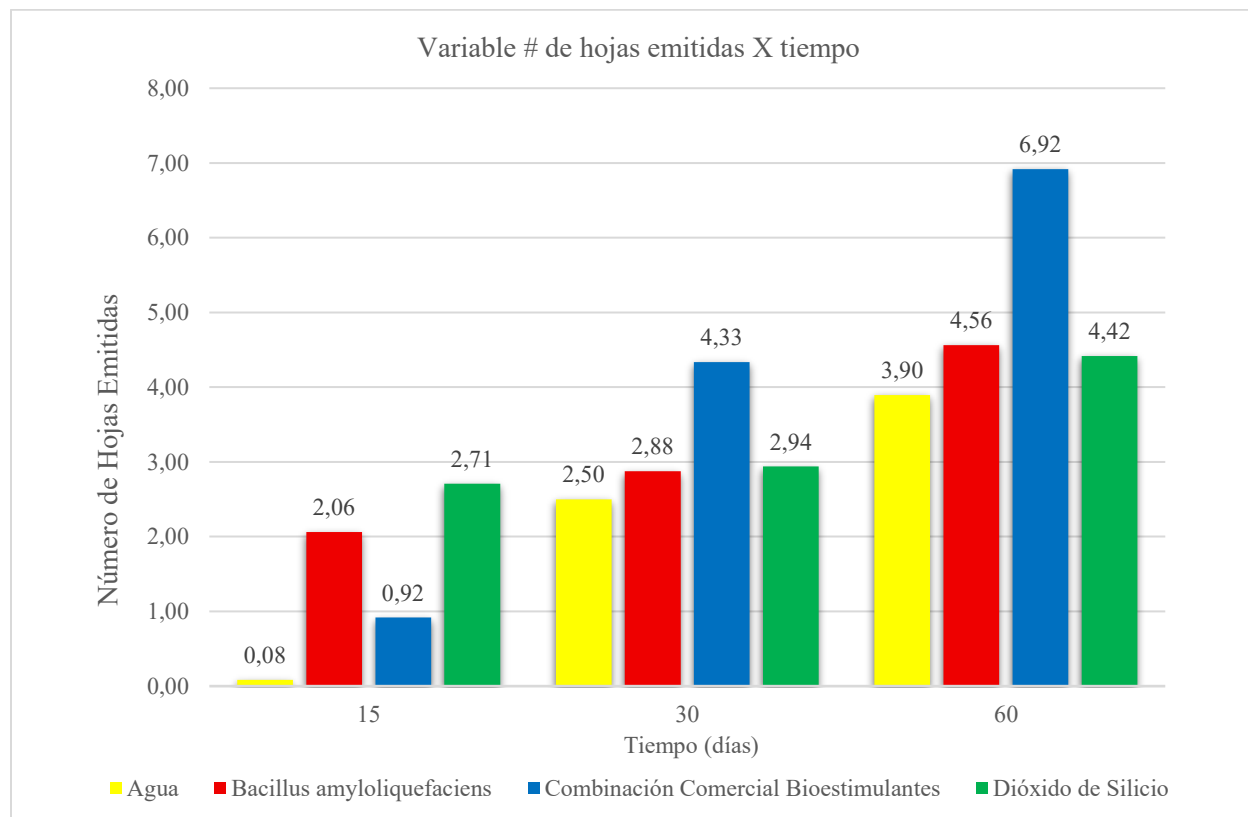
Nota. Comportamiento de variable perímetro del pseudotallo en el tiempo. *Fuente.* Autores.

Perímetro del Pseudotallo (cm)

El tratamiento con (*Bacillus amyloliquefaciens*) (T3)-(rojo) generó un incremento en el diámetro, lo cual sugiere una mejora en la absorción de nutrientes y en la resistencia mecánica de la planta.

Figura 10

Numero de hojas emitidas x días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia



