

**Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano dominico-hartón
(aab) (musa paradisiaca L) y su respuesta productiva.**

Presentado por:

Sandra Marcela Vargas Marín

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

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

Programa de Agronomía

Dosquebradas

2023

**Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano dominico-hartón
(aab) (musa paradisiaca L) y su respuesta productiva.**

Presentado por:

Sandra Marcela Vargas Marín

Asesor:

Manual Francisco Polanco Puerta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

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

Programa de Agronomía

Dosquebradas

2023

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a Dios quien me dio a mi mis padres y familia, quienes me han abierto y guiado el camino para forjar el mío, quienes han trabajado diariamente por darme a mí a mis hermanos una vida digna y una carrera profesional a través de su esfuerzo y trabajo interminable

Agradecimientos

Le agradezco a mi familia por su acompañamiento y apoyo incondicional durante toda mi vida y mi carrera universitaria

Le agradezco al ingeniero agrónomo Manuel Francisco Polanco director y asesor de este proyecto, por su gran dedicación y apoyo durante todo este proceso y en mi recorrido por la institución, le agradezco su carisma y dedicación para enseñar y transmitir todos sus conocimientos y experiencias

Le agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por darme un lugar en la institución donde pude prepararme profesionalmente en un campo tan bello como la agronomía, por brindarme el espacio y las herramientas para que se hiciera posible este proyecto

De igual manera le agradezco a todas y cada una de las personas que tanto directa como indirectamente hicieron parte de este proceso e hicieron posible su desarrollo y finalización

Resumen

El cultivo de plátano ocupa el quinto lugar en la producción agrícola de Colombia, es un producto básico en la dieta de los colombianos y clave en los programas de seguridad alimentaria, siendo el quinto productor a nivel mundial. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia agronómica de la fertilización aplicada directamente al pseudotallo de la planta desde un desarrollo temprano. Se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y dos repeticiones empleando seis plantas como unidades experimentales por tratamiento. T0 = fertilización granular al suelo (TS); T1= Fertirriego (RS); T2= Fertilización al pseudotallo creciendo en sustrato inerte (SI); T3 = Fertilización en la axila de la tercera hoja de la planta creciendo en sustrato inerte (AI); T4 = Fertilización al pseudotallo de planta creciendo en suelo (SS); T5 = Fertilización en axila de la tercera hoja de la planta creciendo en suelo (AS). Las variables evaluadas fueron: altura (cm), perímetro del pseudotallo (cm), n° de hojas, área foliar 3a hoja (cm), total de hojas a belloteo, días a belloteo, n° de retornos por sitio a cosecha, altura retorno primario a cosecha (cm), peso racimo, dedos por racimo, peso dedos, % manos de primera y % manos de segunda. Los resultados demostraron que la fertilización edáfica (T0) presento mejor respuesta productiva, junto al tratamiento de fertirriego (T1), mientras que los tratamientos con fertilización axilar (T3 y T5) y los tratamientos de fertilización al pseudotallo (T2 y T4) no mostraron un desarrollo positivo.

Palabras clave: alimentos, musáceas, nutrición vegetal, inyección sistemática, productividad,

Abstrac

Plantain cultivation ranks fifth in Colombia's agricultural production, it is a basic product in the Colombian diet and key in food security programs, being the fifth producer worldwide. The objective of this research was to evaluate the agronomic efficacy of fertilization applied directly to the pseudostem of the plant from an early development. A randomized complete block experimental design was implemented, with six treatments and two repetitions using six plants as experimental units per treatment. T0 = granular fertilization to the soil (TS); T1= Fertigation (RS); T2= Fertilization to the pseudostem growing in inert substrate (SI); T3 = Fertilization in the axil of the third leaf of the plant growing in inert substrate (AI); T4 = Fertilization to the pseudostem of the plant that grows in soil (SS); T5 = Fertilization in the axil of the third leaf of the plant that grows in soil (AS). The evaluated variables were: height (cm), pseudostem perimeter (cm), number of leaves, 3rd leaf leaf area (cm), total leaves to acorn, days to acorn, number of returns per site to harvest, height Primary return to harvest (cm), bunch weight, fingers per bunch, finger weight, % hands of first and % hands of second. The results showed that the edaphic fertilization (T0) presented a better productive response, together with the fertigation treatment (T1), while the treatments with axillary fertilization (T3 and T5) and the pseudostem fertilization treatments (T2 and T4) did not show a positive development

Keywords: food, musaceae, plant nutrition, systematic injection, productivity

Contenido

Lista de Tablas.....	10
Lista de Figuras	11
Introducción	12
Planteamiento del Problema	13
Hipótesis de Investigación	17
Justificación	18
Producción y Comercio del Plátano en el País	19
Fertilización en el Cultivo, Métodos y Prácticas de Aplicación	20
Objetivos.....	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
Marco Conceptual y Teórico	25
Origen, Taxonomía y Clasificación del Plátano.....	25
Morfología del Cultivo de Plátano.....	25
Condiciones Agroecológicas del Cultivo	26
Propagación	29
Establecimiento del Cultivo.....	29
Manejo del Cultivo.....	31
Manejo de Arvenses	31
Labores Culturales.....	32
Fertilización.....	33

Metodología	41
Localización	41
Material Vegetal	41
Tratamientos Evaluados	41
Productos Aplicados.....	42
Solución Nutritiva	43
Variables de Desarrollo del Cultivo.....	45
Caracteres morfo agronómicos evaluados.....	45
Variables Productivas evaluadas	45
Diseño Experimental	46
Análisis Estadístico.....	47
Preparación del Terreno y Siembra	47
Aplicación de los Tratamientos de Fertilización	47
Labores Culturales	48
Resultados.....	49
Variables de Desarrollo del Cultivo.....	49
Altura de la Planta.....	54
Perímetro del Pseudotallo.....	56
Número de Hojas Funcionales	58
Área foliar	59
Variables Productivas.....	61

Discusión de los resultados.....	62
Conclusiones	69
Recomendaciones	71
Referencias bibliográficas	72
Apéndice.....	78

Lista de Tablas

Tabla 1. Tratamientos y fertilizantes químicos aplicados.....	42
Tabla 2. Solución nutritiva.....	43
Tabla 3. Dosificación de los nutrientes.....	44
Tabla 4. Diseño experimental de Bloque Completamente al Azar.....	46
Tabla 5. Análisis de varianza de las variables morfoagronómicas.....	53
Tabla 6. Prueba de Levene para la variable altura	54
Tabla 7. Prueba de comparación de Wilcoxon para la variable altura.....	55
Tabla 8. Prueba de Levene para la variable perímetro de la planta.....	57
Tabla 9. Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del perímetro del pseudotallo.....	57
Tabla 10. Prueba de Levene para la variable hojas funcionales.....	58
Tabla 11. Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del pseudotallo.....	59
Tabla 12. Prueba de Levene para la variable área foliar.....	60
Tabla 13. Método Holm para la variable área foliar.....	60

Lista de Figuras

Figura 1. Daños ocasionados por la aplicación de fertilizante completo.....	49
Figura 2. Desarrollo de los tratamientos T0 y T1.....	51
Figura 3. Afectaciones en el área foliar.....	52
Figura 4. Estado de las plantas durante la última medición.....	52
Figura 5. Grafica Altura de la planta según los tratamientos.....	56
Figura 6. Plantas en fase de belloteo y cosechadas hasta el mes 16 de evaluación.....	61
Figura 7. Racimos cosechados de "Dominico-Hartón" (Musa AAB).....	64

Introducción

La nutrición de las plantas es un componente fundamental en el éxito de la producción de los cultivos, pero en muchas ocasiones esta labor, se convierte en el mayor problema de los cultivadores, debido a que las formulaciones de los fertilizantes no corresponden a las condiciones nutricionales del suelo de cultivo, ni a los requerimientos por parte de la planta; este inadecuado manejo de la fertilidad degrada el suelo, predispone a las plantas al ataque de las plagas y enfermedades Huber (1998) disminuye el rendimiento y aumenta los costos de producción.

Esta situación se hace más compleja en el cultivo de plátano, debido a que esta especie se siembra en diferentes regiones de Colombia, con tipos de suelos completamente diferentes y sobre todo bastante desuniforme física y químicamente y muy cambiantes a unos cuantos metros en un mismo lote de cultivo, lo que conlleva también a una gran desuniformidad en la producción y en la calidad del fruto del plátano, generando bajos rendimientos y pérdidas al productor, al no poder proveer al suelo y la plantas los nutrientes faltantes.

Es necesario entonces, para hacer efectiva la potencialidad productiva que tiene el país en el cultivo de plátano, el desarrollo de programas sistemáticos de investigación, ajuste y transferencia de tecnología que permitan alcanzar niveles de competitividad para posicionarse en el mercado interno y acceder a los mercados internacionales que cada día demandan mayor cantidad de fruta de buena calidad; en este sentido, esta propuesta investigativa ahonda en estudios básicos y aplicados de fisiología y nutrición de la planta de plátano con el fin de evidenciar el comportamiento de estas, a la aplicación de fertilizantes directamente al pseudotallo de la planta de plátano variedad Dominico-hartón desde una edad temprana y determinar si es una alternativa viable para los programas de fertilización de este cultivo.

Planteamiento del Problema

La fertilización del cultivo se realiza principalmente de manera directa al suelo, lo que conlleva a que por fenómenos como la lixiviación y la volatilización se genere una gran pérdida de nutrientes y minerales que la planta no pudo absorber conllevando esto a problemas nutricionales en la misma, así como también a problemas ambientales; como el deterioro paulatino de las cualidades físicas y químicas del suelo disminuyendo así su fertilidad y la contaminación de fuentes de agua subterráneas

Una de las alternativas para solventar los problemas nutricionales del cultivo, ha sido la fertilización foliar, siendo usada como un complemento a la fertilización edáfica; diversos autores en trabajos de fertilización foliar han demostrado la bondad de esta práctica en la respuesta positiva de los cultivos, sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables, lo que sugiere que sigue siendo un complemento a la fertilización del suelo, Trinidad Santos & Aguilar Manjarrez (1999), la fertilización foliar ha sido empleada para entregar a la planta nutrientes minerales que le permiten a esta tener una respuesta positiva en la disminución de enfermedades foliares, de esta manera la aplicación de fertilizantes ricos en elementos como el Calcio (Ca), Cobre (Cu), Silicio (Si) y Fósforo (P) para el control de la Sigatoka (*M. fijiensis*) en plátano han sido vitales para la resistencia de la planta a los agentes patógenos Villalta & Guzmán (2007); Martínez & Guzmán (2009). Pese a sus bondades la fertilización foliar tiene de igual forma efectos adversos generados al medio ambiente, en caso de un mal empleo tanto de los fertilizantes como de plaguicidas estos terminan por contaminar y deteriorar las fuentes hídricas, siendo necesario incorporar un plan de fertilización del cultivo, que incluya nuevas tecnologías de aplicación, que permitan mayores eficiencias en el uso del fertilizante y que considere la protección del suelo y del medio ambiente, mejorando la competitividad del cultivo.

De esta manera métodos alternos como la fertilización foliar, y la aplicación de fertilizantes directamente al pseudotallo de la planta son técnicas que poco a poco han sido introducidas en programas de fertilización, trabajos realizados bajo esta técnica en cultivo de plantas del genero Musa han mostrado resultados positivos, es así que autores como Quevedo et al. (2019) y Galvis et al. (2013), mediante la aplicación de fertilizantes y microorganismos al pseudotallo en banano posterior a la cosecha de la planta madre evaluaron el comportamiento en el crecimiento del hijo retorno, obteniendo una mayor velocidad de crecimiento en el retorno Quevedo et al. (2019); métodos de aplicación similares han tenido su evaluación, es el caso de la aplicación del fungicida Impact ® directamente en la axila de la tercera hoja; para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) CHEMINOVA (2014)

El éxito del cultivo de plátano además de la fertilización y los diferentes métodos que esta comprende, depende también del correcto y acertado manejo de las prácticas agronómicas, como lo son: el deshije, deshoje, descalcetamiento, destronque, des bellote, apuntalamiento, embolse del racimo, desinfección de la herramienta al realizar cada una de las practicas al cultivo, entre otras labores culturales fundamentales para su éxito.

Según el acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano 2010-2020, los mayores problemas de tipo tecnológicos que afronta el cultivo del plátano en Colombia son:

i) La falta de materiales mejorados tolerantes a los problemas fitosanitarios que más afectan al cultivo

ii) La baja disponibilidad de semilla de plátano de buena calidad por selección productiva y fitosanitaria

iii) Falta de un adecuado paquete tecnológico de manejo integrado de plagas y enfermedades,

iv) Falta de una adecuada nutrición y manejo pos cosecha

v) La falta de mecanismos e instrumentos para la transferencia de los resultados de las investigaciones a los diferentes actores de la cadena productiva.

Colombia se encuentra ocupando el quinto lugar en la producción mundial de plátano MADR (2021), es un cultivo clave para la economía tradicional campesina, según los datos el cultivo de plátano en Colombia se representa como un minifundio, el 85% de los productores tienen un área sembrada de entre 1 y 5 hectáreas, el 10% posee un área sembrada de entre 6 y 15 hectáreas y tan solo un 5% tiene áreas superiores a 16 hectáreas (ICA, 2018); Adicionalmente, menciona que el sistema de cultivo predominante es el asociado ya que brinda sombra y protección a especies perennes como el café y el cacao, por consiguiente, la tecnificación de las plantaciones es un tema que se debe abordar desde el punto de vista de la cantidad de área sembrada, es decir al ser los grandes terratenientes quienes cuentan con mayores hectáreas de terreno sembradas para el cultivo de plátano, se entiende que son los pequeños productores quienes mantienen la producción como cultivo estratégico para la alimentación de las zona rurales como cultivo de pan coger y tan solo una pequeña parte es comercializada a baja escala en los mercados locales.

Lo que se entiende con esto, es que la tecnificación del cultivo especialmente en labores como la fertilización del plátano a través de un plan de fertilización por etapa de desarrollo del cultivo, no es mayormente rentable para pequeños productores, que pueden verse fácilmente afectados por factores climáticos como inviernos prolongados y vientos fuertes , así como problemas sanitarios que fácilmente pueden destruir las pocas plantas de la unidad productiva, y que conlleva a una pérdida ya sea parcial o total de la producción y de la inversión.

Por el contrario, productores con áreas de cultivo superiores y destinadas completamente la producción platanera y que tienen un mercado de destino tal como el mercado nacional, la exportación o la agroindustria, siguen un continuo y riguroso proceso productivo con programas de fertilización y manejo del cultivo acordes a los niveles continuos de producción y a las necesidades que las plantaciones presentan durante su desarrollo.

Hipótesis de Investigación

La fertilización completa y balanceada aplicada directamente al pseudotallo del plátano, reemplaza por completo la fertilización edáfica y foliar de las plantas, mejorando la competitividad del cultivo.

Justificación

El plátano es una planta monocotiledónea perteneciente al orden Escitaminales, familia Musaceae, subfamilia Musoideae, género *Musa*; actualmente se tiene dos especies de importancia comercial, la *Musa acuminata* (plátano) y la *Musa balbisiana* (banano) (Palencia et al., 2006; Hurtado Macía, 2016).

El cultivo del plátano de la variedad "Dominico-Hartón" (*Musa* AAB) es una de las más demandados en Colombia y aún más en la zona Andina, representando el área de mayor potencial para la producción de este cultivo en el país, puede cultivarse hasta los 1400 msnm, produce racimos de aproximadamente siete manos con 45 a 55 frutos con un ciclo que abarca desde la siembra hasta la cosecha de 14 a 18 meses según la altitud (Aranzazu et al., 1999).

El cultivo del plátano en Colombia además de ser un producto base para la economía es un cultivo estratégico en los programas de seguridad alimentaria nacional al ser un alimento básico en la dieta de los colombianos, ocupando el cuarto puesto de importancia después del maíz, el arroz y el trigo, con un consumo per cápita estimado de 155 kg/año Olmos (2015), siendo de consideración que en regiones como la costa pacífica este valor casi puede duplicarse.

Dentro del sector agropecuario el plátano, ocupa el quinto lugar después del café, la caña de azúcar, la papa y las flores, participando con el 6.8% del total de la producción agrícola del país, León, Mejía, & Montes (2014). Se estima que 178.600 trabajadores derivan su sustento de este cultivo, ocupando un jornal permanente por hectárea y dos jornales por hectárea de transitorios, teniendo una participación en la generación de empleo del 8% del total de empleo del sector agrícola. (MADR, 2018)

Producción y Comercio del Plátano en el País

El plátano que se comercializa en el mercado internacional es en gran parte procedente de los países latinoamericanos y del Caribe, entre los cuales se encuentra Colombia, ocupando el quinto lugar en la producción mundial, MADR (2021); es así como en ámbitos de producción, y de acuerdo con MADR (2018) para el año 2018 se sembraron 440.290 hectáreas de plátano, con una producción de 4.316.726 toneladas, lo que significó un rendimiento de 10.7 toneladas por hectárea, muy por debajo con respecto a países africanos como Uganda con 13,2 ton/ha, Ghana 10.8 ton/h y Perú con 11,3 ton/ha.

A nivel nacional para el mismo año 2018, los departamentos, con mayor producción fueron Arauca (584.043 ton), Antioquia (474.860 ton), Meta (350.172 ton), Valle del Cauca (342.82 ton.) y Córdoba (304.687 ton.) (MADR, 2018)

Por su parte el año 2020 tuvo un incremento del 2% en cifras de producción nacional, llegando hasta las 4.279.833 toneladas de producción en 460.807 hectáreas sembradas, siendo el departamento de Arauca quien continua como principal productor, seguido de Antioquia y Meta quienes ocupan los 3 primeros lugares con mayor porcentaje de área sembrada, seguidos de Caldas, Córdoba, Choco, Quindío, Valle Del Cauca, Risaralda, Nariño, entre otros (MADR, 2021)

El comercio exterior de plátano en el año 2020 tuvo un crecimiento del 23,85%, frente al año 2019, con 141.029 toneladas siendo los principales destinos Estados Unidos con el 39% correspondiente a 55.245 toneladas y Reino Unido con un 32% y 45.654 toneladas, así como otros países europeos como España, Holanda, Portugal, Bélgica y Francia, sumando así cerca del 95% del plátano exportado en el 2020, así mismo las importaciones del producto continúan disminuyendo en un 35% de 2019 a 2020, llegando a las 8.944 toneladas introducidos desde Ecuador. (MADR, 2021)

Las cifras del año 2021 muestran el comportamiento de las exportaciones de plátano al mes Mayo con un crecimiento del 7,9% obteniendo un aumento desde el periodo 2019/2020 de 60.316 toneladas a 65.065 ton, incremento en los meses de marzo a mayo con 116%, con Estados Unidos ocupando el principal destino de las exportaciones con el 40% de la producción correspondiente a 25.925 toneladas, disminuyendo en 5% sus cantidades frente al mismo periodo del 2019, continuando con Francia y Holanda que muestra una variación positiva en cuanto a producto exportado.

En consecuencia con los anterior el cultivo de plátano es estratégico para el desarrollo socioeconómico del sector agrícola colombiano, de igual manera es un producto fundamental para la seguridad alimentaria de pequeños productores siendo este base de la alimentación en las zonas rurales como cultivo de pan coger o comercialización a baja escala, teniendo en cuenta también la generación de empleo que conlleva su cadena productiva, empleos que tanto directos como indirectos ascienden alrededor de 967.743 en su etapa productiva como en su pos cosecha y comercialización (MADR, 2021)

Fertilización en el Cultivo, Métodos y Prácticas de Aplicación

Entre las principales labores del cultivo de plátano y vital para obtener resultados positivos se encuentra el suministro de nutrientes a la planta los cuales se presentan en fórmulas de fertilizantes que pueden catalogarse como orgánicos e inorgánicos, tradicionalmente al momento del ahoyado se realiza una mezcla de una fuente orgánica con la tierra suelta (gallinaza, estiércol vacuno, compost, entre otros) garantizando así una reactivación de la micro biota del suelo, lo que mejora también la absorción de nutrientes y características físicas de este, por consiguiente y de acuerdo con el plan de fertilización y fases de desarrollo del cultivo se continua con la aplicación de fertilizantes minerales, los cuales serán distribuidos en el plato de la planta en forma de media luna en terrenos con pendiente o en forma circular si se trata de terrenos planos, respecto al momento de la aplicación es de

considerar que esta no debe realizarse durante periodos de lluvias fuertes y de igual manera aplicarse con el suelo húmedo disminuyendo así las pérdidas por lixiviación y volatilización, por consiguiente, la fertilización del cultivo se realiza principalmente de manera directa al suelo, lo que conlleva a que por fenómenos como los anteriormente mencionados una gran cantidad de los nutrientes no puedan ser aprovechados por las plantas terminando como elementos contaminantes de los suelos y fuentes de agua, lo que conlleva a que sea necesario implementar e idear diferentes métodos de aplicación de fertilizantes que sean eficaces y eficientes tanto para la planta como para el medio ambiente

La fertilización radicular o al suelo es el método implementado en gran porcentaje de los cultivos agrícolas, ya que presenta diferentes ventajas, así, al ser aplicado en el suelo el fertilizante puede ser alcanzado por las raíces y ser aprovechado por la planta durante un periodo de tiempo prolongado, considerando suelos sueltos y de buen drenaje, sin embargo teniendo en cuenta las pérdidas por lixiviación y volatilización es necesario recurrir a métodos alternos o complementarios a la fertilización granulada edáfica que son más eficientes para la toma de nutrientes, más oportunos de aplicar en momentos críticos de alta demanda e incrementan el rendimiento; entre ellos están la fertilización foliar, el fertirriego o métodos alternativos como la inserción directa de fertilizantes en los haces vasculares del tallo e la planta. (Silva et al., 2022)

El Fertirriego o fertirrigación es una técnica que consiste en aplicar los abonos disueltos en el agua de riego del cultivo, este sistema permite que el agua pueda transportar los nutrientes hasta donde se encuentran las raíces de la planta, optimizando así, el uso del agua, los nutrientes, la energía de la planta y la reducción por contaminación de los fertilizantes inorgánicos

La fertilización foliar, es la aplicación de productos en las hojas de las plantas, un método complementario a la fertilización del suelo que al ser aplicado directamente sobre las hojas puede ser absorbido y aprovechado por la planta de manera inmediata, esta práctica es usada también para el control de enfermedades foliares como la Sigatoka (*M. fijiensis*), a pesar de ser un método útil y eficaz si es mal empleado puede conllevar efectos adversos generados al medio ambiente, ya que los residuos de fertilizantes y plaguicidas terminan por contaminar y deteriorar las fuentes hídricas.

La Inyección o inserción de fertilizantes o correctivos directamente al tallo de la planta, es una práctica moderna que apuesta a la aplicación dirigida directamente a la savia de la planta, es decir que al ser aplicada sobre el pseudotallo este absorbe la solución y es directamente transportado por el xilema para ser aprovechado por la planta, de esta manera tanto la nutrición balanceada como el control de plagas y enfermedades puede ser abordado desde un enfoque diferente y eficaz.

En musáceas al igual que en otros cultivos se ha desarrollado un método alternativo de fertilización denominado inyección basado en la aplicación de nutrientes o bioestimulantes de forma directa al xilema de la planta en donde serán movilizados a zonas de mayor demanda, en la savia del xilema se movilizan azúcares, agua y nutrientes en forma libre o en compuestos que son transportados a diferentes órganos de la planta donde desempeñan una función biológica específica, la movilidad de nutrientes y moléculas vía xilemática, hace posible que sean suministrados mediante este método alternativo de fertilización, Silva et al. (2022), otros autores como Jahanshah et al. (2016) en su estudio de inyección de fertilizante con hierro en palmeras datileras concluyeron que la inyección en el tronco es un método más eficiente para la fertilización con hierro, lo que aumenta de forma significativa los sólidos solubles totales, el porcentaje de cuajado, el peso del fruto, el peso de la pulpa, el tamaño del fruto y azúcares totales. (Silva et al., 2022)

Rivas (2006) describe entre las desventajas de la inyección sistemática, las heridas ocasionadas en esta, ya que en cada una de las aplicaciones se genera una nueva herida en la planta lo que promueve el crecimiento de patógenos conllevando a la degradación celular del tejido posterior muerte de la planta, otra limitante de la que habla es la incapacidad de alcanzar una distribución uniforme a través de los tejidos funcionales del árbol y la fitotoxicidad de la solución, lo que conlleva a problemas de la planta como amarilla miento de las hojas, lesiones y necrosis de la corteza y disfunciones del follaje, de igual manera todo esto está relacionado con la especie, vigor, edad de la planta, las condiciones y características climáticas del sitio.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la efectividad de la fertilización completa, aplicada directamente al pseudotallo de las plantas de plátano, desde la etapa temprana de su desarrollo, como una estrategia de nutrición de las plantas, y de reducción de los efectos negativos al medio ambiente.