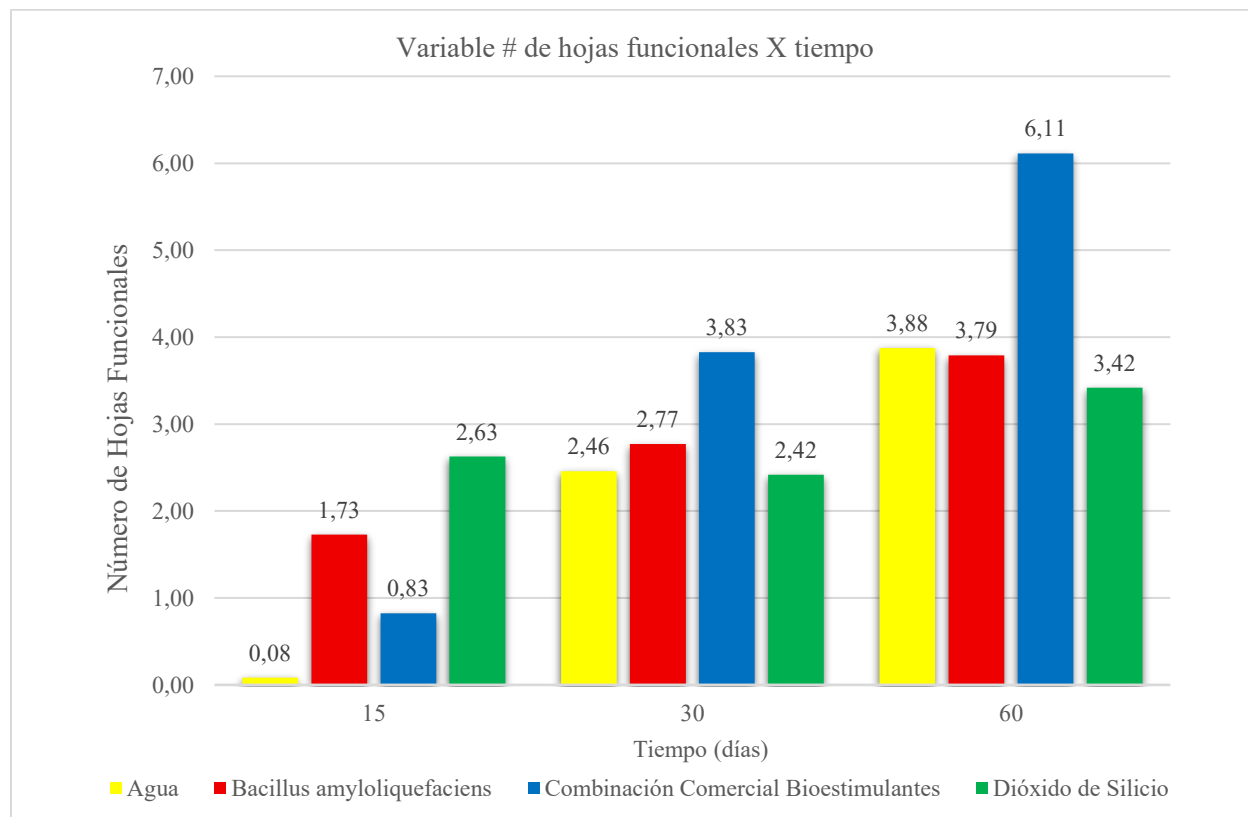
Nota. Comportamiento de variable número de hojas emitidas en el tiempo. *Fuente.* Autores.

Número de Hojas Emitidas

El tratamiento con dióxido de silicio (T4)-(verde) mostró una capacidad destacada para favorecer la producción continua de hojas.

Figura 11

Numero de hojas funcionales X días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia



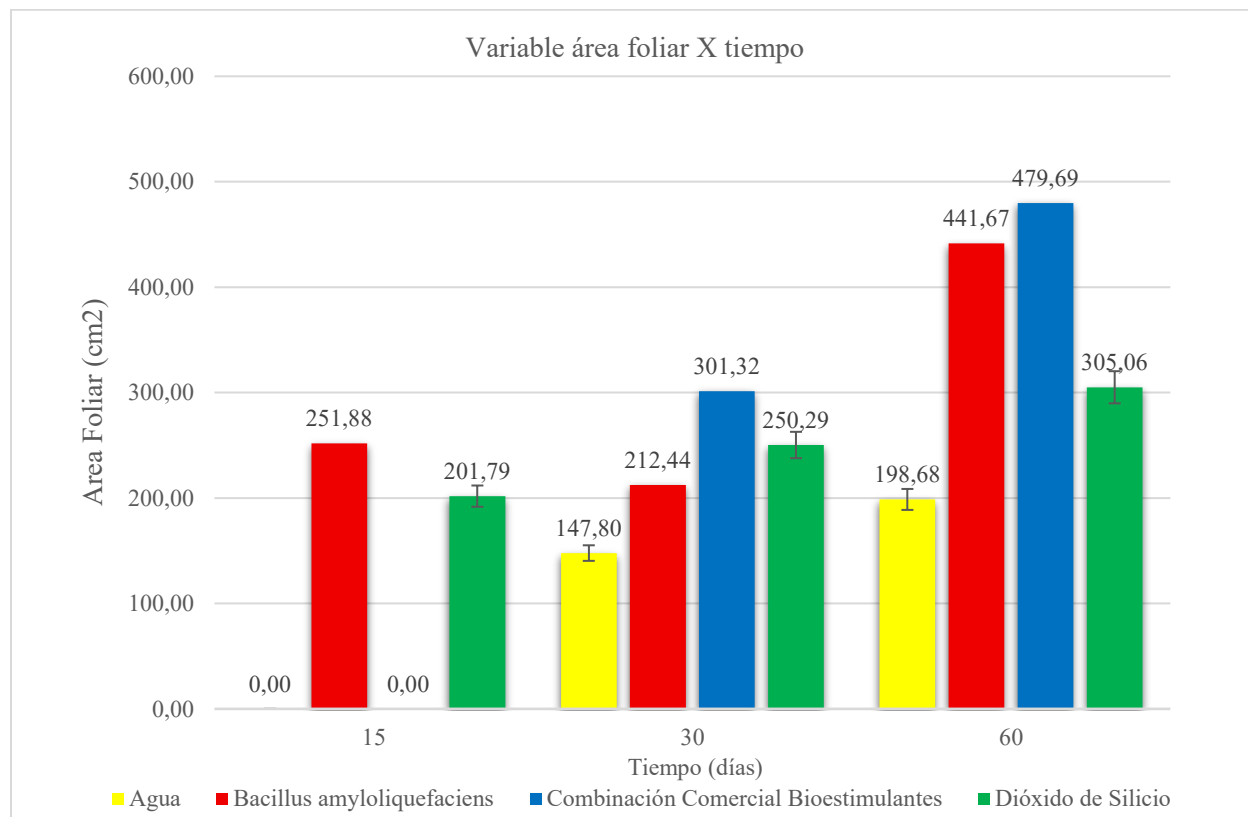
Nota. Comportamiento de variable número de hojas funcionales en el tiempo. *Fuente.* Autores.

Número de Hojas Funcionales

Se vio beneficiado por el mismo tratamiento (T4)-(verde), lo que refleja un buen estado sanitario del follaje y, en consecuencia, una mayor capacidad fotosintética sostenida.

Figura 12

Área foliar X días de los tratamientos aplicados en las plantas experimentales en Palocabildo, Tolima, Colombia



Nota. Comportamiento de variable área foliar en el tiempo. *Fuente.* Autores.

Análisis del Área Foliar (cm²)

Indicó que el tratamiento con bioestimulante Blueplanet (T2)-(azul) favoreció la acumulación de biomasa aérea, aspecto directamente asociado a un mayor potencial productivo.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que los tratamientos evaluados ejercieron efectos diferenciados sobre las variables morfofisiológicas. En particular, el tratamiento con bioestimulantes Blueplanet (T2) se destacó por promover un mayor crecimiento en altura y un incremento del área foliar; el (*Bacillus amyloliquefaciens*) (T3) potenció el desarrollo estructural

del pseudotallo; y dióxido de silicio (T4) sobresalió en la generación y mantenimiento de hojas funcionales, lo que evidencia una estimulación sostenida del aparato fotosintético.

En este sentido, los hallazgos confirman que las alternativas aplicadas inciden de manera diferencial en el crecimiento vegetal, por lo cual pueden seleccionarse estratégicamente de acuerdo con el objetivo agronómico que se persiga

Análisis Estadístico Prueba Tukey

Tabla 11

Estudio estadístico de prueba Tukey de los datos promedios de las variables de evaluación de las plántulas de plátano en vivero.

Tratamientos	Altura Planta (cm)		Perímetro Pseudotallo (cm)		No. Hojas Emitidas		No. Hojas Funcionales		Área Foliar (cm ²)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
T2 Combinación Comercial Bioestimulantes	32,58	a	11,24	a	5,06	a	4,59	A	390,50	a
T4 Dióxido de Silicio	28,65	b	9,49	b	4,35	b	3,82	B	311,12	b
T3 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	25,96	b	8,64	c	4,17	b	3,76	B	252,38	b
T1 Agua	15,40	c	5,31	c	3,50	c	2,85	C	173,24	c

Nota. Dentro de una misma columna, promedios con igual letra no difieren significativamente ($P>0.05$). *Fuente.* Autores.