Objetivos Específicos

Determinar el sitio de aplicación del fertilizante al pseudotallo, más apropiado para el cultivo de plátano que permita obtener su máximo potencial agronómico.

Evaluar la eficacia agronómica de la nutrición completa aplicada directamente al pseudotallo, como alternativa para la nutrición del cultivo de plátano desde un desarrollo temprano

Marco Conceptual y Teórico

Origen, Taxonomía y Clasificación del Plátano

El plátano tiene su origen en las regiones tropicales húmedas de Asia, de acuerdo con Bolaños et al., (2020) la planta es originaria del sudeste asiático, incluyendo India, Tailandia y Australia, es una planta tipo herbácea, perenne, perteneciente a la familia de las Musáceas, compuesta por un cormo o tallo subterráneo del cual se originan las raíces, las yemas laterales de la cual se origina la descendencia o hijuelos y las vainas o pecíolos los cuales forman el pseudotallo dentro del cual crecen los ejes florales o inflorescencias

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Escitaminales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Especie: *paradisiaca* L.

Morfología del Cultivo de Plátano

El plátano es una planta herbácea gigante, conformada por el sistema radicular, cormo o rizoma, pseudotallo, yemas, hojas e inflorescencias o racimo.

Sistema Radicular: el sistema radical está conformado por raíces superficiales ubicadas entre los 30 a 40 cm del suelo, siendo más abundantes en los primeros 15 a 20 cm, sus raíces son de color blanco cuando emergen y posteriormente toman un color amarillento y una textura dura con diámetros de entre 5 a 8 mm y longitudes que pueden alcanzar los 2,5 a 3 m

en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad, considerando que la distribución está relacionada con la textura y estructura del suelo. (Mozombite, 2019)

Tallo, Cormo o Rizoma: la planta de plátano se desarrolla en base al cormo, un rizoma subterráneo formado por entrenudos y yemas axilares de las cuales se desarrollan los colinos, a partir del ápice de crecimiento protegido por las brácteas se desarrollan las hojas y en la madurez de la planta la inflorescencia que da origen del racimo (Mozombite, 2019)

Pseudotallo: llamado también tronco, penca o falso tallo, está conformado por las vainas o calcetas de las hojas, las cuales se superponen unas sobre otras dando origen al tallo, a través de este se da el sostén del racimo y se transporta agua y nutrientes. (Aranzazu et al., 1999).

Sistema Foliar: las hojas se encuentran distribuidas en espiral, su desarrollo se da en intervalos de tiempo, de acuerdo con la variedad y el clima en donde se encuentre establecido el cultivo, variando entre 6 días en zonas cálidas y 12 días en zonas de mayor altitud, las hojas son grandes conformadas por el limbo, el peciolo, la nervadura central y la vaina o calceta, en total una planta de plátano puede desarrollar entre 36 a 40 hojas. (Aranzazu et al., 1999).

Inflorescencia o Racimo: el racimo se desarrolla al interior del cormo, a partir del ápice de crecimiento, está compuesto por un tallo floral que sostiene la bellota, en donde se encuentran las flores femeninas envueltas en las hojas modificadas de la bellota, a partir de cada una de estas flores se obtiene un dedo, el conjunto de flores masculinas se encuentran en la parte terminal del racimo, el tiempo de desarrollo del racimo a partir de la emergencia de la bellota es de entre tres y cinco meses (Aranzazu et al., 1999)

Condiciones Agroecológicas del Cultivo

Temperatura: Las zonas ideales para el cultivo presentan temperaturas de 18°C a 38°C siendo estos rangos aptos para el desarrollo del cultivo, con una temperatura óptima 26°C, de

esta manera las temperaturas mínimas medias inferiores a 15°C, ocasionan el lento crecimiento vegetativo y reproductivo además de maduración des uniforme, así como temperaturas más bajas conllevan al daño por frío en hojas y reducción de la actividad metabólica, igualmente las altas temperaturas superiores a 40°C ocasionan un cierre estomático que conlleva a la reducción fotosintética y menor producción de carbohidratos conllevando a problemas en el desarrollo de las plantas (Bedoya et al., 2017).

Aun así en Colombia de acuerdo con Bolaños et al. (2020) el plátano se siembra entre los 14 y los 35 °C de temperatura manteniendo su actividad metabólica por debajo de los 16 °C, considerando que a causa de estas bajas temperaturas se genera una baja tasa de desarrollo, manteniendo la calidad y el tamaño del fruto, aunque se presenta la maduración precoz de los frutos, y muerte prematura de las hojas

Altitud: entre mayor es la altura de la zona de cultivo mayor será el retraso en el crecimiento y desarrollo de la planta, aun así, variedades como el clon Hartón se adapta a regiones por debajo de 1000 msnm, el “Dominico” entre los 800 a 1500 msnm y “Dominico-Hartón” de 1500 a 2000 msnm, oscilando un ciclo productivo de 14 a 16 meses (Bedoya et al., 2017)

Precipitación: de acuerdo con la morfología e hidratación de sus tejidos, para la planta de plátano es indispensable suficiente cantidad de agua disponible en el suelo para su crecimiento y desarrollo normal, por lo requiere de precipitaciones de 1500 mm anuales bien distribuidas durante el año (Barrera et al., 2011)

Radiación Solar: la actividad fotosintética aumenta cuando la luminosidad está entre 2.000 y 10.000 lux (Bedoya et al., 2017)

Viento: una de las afectaciones más visibles en el cultivo son los daños por viento, ya que los vientos ocasionan el rasgado de las láminas foliares, a pesar de que no representa un

mayor daño para el desarrollo de la planta, por otro lado se pueden tener casos de afectaciones mayores como la pérdida de plantas por doblamiento o des enraizamiento total de la planta, dados en casos de vientos de gran intensidad (mayores de 50 km h-1), por lo que entre las actividades del cultivo se encuentran el amarre de las plantas evitando así el volcamiento de estas (Bedoya et al., 2017)

Suelos: según Barrera et al. (2011) el cultivo de Plátano no prospera en suelos húmedos y demasiado arcillosos, ya que es propenso a afectaciones por la humedad excesiva, requiere de suelos de textura media, franco arenoso y franco–arcillo–arenoso, ya que los suelos francos presentan la textura más equilibrada para la agricultura tanto por la capacidad de retención y drenaje de agua, aireación y difusión de gases, el plátano requiere de suelos sueltos bien aireados y con estructura granular, donde las raíces penetren y alcancen un buen desarrollo; por su parte Bolaños et al. (2020) presenta suelos aptos con pendientes de 0 y 1 %; pH de 4,5 a 8 (6,5 óptimo); y textura media entre franco arenosa y franco arcillo limosa, de buen drenaje y ricos en MO.

Variedades: Entre las variedades de plátano comerciales más cultivadas en Colombia se tienen el Hartón, Dominicó y Dominicó Hartón, aunque se tiene otras variedades como Morado, Cachaco, Popocho, Pelipita Pompo o comino, entre otros, que generalmente son cultivados para consumo doméstico

Dominicó Hartón: la variedad Dominicó Hartón está bien adaptada a la zona cafetera, produciendo racimos de 7 manos y 50 dedos de tamaño mediano, con pesos entre los 9 a 28 kilogramos, teniendo un promedio de 16 kg/racimo. (Aranzazu et al., 2005)

Fases del Cultivo

Fase Vegetativa: periodo que abarca desde el establecimiento del cultivo hasta el inicio de la diferenciación floral, abarcando alrededor de cuatro a cinco meses en climas cálidos o de seis a siete meses en zonas templadas y frías

Fase Reproductiva: iniciando con la diferenciación floral y emergencia de la bellota o floración, continúa la formación del racimo, el cual dura alrededor de cuatro a cinco meses, es fundamental

Fase Productiva: comprende desde la emergencia de la bellota hasta la cosecha del racimo, con un periodo de 3 a 4,5 meses

(Barrera et al., 2011)

Propagación

La propagación de las musáceas se da principalmente por la multiplicación vegetativa, a partir de los colinos o cormos producidos por una planta madre, de los cuales se pone en práctica diferentes métodos de cultivo de la semilla, tales como la multiplicación in vitro, rebrote inducido de yemas o semilla convencional esta última recolectada en campo de una planta madre seleccionada por calidad y sanidad

Establecimiento del Cultivo

Preparación del Terreno: inicia con la adecuación del terreno, consiste en rozar los rastrojos o pastos de la zona, picándolo y dejándolo en el suelo como cobertura manteniendo la labranza mínima, de igual manera se debe realizar un plateo amplio en la zona donde se plantará el colino, en zonas planas o ligeramente onduladas es necesaria la preparación de drenajes y manejo del agua.

Sistema de Siembra: el sistema de siembra está relacionado con el terreno, así en terrenos planos no se encuentran limitaciones para el arreglo espacial, por el contrario en

terrenos con pendientes, es necesario hacer trazo de terreno, en triangulo o tres bolillos siguiendo las curvas nivel y cuidando de incluir especies en las franjas para el manejo y la conservación del suelo tales como pastos (*Pennisetum purpureum*) o limoncillo (*Cymbopogon citratus*), eficaces para el manejo de la erosión y desprendimientos

Densidad de Siembra: según Aranzazu et al. (1999) la distancia entre surcos varía entre 2 a 4 metros, con 1,5 a 2 metros entre plantas, sembrando un colino por sitio, se tiene también distancias tales:

$$2.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 2.666 \text{ plantas/h}$$

$$2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 2.500 \text{ plantas/h}$$

$$2.5 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 2.000 \text{ plantas/h}$$

$$3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 1.666 \text{ plantas/h}$$

$$3.5 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 1.430 \text{ plantas/h}$$

$$4.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 1.250 \text{ plantas/h}$$

Selección y Preparación de la Semilla: la semilla de plátano debe de provenir de plantaciones con condiciones de sanidad y bien manejadas, el peso del colino debe estar entre uno o dos kilogramos, los cuales deben ser preparados antes de la siembra efectuando una adecuación de la misma, consiste en recortar las raíces y realizar una desinfección de la misma en sustancias repelentes como la Creolina (5%) o el Clorpirifos (Lorsban), evitando así problemas de plagas y enfermedades, de igual manera se debe realizar la selección por tamaño de los cormos o colinos a plantar, manteniendo así una uniformidad de crecimiento en campo.

Siembra: al momento de la siembra debe considerarse la labor del ahoyado, considerando medidas como 30x30x30 centímetros en suelos sueltos, por el contrario, en suelos con texturas pesadas y endurecidos es necesario realizar ahoyados más amplios y profundos garantizado así el desarrollo radical de la planta, de igual manera al momento de la siembra se debe incorporar materia orgánica (1 a 2 g) proporcionado buena calidad de suelo y buen desarrollo de la planta

Manejo del Cultivo

Manejo de Arvenses

El periodo crítico que tienen el plátano en la competencia con las malezas se encierra entre los primeros siete meses de desarrollo, considerando que de la planta necesita de los recursos tanto de abonos como de luz y calor para su desarrollo y que la floración no se vea afectada en tiempo y calidad, es por esto por lo que el manejo de las malezas debe de considerarse desde el momento de la siembra, lo que permitirá la eficiencia de la fertilización.

El programa de manejo de arvenses debe de considerar el tipo de malezas presentes en el cultivo y la edad de este para determinar que método de control serán los más eficientes, tales como control mecánico (guadaña), control manual (machete y plateo a mano) control biocultural (cultivos asociados) o control químico usados idealmente de manera selectiva.

De esta manera es recomendable priorizar la zona del plato de la planta pues es allí donde obtendrá el mayor porcentaje de nutrientes, esta zona debe ser desyerbada manualmente evitando así el daño a las raíces superficiales, de igual manera el control de malezas debe de ser permanente durante todo el ciclo de la planta, ya sea mediante machete, guadaña o medios químicos, es importante considerar también la conservación del suelo mediante métodos alternativos como los cultivos de cobertura y sombríos transitorios.

Labores Culturales

Descoline o Deshije: esta práctica consiste en retirar selectivamente los colinos o brotes que no son considerados para la continuidad del sitio, ya sea por ubicación vigor o densidad poblacional, esta labor es fundamental para mantener la productividad y vida útil de la plantación

Desguasque: esta práctica consiste en eliminar las guascas secas que cubren el pseudotallo, eliminándolas desde la base evitando realizar heridas a la planta, esta labor se realiza en periodos semestrales.

Deshoje y Despunte: esta práctica consiste en eliminar las hojas que ya han cumplido su ciclo productivo y se han secado, así como las hojas que han tenido daños externos por vientos y daños mecánicos, ocasionando su doblamiento, por otra parte el despunte consiste en eliminar las partes de las hojas que han sido afectadas por enfermedades.

Destronque y Repique: esta práctica conste en eliminar totalmente el pseudotallo de la planta cosechada, de manera que no afecte negativamente en los colinos en desarrollo, continuó a esto es necesario realizar el repique de este de manera que se acelera su descomposición y se reducen los riesgos de problemas sanitarios

Desbellote y Desmane: esta práctica consiste en eliminar la parte terminal del racimo, es decir cortar la bellota a la formación de las primeras manos, de igual manera el desmane consiste en eliminar la última o dos últimas manos del racimo, ambas prácticas con el objetivo de incrementar el peso de los demás frutos.

Encintado: esta labor consiste en marcar de manera semanal o quincenal las plantas belloteadas con cintas de colores, los cuales indicaran la época de cosecha del racimo

Embolse: el embolsado del plátano consiste en colocar una bolsa perforada al racimo generalmente tratada con insecticida, de manera que se reducen los daños por insectos y se aumenta su calidad

Apuntalamiento: esta labor es primordial en el cultivo, encaminada a evitar las pérdidas por caídas a causa de vientos fuertes o volcamientos, estos últimos causados por daños en el sistema radical, mal anclaje, elevado peso del racimo u otro, esta práctica consiste en apuntalar la planta ya sea con un tutor de madera (bambú, caña brava) o amarrarlas con cuerdas.

Desinfección de la Herramienta: es importante después de realizar actividades de mantenimiento en el cultivo realizar la desinfección de las herramientas evitando así la diseminación de enfermedades como el Moko (*Ralstonia solanacearum*) o la Bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*), de esta manera es necesario realizar la limpieza de las mismas al pasar de una planta a otra mediante el uso de sustancias como la creolina o el hipoclorito de sodio.

Fertilización

El proceso de fertilización debe llevarse a cabo preferiblemente posterior a un análisis de suelo, pues de esta forma se puede establecer de manera efectiva y eficaz un programa de fertilización, de acuerdo con Jaramillo et al. (2019) Las épocas de fertilización en el cultivo de plátano consta de varias etapas, constituidas desde antes de la siembra, de esta manera en base a un anterior análisis de suelo se deben de realizar los correctivos de ser necesarios, al momento de la siembra aplicar de uno a dos kilogramos de materia orgánica, considerando su procedencia y adecuada descomposición, a los dos meses posteriores a la siembra se inicia el programa de fertilización anual aplicando el 25% de la dosis total anual, para esta etapa las plantas ya han formado hojas y raíces, de los cinco a seis meses posteriores a la siembra donde la planta inicia su etapa de diferenciación floral se aporta el 50% de la dosis total anual,

diez meses posteriores a la siembra donde la proximidad a la floración es mayor, se refuerza la fertilización con el 25% de la dosis total anual

La fertilización en el cultivo de plátano puede llevarse ya sea bajo conceptos de la fertilización orgánica, fertilización química o ambas, aunque la fertilización química es predominante en plantaciones comerciales, la inclusión de fuentes orgánicas y microorganismos ha aumentado en las últimas décadas, de esta manera de acuerdo con Bolaños et al. (2020) la fertilización integrada del cultivo de plátano y el manejo del suelo conllevan a ajustes en los planes de fertilización, frecuencias de aplicación en base a los planes elaborados y combinación de fuentes químicas, orgánicas y bio fertilizantes

Referente a la fertilización adecuada del cultivo de plátano, AGROSAVIA, ha conducido varios estudios, en diferentes suelos, encontrando que existe una buena respuesta a la aplicación de nitrógeno, potasio y azufre. Sin embargo, la respuesta no es la misma en todos los suelos, lo que indica que depende del contenido inicial de nutrientes en el suelo, y de las pérdidas a causa de la lixiviación y por volatilización; por lo tanto, para que su formulación sea eficiente y económica, la recomendación se debe basar en el análisis de suelos y en la correcta interpretación por expertos en el tema.

La incidencia de los macro y micronutrientes en el cultivo de plátano:

Nitrógeno (N): como uno de los macronutrientes es esencial para cada una de las actividades metabólicas de la planta, interviniendo en la formación de aminoácidos que son esenciales para la síntesis de proteínas, en el cultivo de plátano, aumenta la altura de la planta, la circunferencia del pseudotallo, el peso de las hojas y racimo, el número de dedos y el peso individual del dedo, su aplicación en exceso puede conducir a retardar la floración y fructificación, su deficiencia se manifiesta por la clorosis en las hojas viejas lo que ocasiona el retraso del crecimiento y desarrollo de la planta. (Aranzazu et al., 2005)

Fosforo (P): es esencial para los procesos fotosintéticos, respiración y demás procesos metabólicos, estimula el desarrollo las raíces, la floración, fructificación y la maduración de los frutos y su calidad, además aumenta la resistencia fisiológica de los frutos a la presencia de hongos en postcosecha. Bedoya et al., (2017) generalmente su deficiencia se manifiesta con la necrosis de los bordes de las hojas viejas. (Aranzazu et al., 2005)

Potasio (K): este elemento es de importancia en el metabolismo de los carbohidratos y proteínas, el control de la transpiración y el contenido de agua en la planta, contribuye a la formación de tallos fuertes y vigorosos, es fundamental para el transporte y acumulación de azúcares, almidones y en el llenado de los frutos, Aranzazu et al. (2005) al igual que el fosforo favorece la calidad de la fruta en pos-cosecha, alargando su vida útil, le confiere a la planta resistencia a plagas y enfermedades, de igual manera le permite a la planta una tolerancia a sequías se relaciona con el tamaño de las hojas, frutos, el racimo y su número de manos y frutos. Bedoya et al., (2017), su deficiencia se manifiesta con clorosis en el ápice de las hojas más viejas, enrollándose hacia adentro y posteriormente muriendo, de igual manera se retrasa el crecimiento, la formación de racimos y propicia el debilitamiento del pseudotallo. (Aranzazu et al., 2005)

Calcio (Ca): este elemento tiene influencia sobre el pH de la célula y sobre la estabilidad estructural y permeabilidad de la membrana celular. Bedoya et al. (2017) presenta mayor incidencia sobre el desarrollo de la raíz, tallo, colinos y hojas, así como en la estabilidad estructural de los frutos durante su desarrollo y su calidad pos-cosecha. Bolaños et al. (2020) la deficiencia este elemento se evidencia en hojas jóvenes cuando las nervaduras secundaria se muestran gruesas y amarillas, formando también parches cloróticos y transparentes, en los colinos se presenta con el atrofio y muerte de los mismos. (Aranzazu et al., 2005)

Magnesio (Mg): es un elemento fundamental para la estructura de la clorofila, permite la formación de proteínas e interviene en la calidad pre y poscosecha de los frutos Bolaños et al., (2020), su deficiencia se presenta con clorosis en las hojas viejas junto a puntos oscuros y necrosantes.

Azufre (S): este elemento es participe de la estructura de las proteínas como integrante de los aminoácidos, y está ligado también con las vitaminas sulfuradas como la biotina, la tiamina y la coenzima A, la deficiencia de azufre se hace visible en las hojas jóvenes tomando un color blanco amarillento, parches necróticos en los márgenes de las hojas y engrosamiento de las venas. (Barrera et al., 2011)

Zinc (Zn): El Zn interviene en la síntesis de auxinas como activador enzimático y desempeñando un papel en la síntesis de proteínas, la deficiencia de este elemento se observa en plantas jóvenes con rayas cloróticas en las venas de las hojas nuevas, provocan retraso en el crecimiento y desarrollo de la planta, provoca la formación de racimos pequeños y deformados. (Barrera et al., 2011)

Boro (B): está relacionado con la movilidad y la absorción de potasio, el transporte de azúcares y el metabolismo de carbohidratos; así como en la utilización del Calcio en la planta. Bolaños et. al (2020), las deficiencias de Boro se caracterizan por la presencia de bandas cloróticas en la vena central de las hojas nuevas generalizándose en toda la hoja, malformaciones, desarrollo incompleto de la lámina o ausencia total de ésta, en deficiencia extrema la planta puede morir al no existir hojas nuevas además puede afectar la calidad del racimo. (Barrera et al., 2011)

Hierro (Fe): es absorbido por la planta en la fase vegetativa, disminuyendo su proporción en la floración, debido a la redistribución, pasando del pseudotallo y hojas a la producción de fruto. (Bedoya et al., 2017), Influyendo sobre el crecimiento longitudinal de

pecíolos, aumenta el tamaño del racimo, favorece el crecimiento de los hijos y aumenta la capacidad de producir flores

Manganeso (Mn): elemento esencial para los procesos de respiración y el metabolismo del Nitrógeno como activador de enzimas e importante para síntesis de clorofila, su deficiencia se evidencia en las hojas jóvenes con clorosis entre las venas avanzando con manchas necróticas en el haz de la hoja, afectando el follaje y por tanto los productos de la fotosíntesis viendo reflejado en el desarrollo de la fruta. (Barrera et al., 2011)

Cobre (Cu): elemento integrante de algunas enzimas necesario para el desarrollo de la fotosíntesis, la deficiencia en la planta se presenta como clorosis generalizada, y deformidad en las hojas como curvaturas de la vena central. (Barrera et al., 2011)

Molibdeno (Mo): nutriente necesario para la formación de la enzima nitrato reductasa que se encarga de reducir el nitrato a amonio dentro de la planta, interviene en el metabolismo del Fosforo. (Barrera et al., 2011)

Cloro (Cl): el Cl interviene en la fotosíntesis, importante para el desarrollo de las raíces y la división celular en las hojas. (Barrera et al., 2011)

Fertilización y Aplicación de Productos Químicos Directamente al Pseudotallo de Plátano y Banano.

Se han realizado varios estudios de aplicación de productos químicos directamente al pseudotallo de la planta de plátano y banano, tal es el caso de la aplicación del fungicida Impact® directamente en la axila de la tercera hoja; para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) CHEMINOVA (2014), esta misma técnica se ha empleado también para la aplicación de productos a base de fosfitos, con el fin de suplementar deficiencias de

nutricionales y fortalecer el sistema de defensa de la planta contra plagas y enfermedades (Microfertisa, 2012)

Otros trabajos se han enfocado en la aplicación del fertilizante en el pseudotallo de la planta madre después de la cosecha de esta, evaluando así el comportamiento en el crecimiento del hijo retorno en banano, Quevedo et al., (2019) y Galvis et al. (2013). Entre las muchas alternativas para corregir los problemas nutricionales del cultivo, ha sido la fertilización foliar, la cual siempre se ha utilizado como un complemento a la fertilización del suelo, trabajos realizados en base a la fertilización foliar han demostrado su respuesta positiva, sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso han sido muy variables, lo que sugiere que sigue siendo un complemento a la fertilización del suelo. (Trinidad Santos y Aguilar Manjarrez, 1999).

La fertilización foliar también ha sido utilizada para entregar nutrientes minerales a las plantas, lo que ha demostrado una respuesta positiva en la disminución de enfermedades foliares, como es el caso de la aplicación de fertilizantes ricos en calcio, cobre, silicio y fósforo para controlar la enfermedad de la Sigatoka (*M. fijiensis*) Villalta y Guzmán, 2007; Martínez y Guzmán (2009). Pese a las beneficios de la fertilización foliar, son muchos los efectos adversos generados al medio ambiente, por su mal empleo, en las que estos fertilizantes y plaguicidas terminan por contaminar y deteriorar las fuentes hídricas, es por esto que se hace necesario incorporar un plan de fertilización del cultivo, que incluya nuevas tecnologías de aplicación, que permitan mayores eficiencias en el uso del fertilizante y que considere la protección del suelo y del medio ambiente, mejorando la competitividad del cultivo.