Evaluación del efecto de diferentes tratamientos sobre el desarrollo vegetal

Se evaluó el efecto de cuatro tratamientos sobre variables morfofisiológicas asociadas al crecimiento vegetal, específicamente altura de planta, perímetro del pseudotallo, número de hojas emitidas, número de hojas funcionales y área foliar. Los tratamientos correspondieron a

una combinación comercial de bioestimulantes (T2), dióxido de silicio (T4), (*Bacillus amyloliquefaciens*) (T3) y un control con agua (T1).

Los análisis evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El tratamiento T2 (bioestimulante) registró los mayores promedios en todas las variables evaluadas, alcanzando una altura de 32,58 cm, un perímetro de pseudotallo de 11,24 cm, 5,06 hojas emitidas, 4,59 hojas funcionales y un área foliar de 390,50 cm². Todos estos valores se ubicaron dentro del grupo estadístico “a”, lo que confirma su superioridad frente a las demás alternativas.

En segundo lugar, el tratamiento con dióxido de silicio (T4) presentó valores intermedios en la mayoría de las variables, seguido por (*Bacillus amyloliquefaciens*) (T3), que compartió grupo estadístico con T4, aunque registró un perímetro de pseudotallo significativamente menor.

Por el contrario, el tratamiento T1 (agua) mostró los valores más bajos en todas las variables analizadas, perteneciendo de manera consistente al grupo estadístico “c”, lo que refleja una respuesta reducida en términos de desarrollo morfofisiológicos.

En síntesis, los resultados permiten concluir que la aplicación de bioestimulantes comerciales (T2) promovió un crecimiento significativamente superior en comparación con los demás tratamientos, consolidándose como la alternativa más efectiva para estimular el desarrollo vegetal en las condiciones evaluadas.

La propagación de plantas de plátano en vivero en el municipio de Palocabildo-Tolima, con la adición de bioestimulantes, evidenció respuestas diferenciadas según el tratamiento aplicado. En particular, el tratamiento T2 (Blueplanet) promovió un crecimiento más vigoroso, con mayor emisión de hojas, funcionalidad foliar y desarrollo del área foliar, comparado con los demás tratamientos evaluados. Estos resultados reflejan el potencial de este bioestimulante para

optimizar el desarrollo inicial del cultivo, aspecto clave para asegurar una producción más eficiente, competitiva y sostenible en las condiciones agroecológicas del norte del Tolima.

Según los resultados encontrados de investigadores coinciden con los reportes por Rubiano & Ospina, (2019), en su tesis de investigación de grado “Evaluación de bioestimulantes en la propagación intensiva de semilla plátano Dominico Hartón en almacigo bajo cubierta plástica” la cual demostraron que la aplicación de Bioestimulante ACF + (blueplanet) tiene:

Efectos significantes que le aportan al desarrollo de las plántulas el uso de sus compuestos microbiológicos incluidos en la formulación de este bioestimulante, como son las bacterias fotosintéticas, las cepas de bacterias vegetativas, las esporas de Bacillus, combinados con los ácidos húmicos y fúlvicos contenidos derivados de depósitos vegetales milenarios del subsuelo en estado de leonardita, cuyos efectos se vieron reflejados en el desarrollo de las plántulas evaluadas con este tratamiento (p.65).

De manera parecida (Olivares, et al. 2020). Las prácticas para aumentar y mantener la calidad del suelo y estimular la actividad microbiológica en esos suelos podrían tener un efecto positivo en la producción agrícola de plátanos, no sólo para los campos de baja productividad sino también para el uso sostenible (p.2521)

Conclusiones

Los resultados evidenciaron que los bioestimulantes evaluados generaron respuestas fisiológicas diferenciadas en las variables clave de crecimiento de las plántulas de plátano Dominico-Hartón. No obstante, algunos tratamientos mostraron efectos más consistentes en parámetros como la altura, perímetro del pseudotallo, número de hojas emitidas, número de hojas funcionales y área foliar, lo cual sugiere una eficacia relativa modulada por el tipo de cobertura (térmica o almácigo) y la etapa fenológica del cultivo.

Desde una perspectiva productiva, los hallazgos respaldan la implementación de esquemas de manejo diferenciados de acuerdo con la fase fenológica y las condiciones de establecimiento. En este sentido, resulta prioritario seleccionar bioestimulantes que maximicen el crecimiento vegetativo y la acumulación de biomasa en etapas críticas, a fin de garantizar un desarrollo inicial favorable.

Particularmente, el bioestimulante Blueplanet se destacó por promover un mayor vigor en términos de crecimiento foliar, diámetro del pseudotallo y relación masa radical/aérea. Estos efectos fueron especialmente notorios bajo condiciones de cubierta térmica o almácigo, lo que sugiere la existencia de una sinergia entre el insumo y el microambiente de protección. De acuerdo con ello, Blueplanet se posiciona como la alternativa más prometedora para optimizar el desarrollo temprano del cultivo, favoreciendo un inicio vegetativo robusto que podría traducirse en mayor tolerancia al estrés y mejor desempeño productivo en ciclos posteriores.

Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación del bioestimulante Blueplanet en viveros con cubierta térmica, especialmente durante la fase inicial de germinación, favorece un desarrollo homogéneo y vigoroso de las plántulas de Dominico-Hartón. Las condiciones controladas de humedad y temperatura proporcionadas por la cubierta térmica contribuyen

significativamente a minimizar el estrés hídrico y térmico, optimizando la respuesta fisiológica de las plantas.

Asimismo, se destaca la importancia de establecer protocolos de monitoreo continuo sobre variables clave como la altura, el número de hojas y el área foliar, lo cual permite detectar oportunamente desviaciones en el crecimiento y ajustar prácticas de manejo como la frecuencia de riego o la suplementación nutricional. Esta estrategia de seguimiento técnico fortalece la toma de decisiones basada en evidencia, mejorando la eficiencia del manejo agronómico y el rendimiento del vivero.

Finalmente, los resultados obtenidos en el vivero del municipio de Palocabildo (Tolima) permiten concluir que el uso de bioestimulantes incide significativamente en el desarrollo inicial del plátano, destacándose en particular el tratamiento T2 (Blueplanet). Este tratamiento evidenció una mayor eficacia en la promoción del crecimiento vegetal, expresada en la emisión foliar, la funcionalidad de las hojas y el desarrollo del área foliar. En consecuencia, la aplicación temprana de Blueplanet, acompañada de un manejo térmico riguroso, se constituye en una herramienta valiosa para mejorar la homogeneidad en el establecimiento de plantas más vigorosas y sostenibles en la siembra definitiva.

Recomendaciones

Implementación del tratamiento T2 (Blueplanet) Se recomienda su uso durante la fase de vivero de plátano, especialmente por su efecto positivo comprobado en Vigor vegetativo estimulando un crecimiento más uniforme y robusto de las plantas, emisión de hojas funcionales favoreciendo la generación constante de hojas activas, mejorando la capacidad fotosintética, incremento del área foliar optimizando la superficie fotosintética, lo que potencialmente acelera el establecimiento y desarrollo posterior en campo.

La inclusión de Blueplanet como parte del manejo nutricional y fisiológico en vivero puede potenciar significativamente la eficiencia de las plantas antes de su establecimiento en campo definitivo. Los efectos observados respaldan su uso como bioestimulante estratégico en etapas tempranas del desarrollo vegetal.

Monitoreo y seguimiento en campo evaluando los efectos del tratamiento T2 (Blueplanet) después del trasplante permitirá validar su impacto en las siguientes fases del cultivo: establecimiento, crecimiento vegetativo y producción fortaleciendo el sistema inmunológico vegetal incrementando la resistencia frente a patógenos, tales como la sigatoka negra, la enfermedad del moko entre otros, reduciendo la necesidad de pesticidas de síntesis química; aporta también resistencia al estrés hídrico proporcionando una raíz más eficiente y un suelo biológicamente activo ayudando a minimizar pérdidas por sequía o irregularidad en el riego