La fertilización foliar, y métodos alternos como la inyección de fertilizantes directamente al pseudotallo de la planta son técnicas que cada día es común ver introducidas en programas de fertilización de los cultivos, ya que la inyección de soluciones nutritivas hace un menor uso de insumos posibilitando un suministro directo de nutrientes y evita las pérdidas por factores

climáticos o edáficos como la lixiviación por lluvia. Silva et al. (2022), trabajos realizados bajo esta técnica han mostrado resultados positivos, de esta manera Quevedo et al. (2019) mediante la aplicación de fertilizantes y microorganismos al pseudotallo en banano posterior a la cosecha de la planta madre, obtuvieron una mayor velocidad de crecimiento en el retorno, permitiendo obtener un mayor volumen de producción por unidad de producción en función del tiempo, con un área foliar aceptable y excelente calidad exportable

Se tienen otras investigaciones que se han llevado a cabo para determinar la eficiencia de la inserción de fertilizantes o correctivos directamente al pseudotallo de la planta de plátano, tal es el caso de estudios como el de Esparza et al. (2005) en donde se "Evalúa la colocación del fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Hartón (Musa AAB) ".

En este estudio se tuvieron en cuenta dos métodos de fertilización, el primero la colocación del fertilizante utilizando el pseudotallo de la planta madre cosechada en comparación con la colocación de fertilizante en el suelo, obteniendo buenos resultados siendo que la forma de colocación del fertilizante con los mejores resultados promedios para todas las variables medidas (variables de crecimiento, producción, e Índice Económico Relativo (IER)), se obtuvieron en los tratamientos con a 0,75 m y a 1,00 m de altura en la inserción del fertilizante en el pseudotallo de la planta madre una vez cosechada, comparándolos con la aplicación del fertilizante directamente al suelo frente al hijo de sucesión y con la fertilización típica de la unidad de producción, de igual manera evidenciaron la importante función que desempeñan el N y el K+ para el buen desarrollo de la planta a todo lo largo de su ciclo de vida. (Esparza et al., 2005)

Se han encontrado beneficios respecto a la colocación de fertilizantes al pseudotallo de la planta madre cosechada, ya que la comunicación entre el cormo de esta y los hijos en

sucesión se mantiene por cierto tiempo, se evidenció la importancia del N y el K+ para el buen desarrollo de la planta durante su ciclo de vida, así mismo es un método efectivo para el control de plagas pues con la aplicación de insecticida-nematicida en el clon "Giant Cavendish", lograron reducir las pérdidas por volcamiento a causa de nematodos de 12% a un 3%, de igual manera se redujo la población de picudo negro, (*Cosmopolites sordidus*) Esparza et al. (2005).

Otros autores como Tacuri (2020) investigaron también sobre los benéficos que presenta la inyección de fertilizante directamente al pseudotallo de la planta de este género, así por medio del estudio "Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio" con el objetivo de impulsar el crecimiento del hijo de sucesión con la aplicación de distintas fuentes de potasio aplicado al pseudotallo de la planta madre, llegando a la misma conclusión de Esparza et al. (2005) afirmando que es "factible la implementación de este método de fertilización aplicada al pseudotallo de la planta recién cosechados, ya que la planta madre continúa nutriendo al retorno posterior a la cosecha y mediante la maceración del pseudotallo cosechado, que junto con el tratamiento, proporcionan un excelente aporte nutricional al hijo de sucesión, provocando un mejor desarrollo en altura y vigor en el retorno, además de obtener racimos de alta calidad agronómica" (Tacuri, 2020)

Diferente a los estudios mencionados y bastante similares al problema de estudio Miranda (2021) incluye la fertilización inyectada en plantas de banano en diferentes estados fenológicos, continuando con esta línea de investigación Miranda (2021) en su estudio Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) en diferentes estados fenológicos, obtuvo también buenos resultados con fertilizantes nitrogenado en inyección al pseudotallo con respecto a las tasas de emisión foliar, peso del racimo y sucesión del hijo retorno.

Metodología

Localización

La investigación se realizó en el lote experimental del Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología CIAB de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en su sede del municipio de Dosquebradas, Risaralda, localizado a 4°50'19" Latitud Norte y 75°40'13" Longitud Oeste, y a una altitud de 1450 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 18°C y precipitaciones de 2930 mm anuales.

Material Vegetal

Para el trabajo de investigación se tomaron plántulas de la variedad Dominico-Hartón, con alturas aproximadas de 10 a 30 centímetros, y entre 4 a 6 hojas formadas

Equipos y Herramientas

Machete, palas, palin, recipientes plásticos (canecas 25 L), escalera

Cascarilla de arroz, fertilizantes químicos solubles

Equipo de aplicación: Jeringa dosificadora en centímetros,

Aguja de doble salida y punta redondeada y Aguja hipodérmica

Estacas, cinta métrica, cinta plástica, báscula, gramera, libreta de apuntes, marcador

Programa estadístico

Tratamientos Evaluados

T0. (TS) Fertilizante granular aplicado al suelo

T1. (RS) Fertilizante disuelto en agua aplicado en el riego o Fertigación a plantas sembradas en suelo

T2. (SI) Fertilizante en solución aplicado al pseudotallo, en plantas sembradas en sustrato inerte

T3. (AI) Fertilizante soluble aplicado en la axila de la tercera hoja de planta, sembrada en sustrato inerte

T4. (SS) Fertilizante soluble aplicado al pseudotallo de planta sembradas en el suelo

T5. (AS) Fertilizante soluble aplicado en la axila de tercera hoja, de plantas sembrada en suelo

Productos Aplicados

En la tabla 1 se relacionan los fertilizantes y sus formulaciones utilizados en cada uno de los tratamientos de la investigación.

Tabla 1

Tratamientos y fertilizantes químicos aplicados

Tratamiento	Contenido de los tratamientos
T0 = Fertilización edáfica quincenal	Fertilizante comercial Abotek®
T1 = Fertigación semanal sembrado en suelo	Fertilizante soluble completo
T2 = Aplicación quincenal al pseudotallo sembradas en sustrato inerte	Solución nutritiva Tabla 2
T3 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja sembradas en sustrato inerte	Solución nutritiva Tabla 2
T4 = Aplicación quincenal al pseudotallo plantas sembradas en el suelo	Solución nutritiva Tabla 2

Tratamiento	Contenido de los tratamientos
T5 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja plantas sembradas en el suelo	Solución nutritiva Tabla 2

Nota. Tratamientos y tipo de fertilizante aplicado por tratamiento. En la tabla 1 se relacionan los fertilizantes y sus formulaciones utilizados en cada uno de los tratamientos de la investigación.

Solución Nutritiva

Tabla 2

Solución nutritiva aplicada en los tratamientos de inyección al pseudotallo y tratamientos de aplicación en la axila de la tercera hoja

Elemento	Solución (2 L de agua)
Cloruro de potasio soluble (KCL)	225 g
Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄	120 g
Sulfato potásico (K ₂ SO ₄)	20 g
Cloruro de calcio (CaCl ₂)	10 g
Sulfato de magnesio (MgSO ₄)	20 g
Sulfato de zinc (ZnSO ₄)	30g
Bórax	3 g
Edta-ácido etilendiaminotetraacético (C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈)	10 g

Nota. En la Tabla 2 se presenta la formulación y dosificación del fertilizante aplicado directamente al pseudotallo de las plantas de plátano, calculado según requerimientos nutricionales del cultivo del plátano

En la Tabla 3 se presenta las dosis de aplicación de la solución nutritiva según el cambio fisiológico de la planta

Tabla 3

Dosificación de los nutrientes

Tratamiento	Época aplicación en meses	Dosificación g/planta	Sitio de aplicación
T0	3-10	10	Plato de la planta
	11-13	35	Plato de la planta
	14-16	50	Plato de la planta
T1	1-16	5 g/1 L,50 cm/planta	Plato de la planta
T2	3-10	5 cm/planta	10 cm sobre el suelo
	11-13	2 cm/planta	5 cm sobre el cormo
	14-16	3 a 5 cm/planta	5 cm sobre el cormo
T3	10	5 cm/planta	Axila de la tercera hoja
	11-13	2 cm/planta	Axila de la tercera hoja
	14-16	3 a 10 cm/planta	Axila de la tercera hoja
T4	3-10	5 cm/planta	5 cm sobre el cormo
	11-13	2 cm/planta	5 cm sobre el cormo
	14-16	3 a 5 cm/planta	5 cm sobre el cormo

Tratamiento	Época aplicación en meses	Dosificación g/planta	Sitio de aplicación
T5	3-10	5 cm/planta	Axila de la tercera hoja
	11-13	2 cm/planta	Axila de la tercera hoja
	14-16	3 a 10 cm/planta	Axila de la tercera hoja

Nota. Dosificación de los nutrientes según tratamiento, forma y época de aplicación

Variables de Desarrollo del Cultivo

Caracteres morfo agronómicos evaluados

Altura: Se determinó desde la base del suelo hasta la inserción de la hoja más reciente en el pseudotallo.

Grosor del Pseudotallo: Se midió a los 4 cm del suelo hasta que la planta alcanzó en promedio los 50 cm, posteriormente se registró a los 50 cm de altura.

Número de Hojas Emitidas: Se cuenta durante el tiempo de evaluación el número total de hojas emitidas por la planta para cada tratamiento evaluado

Número de Hojas Funcionales: Se cuenta durante el tiempo de evaluación el número de hojas funcionales en la planta para cada tratamiento evaluado.

Área Foliar: Se mide la longitud y el ancho de la tercera hoja sentido ápice-base, estos datos se usaron para calcular el área foliar de acuerdo con la fórmula propuesta por Soto (2008) donde: Área foliar= $0.83 (l*b)$; l corresponde a longitud de la lámina y b es el ancho.

Variables Productivas evaluadas

Peso del racimo

Número de manos/racimo

Número total de dedos/racimo

Porcentaje frutos de primera

Porcentaje frutos de segunda

Peso segunda mano sentido ápice-base

Largo, grosor y peso del dedo central de la segunda mano sentido ápice-base

Diseño Experimental

Para el desarrollo del proyecto de investigación se establecieron dos bloques completamente al azar con 6 tratamientos experimentales y seis unidades de plantas por tratamiento para un total de 72 plantas en evaluación. Tabla 4.

Tabla 4

Diseño experimental de bloques completamente al azar

Bloque 1	Bloque 2
Tratamiento 2 = Aplicación quincenal al pseudotallo sembrados en sustrato inerte	Tratamiento 2 = Aplicación quincenal al pseudotallo sembrados en sustrato inerte
Tratamiento 1 = Fertigación semanal sembrados en suelo	Tratamiento 5 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja sembrado en el suelo
Tratamiento 3 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja sembrada en sustrato inerte	Tratamiento 3 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja sembrada en sustrato inerte

Bloque 1	Bloque 2
Tratamiento 5 = Aplicación quincenal en la axila de la tercera hoja sembrado en el suelo	Tratamiento 0 = Fertilización edáfica quincenal
Tratamiento 0 = Fertilización edáfica quincenal	Tratamiento 1 = Fertigación semanal sembrados en suelo
Tratamiento 4 = Aplicación quincenal al pseudotallo sembrado en el suelo	Tratamiento 4 = Aplicación quincenal al pseudotallo sembrado en el suelo

Nota. Distribución de los tratamientos en cada bloque completamente al azar

Análisis Estadístico

Los resultados se sometieron a análisis estadístico de varianza y pruebas de comparación ANOVA

Preparación del Terreno y Siembra

Para la siembra de las plántulas se inició con el desyerbe del lote y el trazo de los surcos, con distancias de 3x3 metros, ahoyado de 30*30*30 cm para la siembra en suelo y para la colocación de las canecas plásticas con el sustrato inerte (cascarilla de arroz) y la posterior siembra de los colinos dentro de las canecas

Aplicación de los Tratamientos de Fertilización

Se realizaron aplicaciones quincenales de la solución nutritiva a los tratamientos de fertilización al pseudotallo en un ángulo de 30° a 45°, igualmente de manera quincenal el tratamiento axilar y la fertilización edáfica, y semanalmente el tratamiento de fertigación, la dosis, y formulación se ajustaron cada quincena, con base a los requerimientos nutricionales de la planta, su desarrollo fenológico y el la respuesta de estas frente a los tratamientos. (Tabla 3)

Labores Culturales

Control de Arvenses: el manejo de malezas se realizó de manera manual y con machete cada 15 días manteniendo el plato de la planta limpio, para las calles se realizó en control con guadaña cada 3 meses

Deshoje: Durante la fase vegetativa se eliminaron las hojas no funcionales, posterior a lo largo del desarrollo se eliminaron las hojas afectadas por Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) mediante control mecánico con poda de hoja afectadas y despunte tanto de hojas levemente afectadas como el despunte de la tercera hoja a modo de medida para disminuir la dispersión de la enfermedad.