Referencias

- Agrosavia. (2020). *¿Qué hacemos?* Corporación colombiana de investigación agropecuaria:
<https://www.agrosavia.co/que-hacemos>
- Caballero, C. M., Valero Valero, N. O., & Pantoja Guerra, M. (2022). Revisión: Posibilidades de bioestimulación con ácidos húmicos en plantas utilizadas para fitorremediación. *Ciencia e Ingeniería: Revista de investigación interdisciplinar en biodiversidad y desarrollo sostenible, ciencia, tecnología e innovación y procesos productivos industriales*, 9(1), 2-23. doi: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.6723403>
- Canellas, L., & Olivares, F. (2014). Respuestas fisiológicas a sustancias hámicas como promotora del crecimiento de las plantas. *Biol. Technol. Agric.*, 1(3), 1-11.
doi:<https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
- Eppo. (2022). *Base de datos mundial de la Fiscalía Europea*. <https://gd.eppo.int/taxon/MUBPA>
- Gómez, R., Martín, J. E., Palencia, G. E., & Calle, L. M. (2006). *Manejo sostenible del cultivo del plátano*. Bucaramanga.: Produmedios. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12888>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). *Esudio general de suelos del departamentpo del tolima*. IGAC.<https://metadatos.icde.gov.co/geonetwork/srv/api/records/14145360>
- INTAGRI S.C. (5 de mayo de 2016). *Silicio para la nutrición y protección vegetal*.INTAGRI.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>.
- Jannin, L., Arkoum, M., Ourry, A., Laine, P., Goux, D., Garnica, M. F., . . . Claude yuin, J. & (2012). Microarray analysis of humic acid effects on Brassica napus. (A. Borstlap., Ed.) *Springer Science+Business Media B.V.*, 297-319. doi:10.1007/s11104-012-1191-x

- López, A. A., Nataret, D. M., Pérez, M. A., & Medina, I. A. (2022). Evaluación de la microencapsulación de ácidos húmicos y fúlvicos para ser empleados en la fertilización de liberación controlada para plantas de ornato con alto valor comercial. *Journal of Negative & No Positive Results*, 7(3), págs. 298-316. doi:10.19230/jonnpr.4672
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Anuario estadístico del sector agropecuario (Agronet) Línea Plátano*, 16.
<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Moreno Velandia, C. (2017). Interacciones entre *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006, *Fusarium oxysporum* Map5 y Cape gooseberry (*Physalis peruviana*). *Universidad Nacional de Colombia*, 1-196. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62781>
- Olivares, B., Araya-Alman, M., Acevedo-Opazo, C., Rey, J., Canete-Salinas, P., Giannini, F., . . . Gomez, J. (2020). Relationship between soil properties and banana productivity in the two main cultivation areas in Venezuela. *J. Soil Sci Plant Nutr.*, 20, 2512-2524.
doi:<https://doi.org/10.1007/s42729-020-00317-8>.
- Ospina, J., & Rubiano, J. (2019). Evaluación de bio-estimulantes en la propagación intensiva de semilla Plátano Dominic Hartón en almacigo bajo cubierta plástica. [*Proyecto de investigación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*]. *Repositorio Institucional UNAD.*, 1-72. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26655>
- Pabón Pedraza, R. A. (2017). Caracterización del modelo de negocio del plátano en organizaciones de pequeños productores para el departamento de Córdoba, Colombia. *Universidad de La Salle*, 1-15. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_agronegocios/24

- Rodríguez, G., Becerra, J., Betancourt, M., Miranda, T., Alzate, S., Pisco, C., & Sandoval, H. (2018). Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales. *Editorial AGROSAVIA*, 1-216.
- Seguel, O., ParraC, Homer, I., kremer, C., & Beyá-Marshall, V. (2019). Efecto del ácido húmico sobre las propiedades físicasde un Haplohumult cultivado con trigo. *Agro Sur*, 47(3), 27-38. doi:<https://doi.org/10.4206/agrosur.2019.v47n3-04>
- Susan Tepetlan, P. V., Noa-Carrazana, J. C., & Flores Estevez, N. (2017). Estado del Cultivo de Plátano (*Musa sp*) en el Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *UVserva*, 4. doi:<https://doi.org/10.25009/uvs.vi4.2550>
- Veobides, H., Guridi, F., & Vásquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000400015&lng=es&nrm=iso
- Vézina, A. (17 de julio de 2020). *ProMusa*. ProMusa: <https://www.promusa.org/Plantain%20subgroup>
- Wagner-Medina, E. V., Valencia Montoya, J. A., Caicedo Arana, Á., & Hernández Nopsa, J. F. (2023). Manual técnico para producir semilla asexual de calidad de plátano cv. Dominico Hartón por macropropagación. *Agrosavia*, 1-250. doi:<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406139>
- Zambrano-Moreno, D., Ramón-Rodríguez, L., Van Strahlen-Pérez, M., & Bonilla-Buitrago, R. (2015). Industria de bioinsumos de uso agrícola en Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 18(1), 59-67. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v18n1/v18n1a08>

Zou, j., Zhang, H., Yue, D., & Huang, J. (2021). Is the traditional alkali extraction method valid in isolating chemically. *Chemical Engineering Journal Advances*, 6, 1-5.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100277>