Descalcetamiento: se eliminaron las vainas secas evitando que sean hospederas de plagas

Resultados

Determinación del sitio de aplicación del fertilizante al pseudotallo, más apropiado para el cultivo de plátano que permita obtener su máximo potencial agronómico

Variables de Desarrollo del Cultivo

Los tratamientos con aplicación del fertilizante inyectado al pseudotallo desde edades tempranas de la planta (T2 y T4), así como la aplicación en la axila de la tercera hoja de las plantas sembradas en sustrato inerte (T3) afectaron el normal crecimiento de la plantas, al punto que estas no tuvieron un normal desarrollo fisiológico, y no alcanzaron la fase reproductiva. Ver Figura 1, en las que se puede apreciar la afectación de la aplicación de los fertilizantes directamente al pseudotallo y en las axilas de las plantas de plátano en su fase inicial de crecimiento.

Figura 1.

Daños ocasionados por la aplicación de fertilizante completo, directamente al pseudotallo o las axilas de las plantas de plátano en su fase inicial de crecimiento.



Nota. a) Deformación y quemazón del ápice de la hoja, en tratamiento de aplicación a la tercera axila de la hoja, planta sembrada en materia inerte; b) Quemazón en el ápice de hoja bandera

en el ápice de hoja; c) Pudrición de la hoja bandera en tratamiento de inyección; d) Pudrición y desviación del ápice de crecimiento en tratamientos de inyección

Los tratamientos de aplicación de los fertilizantes, directamente al suelo (T0 y T1), las plantas presentaron un crecimiento normal y alcanzaron la fase reproductiva.

La afectación de la aplicación de los fertilizantes completos, directamente al pseudotallo de las plantas, sobre el crecimiento de las plantas de plátano, impidió la aplicación de las pruebas paramétricas, planeadas para evaluar el efecto de los tratamientos, sobre las variables de evaluación según el diseño experimental del ensayo, por lo que fue necesario recurrir a un análisis no paramétrico con los tratamientos que alcanzaron toda la fase de desarrollo de la plantas con la totalidad de las variables de evaluación determinadas.

De acuerdo con los comportamientos descritos anteriormente se realizaron algunos cambios en la aplicación del fertilizante, así durante las primeras tres aplicaciones se utilizó una aguja de doble salida y punta redondeada, posterior a esas fechas se realiza cambio en la aguja, por una de venopunción de calibre 21 G y posterior calibre 16 a 18 G (mayor diámetro) pero a pesar de estas modificaciones en el equipo de aplicación, el daño ocasionado a la planta continuo presentándose.

En base a estos mismos problemas se evalúa también 2 zonas de inyección, la primera realizada durante las primeras 5 aplicaciones en la zona media entre el tallo y la primera hoja desarrollada de 10 a 15 cm de altura, se cambia a una zona más cercana al corno de 4 a 6 cm de altura del suelo, cambios que tampoco evidenciaron resultados significativos en los problemas causados a la planta.

El tratamiento de fertiriego T1, al igual que el tratamiento de fertilización granular al suelo T0, presentaron un buen desarrollo de la planta. Ver Figura 2

Figura 2.

Desarrollo de los tratamientos T0 y T1



Nota. Desarrollo de los tratamientos T1 y tratamiento T0

Las plantas presentaron una afectación leve por Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*), por lo que se realiza un control mecánico por medio de la poda de hoja afectadas y despunte tanto de hojas levemente afectadas como el despunte de la tercera hoja a modo de medida para disminuir la dispersión de la enfermedad. También se evidenciaron deficiencias nutricionales tanto de macro como micronutrientes, en especial de Boro y Zinc. Ver Figura 3 y Figura 4

Figura 3.

Afectaciones en el área foliar de las plantas en evaluación



Nota. a) Despunte de hojas afectadas por Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*); b) Planta con afectación por Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*); c) Deficiencia de Boro y Zinc en hojas jóvenes; d) Ápice de hoja bandera afectado por Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*)

Figura 4.

Estado de las plantas durante la última medición



Nota. a) B1.T1 planta en producción; b) B1. T0 planta en producción; c) B1. T2 planta de bajo porte afectada por el tratamiento; d) B1. T3 planta de bajo porte; e) B1. T4 planta de bajo porte afectada por tratamiento; f) B1. T5 planta desarrollada; g) B2. T0 plantas desarrolladas y en producción; h) B2.T1 plantas desarrolladas y en producción; i) B2. T2 planta de bajo porte afectada por tratamiento; j) B2. T3 planta de bajo porte; k) B2. T4 planta de bajo porte afectada por tratamiento; l) B2. T5 plantas desarrolladas y en producción

Evaluar la eficacia agronómica de la nutrición completa aplicada directamente al pseudotallo, como alternativa para la nutrición del cultivo de plátano desde un desarrollo temprano

Se realizó un análisis de varianza para todas las variables evaluadas de los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos, pese a que no todas las plantas dentro de los tratamientos, lograron alcanzar todo su ciclo fenológico. Se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, entre los bloques y tratamientos, con nivel de significancia (P value <0,05) con 95% de confianza. Pero por no cumplir los supuestos no es posible la utilización de estos resultados. Tabla 5

Tabla 5

Análisis de varianza de las variables morfoagronómicas

Fuente de Variación	GI	SC	CM	F value	Pr(>F)
Bloque	1	311566	311566	92.05	<2e-16 ***
Tratamiento	5	5505339	1101068	325.29	<2e-16 ***
Error	2080	7040502	3385		

Grados de sinificancia: ***0.001; GI = Grados de Libertad; SM = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio

Nota. Análisis de varianza de las variables morfoagronómicas de las plantas de plátano, sometidas a diferentes tipos de aplicación del fertilizante.

Altura de la Planta

Dado que el comportamiento de las plantas de plátano según la forma de aplicación del fertilizantes no corresponde a una distribución Normal, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk ($2.2e-16$), evidenciando que los datos del experimento no presentan un comportamiento de acuerdo con la distribución Normal y no presentan varianza constante, conforme resultados de la prueba de Levene ($2.2e-16$), por lo que para todas las variables evaluadas se realizaron prueba de Wilcoxon

Tabla 6

Prueba de Levene para la variable altura

Fuentes de Variación	GL	F value	Pr(>F)
Tratamientos	5	201.72	<2.2e-16 ***
Error	1858		

Nota. Prueba de Levene para homogeneidad de varianza, para la variable altura de la planta de plátano comparación con la forma de aplicación de fertilizantes.

Por no cumplir estos supuestos, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde es posible observar que hay diferencia significativa entre los tratamientos (p-value $2.2e-16 < 0,05$) y hay diferencia para los bloques (p-value = $5.892e-08 < 0,05$). En la prueba de comparaciones post-hoc de Wilcoxon para saber que grupos difieren, tenemos que las diferencias más significativas para el experimento se presentan para los tratamientos T1, T4, T5. Ver tabla 7

Tabla 7

Prueba de comparación de Wilcoxon para la variable altura

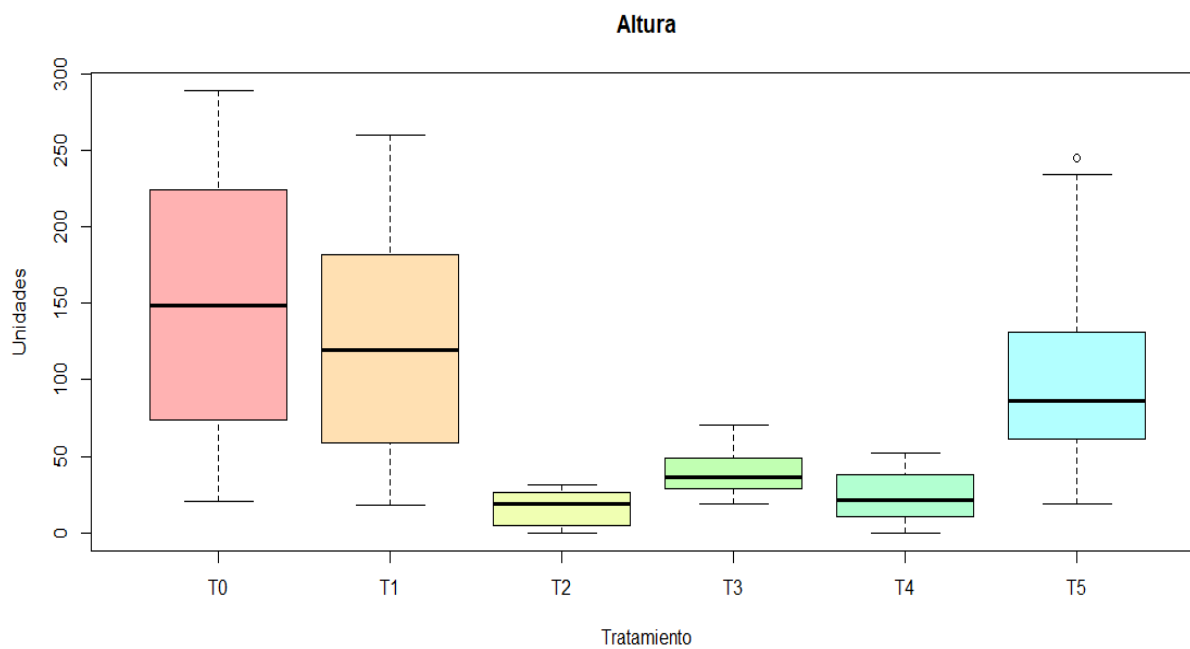
T0	T1	T2	T3	T4	T5
T1	3.0e-05	-	-	-	-
T2	< 2e-16	< 2e-16	-	-	-
T3	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16 -	-	-
T4	< 2e-16	< 2e16	0.00016	3.0e-05	-
T5	3.1e-09	0.00689	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

Nota. Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación de la Altura de la planta según los tratamientos

En la figura 5 se puede apreciar, que el mejor tratamiento para variable altura la planta es T0, seguido del tratamiento T1 y en un tercer lugar el T5, pero que las plantas no logran superar una altura de 1.5 m. Los tratamientos T2, T3 y T4 evidencian que la aplicación de los fertilizantes directamente al pseudotallo causa afectación al desarrollo de la planta, haciendo que la planta no alcance alturas ni siquiera de 50 cm.

Figura 5

Grafica Altura de la planta según los tratamientos



Nota. Altura de las plantas según el tratamiento experimental

Perímetro del Pseudotallo

Se comprobó a partir del resultado de la prueba de Shapiro-Wilk ($1.827e-12$), que los datos del experimento no presentan un comportamiento de acuerdo con la distribución Normal y no presentan varianza constante, conforme resultados de la prueba de Levene ($2.2e-16$). Por no cumplir estos supuestos, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde es posible observar que hay diferencia significativa entre los tratamientos ($p\text{-value } 2.2e-16 < 0,05$) y hay diferencia para los bloques ($p\text{-value} = 3.855e-07 < 0,05$).

Tabla 8

Prueba de Levene para la variable perímetro de la planta

Fuentes de Variación	GL	F value	Pr(>F)
Tratamientos	5	192.48	< 2.2e-16 ***
Error	1852		

Significancia: ***0.001

Nota. Prueba de Levene para homogeneidad de varianza, para la variable perímetro de la planta de plátano comparación con la forma de aplicación de fertilizantes.

En las comparaciones post-hoc de Wilcoxon Test, para saber que dos grupos difieren, tenemos que en el método Holm, las diferencias más significativas para el experimento es el tratamiento son los T2 y T3.

Tabla 9

Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del perímetro del pseudotallo

	T0	T1	T2	T3	T4
T1	0.00023	-		-	-
T2	< 2e-16	< 2e-16	-	-	-
T3	< 2e-16	< 2e-16	5.20E-14	-	-
T4	< 2e-16	< 2e-16	0.00054	0.00255	
T5	2.40E-07	0.0313	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

Método de ajuste del valor P: holm

Nota. Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del perímetro del pseudotallo de la planta de plátano según el tratamiento

Número de Hojas Funcionales

A partir del resultado de la prueba de Shapiro-Wilk ($2.2e-16$), que los datos del experimento no presentan un comportamiento de acuerdo con la distribución Normal y no presentan varianza constante, conforme resultados de la prueba de Levene (0.02231).

Tabla 10

Prueba de Levene para la variable hojas funcionales

Fuente de variación	GL	F value	Pr(>F)
Tratamientos	5	2.6306	0.02231 *
Error	1858		

Nota. Prueba de Levene para homogeneidad de varianza, para la variable hojas funcionales de la planta de plátano comparación con la forma de aplicación de fertilizantes.

Por no cumplir estos supuestos, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde es posible observar que hay diferencia significativa entre los tratamientos ($p\text{-value } 2.2e-16 < 0,05$) y hay diferencia para los bloques ($p\text{-value} = 0.000312 < 0,05$).

En las comparaciones post-hoc de Wilcoxon Test, para saber que dos grupos difieren, tenemos que en el método Holm, las diferencias más significativas para el experimento es el tratamiento son los T1 y T5.

Tabla 11.*Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del pseudotallo*

	T0	T1	T2	T3	T4
T1	0.23043	-	-	-	-
T2	< 2e-16	< 2e-16	-	-	-
T3	< 2e-16	< 2e-16	2.3e-05	-	-
T4	< 2e-16	< 2e-16	0.56219	0.00085	-
T5	1.3e-09	9.1e-07	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

Nota. Prueba de comparación de Wilcoxon para la evaluación del pseudotallo de la planta de plátano según el tratamiento

Área foliar

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk (2.2e-16), de los datos de los tratamientos del experimento no presentan un comportamiento de acuerdo con la distribución Normal y no presentan varianza constante, conforme resultados de la prueba de Levene (2.2e-16). Por no cumplir estos supuestos, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde es posible observar que hay diferencia significativa entre los tratamientos ($p\text{-value } 2.2e-16 < 0,05$) y hay diferencia para los bloques ($p\text{-value} = 4.701e-07 < 0,05$).

Tabla 12.

Prueba de Levene para la variable área foliar

Fuente de variación	GL	F value	Pr(>F)
Tratamientos	5	27.044	< 2.2e-16 ***
Error	1615		

Nota. Prueba de Levene para homogeneidad de varianza, para la variable área foliar de la planta de plátano comparación con la forma de aplicación de fertilizantes.

En las comparaciones post-hoc de Wilcoxon Test, para saber que dos grupos difieren, tenemos que en el método Holm, las diferencias más significativas para el experimento es el tratamiento son los T3, T4 y T5.

Tabla 13.

Método Holm para la variable área foliar

	T0	T1	T2	T3	T4
T1	0.00048	-	-	-	-
T2	< 2e-16	< 2e-16	-	-	-
T3	< 2e-16	< 2e-16	8.7e-07	-	-
T4	< 2e-16	< 2e-16	9.7e-05	0.16114	-
T5	7.7e-08	0.00733	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

Nota. Método Holm para la variable área foliar de la planta de plátano comparación con la forma de aplicación de fertilizantes.

Variabes Productivas

Respecto a las variables productivas como se mencionaba anteriormente tan solo los tratamientos T0, T1 y T5, de fertilización edáfica, fertirriego y aplicación de tratamiento en la axila de la tercera hoja sembrada en suelo, respectivamente, presentaron plantas que llegaron a la fase reproductiva y productiva, como se puede observar en la figura 6, se tuvieron en total un número de seis plantas que alcanzaron la cosecha y un total de quince plantas que entraron en fase de belloteo, siendo su distribución dentro de los tratamientos de la siguiente manera, para el Tratamiento 0 de fertilización edáfica cinco plantas cosechadas y seis más en belloteo, para el Tratamiento 1 de fertirriego un total de siete plantas en belloteo y por ultimo para el Tratamiento 5 de aplicación de la solución nutritiva en la axila de la tercera hoja sembrada en suelo un número de dos plantas en belloteo y una planta cosechada.

Figura 6

Variabes productivas de los tratamientos evaluados

B*	T*	No de planta	Días a belloteo	Peso racimo (kg)	No de manos	No total de dedos/racimo	Peso vástago (g)	Peso dedos (kg)	% manos de primera	% manos de segunda	Peso segunda mano sentido ápice-base (g)	Largo (cm), grosor (cm) y peso (g) del dedo central de la segunda mano sentido ápice-base			
1	0	1	1	376											
1	0	2	2	292	8	6	35	457	7,443	50	50	1000	20	14	184
1	0	3	3	321	7	6	29	692	6,308	50	50	787	18	13	142
1	0	4	4	391											
1	0	6	6	406											
1	1	1	1	351											
1	1	2	2	421											
1	1	6	6	335											
2	0	1	1	321											
2	0	2	2	421											
2	0	3	3	322	12	5	50	1,360	11,117	60	20	884	21	13	164
2	0	4	4	292	20	7	85	1,392	18,608	58	42	1,945	21	13	1,749
2	0	5	5	307	15	5	43	1,660	13,340	60	20	1,861	20	13	183
2	0	6	6	376											
2	1	1	1	351											
2	1	2	2	376											
2	1	3	3	391											
2	1	5	5	406											
2	5	1	1	406											
2	5	5	5	321											
2	5	6	6	322	8	5	23	883,000	7,117	60	40	758	25	15	286

*B: Bloque, *Tratamiento,

Nota. Plantas en fase de belloteo y cosechadas hasta el mes 16 de evaluación

Discusión de los resultados

Los tratamientos T0 y T1 mostraron el mejor desarrollo durante todas las etapas de desarrollo del cultivo, con plantas con alturas superiores a los 2 metros y alcanzado la etapa reproductiva, siendo los tratamientos con mejores resultados tanto en desarrollo como en producción, seguidos del T5

Los tratamientos de aplicación axilar tanto en sustrato inerte T3 como en suelo T5, presentaron retrasos en el crecimiento de la planta, los tratamientos de aplicación axilar sembrados en suelo T5, lograron un desarrollo medianamente significativo con plantas de alturas variables de 50 cm a 2,50 metros, alcanzado solo unas pocas la etapa productiva, en comparación con su homólogo el T3 sembrado en sustrato inerte en donde las plantas se mantuvieron en un desarrollo vegetativo, presentando diferentes afectaciones como la clorosis general, quemazón en el ápice de la hoja bandera hasta llegar al punto del nulo desarrollo de la planta esto debido a que las plantas no lograron translocar los nutrientes suministrados a través de las axilas hasta el interior de la planta, lo que conllevó a la progresiva muerte de la planta por inanición considerando que este tratamiento se realizó en sustrato inerte y no se logró suplir las necesidades nutricionales de la planta

Por su parte el T5 sembrado en suelo presentó mejores resultados con plantas entradas en la fase reproductiva, desarrollo que se le atribuye al suelo mismo como sustrato, ya que a pesar de que a este no se le suministró una fuente de nutrientes su bioestructura le aportó a la planta un mejor ambiente para su desarrollo por lo que la aplicación del fertilizante en la axila de la tercera hoja actuó como un suplemento para la planta mas no como un fertilizante completo

El que el T5 haya superado la fase de crecimiento y se allá adentrado en la fase reproductiva se le atribuye al suelo mismo como sustrato, ya que a pesar de que a este no se le

suministro una fuente de nutrientes, su bio estructura le aporta a la planta un mejor ambiente para su desarrollo, de esta manera se considera que la aplicación de productos en la axila de la hoja es una técnica usada principalmente para el control de plagas y enfermedades, mediante la aplicación sistemática de productos, es una práctica que ha sido usada en plantaciones de musáceas para el control de enfermedades como la Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) como una alternativa que ofrece diferentes beneficios, como una mayor eficiencia en el control la enfermedad, reducción en el número de aplicaciones, tecnología de fácil acceso a los productores, menor contaminación ambiental, y menor exposición del operador a los productos químicos. Orozco Santos et al. (2013) De igual manera la aplicación de productos a través de la axila de las hojas se ha usado como complemento a la fertilización tradicional, en cultivos como la piña es recomendada como un programa de nutrición paralela evitando la aparición de trastornos nutricionales limitantes del rendimiento, así mismo en suelos de baja humedad se aconseja la aplicación de Nitrógeno y Potasio en las axilas de las hojas más viejas garantizando así la absorción de estos elementos por parte de la planta. (Amores, 1992)

Respecto al rendimiento en calidad de fruta, de acuerdo con Aranzazu et al. (1999) la variedad "Dominico-Hartón" (Musa AAB) produce racimos de aproximadamente siete manos con 45 a 55 frutos, como se vio en la figura 6, se mantuvo un promedio de 5 a 7 manos y el promedio de 23 a 85 frutos entre calidad primera y calidad segunda, de igual manera el mayor peso y mejor calidad lo obtuvieron los frutos del Tratamiento 0. Figura 7

Figura 7

Racimos cosechados de "Dominico-Hartón" (*Musa AAB*).



Nota. Racimos cosechados por tratamiento. a) Racimo del T0, b) racimo del T0, c) racimo del T5, d) racimo del T0, e) racimo del T0.

Los tratamientos de inyección al pseudotallo tanto en suelo T4 como en sustrato inerte T2 presentaron graves afectaciones y retraso en el desarrollo fisiológico de la planta, con la progresiva muerte de estas alrededor de la semana 27 de iniciada las aplicaciones.

El método de inyección sistemática es usado principalmente para el manejo de plagas y enfermedades, como el control de nematodos en plátano mediante inyecciones de oxamyl. Vargas et al. (2013), el tratamiento de enfermedades de importancia comercial en especies de Musáceas como el Moko (*Ralstonia solanacearum*) o la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en donde es recomendable el uso de este método para la inyección de productos como el Glifosato o el hipoclorito de sodio al pseudotallo en diferentes sitios en forma helicoidal

con el fin de erradicar las plantas afectadas. Merchán Vargas (2003), Igualmente en otras especies como el maderable *Pinus hartwegii* su uso es eficaz para el manejo de escarabajos descortezadores con insecticidas sistémicos aplicados mediante inyecciones directamente al tronco, dentro del tejido xilemático que al ser translocados por el sistema fisiológico del árbol hacia toda la planta se obtienen resultados positivos en comparación con el uso del insecticida por aspersión que no presento una respuesta favorable (Gochez López et al.,2015)

La inyección sistémica en musáceas comerciales ha sido particularmente usada y estudiada en las fases reproductiva y productiva de la planta, así lo demuestran Silva et al. (2022) quienes estudiaron una estrategia alterna de fertilización que consistió en la inyección de dos soluciones de fertilizantes al pseudotallo del plátano, la primera a base de aminoácidos y la segunda una solución con nutrientes en plantas que tuvieran ocho semanas después de la floración, con el fin de hacer la aplicación en el momento de la mayor ganancia de peso seco del racimo y conocer el efecto de la inyección de soluciones nutritivas en el crecimiento del racimo de plátano, el modo de acción consistió en aplicar la inyección a una altura de 1 m del suelo con un ángulo entre 45° a 60° y la dosis en cada planta fue dividida en dos con una inyección por cada lado de la planta con 50 % de la dosis (entre 12 a 40 ml), entre los resultados encontraron que la inyección de nutrientes y aminoácidos en las dosis evaluadas incrementó el rendimiento de las plantas, siendo la inyección de nutrientes una estrategia más eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano en comparación con el uso de aminoácidos.

Igualmente la inyección sistemática ha sido particularmente usada para el fortalecimiento del hijo retorno en plantas de banano por medio de la conexión entre la planta madre cosechada, Quevedo et al. (2019) Demostraron la efectividad de la aplicación de fertilizantes y microorganismos al pseudotallo mejorando la velocidad del crecimiento del retorno con mayor volumen de producción, área foliar aceptable y excelente calidad de fruto,

siendo una práctica que aunque tediosa para plantaciones grandes es afectiva y rentable, claramente acompañada de las demás labores culturales que requiere la plantación para su correcto desarrollo.

Los tratamientos de inyección al pseudotallo T2 y T4 de este proyecto presentaron resultados negativos referentes a todas las variables morfoagronómicas a evaluar ya que no lograron avanzar más allá de las etapas iniciales de la fase vegetativa, presentando diferentes respuestas negativas que conllevaron a la progresiva muerte de gran porcentaje de las plantas, lo que dejó en evidencia que la inyección de fertilizante directamente al pseudotallo desde las fases iniciales del desarrollo vegetativo no indica un resultado positivo, al menos para la fórmula usada como para el régimen climático de la zona, durante el desarrollo del proyecto

Por el contrario Galvis et al. (2013) evaluaron la eficiencia de la inserción de fertilizante a la planta madre de banano y la incidencia sobre el hijo retorno, comparando la eficiencia de inserción del fertilizante al troncón con la fertilización edáfica convencional, se evaluaron alturas de inyección al pseudotallo a 90 y 60 cm, obteniendo que la inserción del fertilizante a 90 cm fue más efectiva que a 60 cm y a la fertilización al suelo, encontraron que cuando el fertilizante se insertó en el pseudotallo fue absorbido más fácilmente por la planta y trasladado a los retoños más rápidamente que cuando se aplicó al suelo, el hecho de que la inserción del fertilizante a la altura de 90 cm del suelo presentó un mejor desarrollo fue atribuido a al contenido de agua que existe en el pseudotallo debajo del punto de inserción y que facilita la solubilización del fertilizante, pues permite una mejor dilución del fertilizante a medida que se desplaza en el pseudotallo por fuerza de gravedad, acercándose al cormo, considerando la ley de Pascal, la cual indica que la altura, la densidad del líquido y la gravedad determinan el valor de la presión, por lo tanto, los tratamientos a 60 cm deberían tener valores de presión más bajos en comparación con los tratamientos a 90 cm para la misma dosis, por lo que al ser insertado a una altura inferior a 60 cm sea más difícil o ineficiente el flujo del fertilizante porque

el tamaño de la celda se hace más pequeño a medida que se acerca al suelo o al cormo, impidiendo así la translocación del fertilizante.

Tomando la experiencia anterior y en comparación con el presente estudio se considera entonces que tanto la edad de la planta, desarrollo y altura de inserción juegan un papel fundamental en el éxito o fracaso de la acción en la planta, tomando en cuenta que para este estudio se evaluaron dos zonas de inyección, la primera realizada durante las primeras 5 aplicaciones en la zona media entre el tallo y la primera hoja desarrollada de 10 a 15 cm de altura, y la segunda una zona más cercana al cormo de 4 a 6 cm de altura del suelo, cambios que tampoco evidenciaron resultados significativos en los problemas causados a la planta, sumado también la incidencia del régimen climático de la zona.

Por su parte Miranda (2021) incluye los efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (*musa x paradisiaca* L.) en diferentes estados fenológicos, obteniendo resultados positivos con fertilizante en inyección al pseudotallo con respecto a las tasas de emisión foliar, peso del racimo y sucesión del hijo retorno, un estudio bastante similar al presente trabajo en donde se inyectaron dosis de 5 ml de los tratamientos basados en fertilizantes nitrogenados.

Experiencias en la implementación de la inyección sistemática se tienen también en especies de frutales como la naranja, Alayón Luaces et al. (2015) evaluaron el efecto de inyecciones nutricionales al tronco de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO acompañada de la fertilización edáfica en la productividad de naranja "Valencia Late" a 40 cm del suelo, obteniendo respuestas significativas en el incremento del rendimiento de frutas en un 11% en promedio con el tratamiento que suministraba media dosis de la fertilización edáfica más la inyección sistemática en primavera, en verano y en otoño, por lo que concluyeron que la inyección sistemática es una herramienta complementaria a la fertilización convencional.

De acuerdo con los resultados obtenidos y con las experiencias de otros autores expuestas en este documento es viable decir que la inyección de fertilizantes al pseudotallo de la planta de plátano es mayormente factible en la etapa de producción y final de esta, como alternativa para obtener un mejor y rápido desarrollo del hijo retorno para musáceas garantizando un buen avance en la producción futura

Sin dejar de lado que la implementación de la inyección sistemática desde un estado fenológico temprano es una alternativa que no se puede descartar, ya que como se mencionó hay evidencia de un buen comportamiento, acción que se le puede atribuir a la respuesta de la planta frente a la solución nutritiva, así como también a las condiciones climáticas y de suelos de la zona experimental.

Conclusiones

Los tratamientos de inyección sistemática directamente al pseudotallo de la planta presentaron diferentes respuestas negativas que conllevaron a la progresiva muerte de las plantas, lo que dejó en evidencia que la inyección de fertilizante directamente al pseudotallo desde las fases iniciales del desarrollo vegetativo no mostró un resultado positivo, al menos para la fórmula usada como para régimen climático y las condiciones de suelos en la zona experimental durante el desarrollo del proyecto, por lo que es inviable e inadecuado concluir un sitio de aplicación del fertilizante más apropiado para el cultivo de plátano directamente al pseudotallo desde el desarrollo temprano.

Los tratamientos de aplicación axilar tanto en sustrato inerte T3 como en suelo T5, presentaron retrasos retardos en el crecimiento de las plantas, con la diferencia de que los tratamientos de aplicación axilar sembrados en suelo T5, lograron un desarrollo medianamente significativo con plantas de alturas variables de 50 cm a 2,50 metros, siendo atribuido esto a la acción del suelo como sustrato más no como un resultado positivo de la aplicación axilar del fertilizante, considerando que en su homólogo el tratamiento alcanzado solo unas pocas la etapa productiva, en comparación con su homólogo el T3 sembrado en sustrato inerte en donde las plantas se mantuvieron en un desarrollo vegetativo, presentando diferentes afectaciones como la clorosis general, quemazón en el ápice de la hoja bandera hasta llegar al punto del nulo desarrollo de la planta esto debido a que las plantas no lograron translocar los nutrientes suministrados a través de las axilas hasta el interior de la planta, lo que conllevó a su progresiva muerte de la planta por inanición considerando que este tratamiento se realizó en sustrato inerte y no se logró suplir las necesidades nutricionales de la planta.

Por su parte el T5 sembrado en suelo presentó mejores resultados con plantas entradas en la fase reproductiva, desarrollo que se le atribuye al suelo mismo como sustrato, ya que a pesar de que a este no se le suministró una fuente de nutrientes su bioestructura le aportó a la

planta un, mejor ambiente para su desarrollo por lo que la aplicación del fertilizante en la axila de la tercera hoja actuó como un suplemento para la planta mas no como un fertilizante completo al menos para el tratamiento 5

Los tratamientos de aplicación axilar tanto en suelo T5 como en sustrato inerte T3 presentaron retrasos en el crecimiento de la planta, siendo necesario mencionar que para el T5 se presentó un mejor desarrollo siendo atribuido esto a las ventajas que ofrece el suelo mismo como sustrato, llegado hasta la cosecha al momento de la medición final

La aplicación de los fertilizantes al suelo como la fertigación permitió un desarrollo normal de las plantas hasta la cosecha.

Recomendaciones

La aplicación de fertilizantes al pseudotallo es una práctica que ofrece tanto beneficios como desventajas, es por esto que al momento de implementar este tipo de técnicas es importante considerar la especie, vigor, edad de la planta, las condiciones y características climáticas del sitio.

A partir de los resultados obtenidos se pueden reconsiderar varios puntos que pueden ser tomados en cuenta en futuras investigaciones, principalmente la edad y fase de desarrollo de la planta, ya que partir de la experiencia se pudo observar la nula tolerancia de las plantas a este tipo de prácticas en sus etapas iniciales de desarrollo.

Respecto a las dosis y formas de aplicación es importante reconsiderar las formas de aplicación existentes, es decir para el caso de estudio se realizó la por medio de baja presión a través de una aguja de doble salida y punta redondeada y aguja hipodérmica con la presión ejercida a través de una jeringa dosificadora, recomendando entonces evaluar otros métodos como el de Silva et al. (2022) que consistió en aplicar la inyección con un ángulo entre 45° a 60° dividiendo la dosis en dos con una inyección por cada lado de la planta, garantizando así una mejor distribución de la solución, esto considerado también lo anteriormente mencionado como lo es la edad y vigor de la planta, especialmente del pseudotallo.

Referencias bibliográficas

- Amores, F. (1992). Clima, suelos, nutrición y fertilización de cultivos en el litoral ecuatoriano. Manual técnico no. 26. Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1631/1/Manual%20T%C3%A9cnico%20No.%2026.pdf>
- Aranzazu, H., Arcila, P., Castrillón, A., Valencia, M., Bolaños, B., & Castellanos, C. (1999). El cultivo del plátano. Armenia, Quindío, Colombia: CORPOICA, comité de Cafeteros del Quindío.
- Aranzazu, F; Arcila, M.I; Bolaños, M.M; Castellanos, P.A; Castrillón, C; Pérez, J.A; Rodríguez, J.L y Valencia, J.A (2005). El cultivo del plátano. Manizales, Caldas, Colombia.
- Arroyave, O., & Usaga, M. L. (2013). Evaluación de la eficacia del fertilizante foliar radiyet en aplicación inyectada en cultivo de plátano (Musa AAB cv. Hartón). Trabajo de grado para optar al título de Agrónomo, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Turbo.
- Barrera, J.L; Cardona, C.E & Cayón, D.G. (2011). El cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds): ecofisiología y manejo cultural sostenible. Universidad de Córdoba. <https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>
- Bedoya, C.G; Betancourt, M; Cardona, L.F; García, B.A; Palacion, S; Patiño, A.A y Rodríguez, G.A (2017). Cultivo de plátano, Prácticas y recomendaciones de manejo integrado. Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, UNISARC. https://www.researchgate.net/publication/350358277_Cultivo_del_platano_practicas_y_recomendaciones

Bolaños, M.M; Bautista, L.G; Cardona, W.A; Morales, H; López, D.A y Peña, A.C (2020).

Plátano (Musa AAB): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C.

http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf

CHEMINOVA. (2014). News Bulletins and Comments.

http://www.cheminova.co/download/noticias/boletin_tecnico_01_abril_2014.pdf

Esparza, D; Fernandez, L; Labarca, M; Nava, C; Sosa, L y Villar, A. (2005). Evaluación de la colocación del fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Harton (Musa AAB). Revista de la Facultad de Agronomía, 22(4), 416-428.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400009&lng=es&tIng=es.

Galvis R, F, Uribe V, A, Cayón S, G, Magnitskiy, S, & Henao, J. S. (2013). Effect of fertilizer insertion in the harvested mother banana plant pseudostem (Musa AAA Simmonds). Agronomía Colombiana, 31(1), 103-111.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000100013&lng=en&tIng=en.

Gochez López, E, Reséndiz Martínez, J. F, Perea Alcalá, A, Arriola Padilla, V J, & Camacho, A D. (2015). Insecticidas sistémicos para el control de *Dendroctonus adjunctus* Blandford, 1897 en El Nevado de Toluca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(27),50-63.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439020005>

Huber, M. (1998). Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de las plantas.

Informaciones Agronómicas (32), 12-13.

- Hurtado Macía, H. C. (2016). Descripción de la agrocadena del plátano en Colombia. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/>. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de, Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2018). Gerencia Seccional Meta Rendición de Cuentas Junio 2018. <https://www.ica.gov.co/getattachment/Modelo-de-P-y-G/Transparencia-Participacion-y-Servicio-al-Ciudadano/Rendicion-de-Cuentas/Meta-2017-1.pdf.aspx?lang=es-CO>
- Jahanshah, S., Yaaghoob, H., & Maryam, G. (2016). Is trunk injection more efficient than other iron fertilization methods in date palms grown in calcareous soils? *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 3(3), 160–163. <https://doi.org/10.18178/joaat.3.3.160-163>. <http://www.joaat.com/uploadfile/2016/1205/20161205032133485.pdf>
- Jaramillo, A; Valencia, J; Chavez, L; Bolaños, M.M; Morales, H; Rodríguez, D. (2019). *Prácticas de Manejo Sostenible para el Cultivo de Plátano*. Palmira, Colombia, AGROSAVIA. https://www.researchgate.net/publication/350663560_Practicas_de_Manejo_Sostenible_para_el_Cultivo_de_Platano
- León, A. L., Mejía, G., & Montes, R. (2014). Caracterización socioeconómica y tecnológica de la producción del plátano en el bajo Occidente del departamento de Caldas. *Luna Azul*, 41, 184-200.
- MADR. (2018). *Indicadores e Instrumentos Cadena Plátano. Cifras sectoriales*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2018-11-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MADR. (2020). Cadena Plátano. Cifras sectoriales.

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-0331%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MADR. (2021). Cadena Plátano. Cifras

sectoriales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf#search=produccion%20de%20platano%2E%2E%2E>

Martínez, I., & Guzmán, M. (2009). Evolución del efecto sobre la Sigatoka Negra de la aplicación de fertilizantes foliares con Silicio y Cobre en banano. Inrome Anual 2008, Corporación Bananera Nacional (CORBANA).

Merchán Vargas V.M. (2003) Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos. p 181-184. https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Manejo_convencional_y_alternativo_de_la_Sigatoka_negra__nematodos_y_otras_plagas_asociadas_al_cultivo_de_Mus%C3%A1ceas_en_los_tr%C3%B3picos_1242.pdf

Microfertisa (2012). Uso de la tecnología de los fosfitos en el cultivo de banano musa paradisiaca. <http://www.microfertisa.com.co/index.php?lang=es&opc=5&pid=6>

Miranda Ordóñez, K.G. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (musa x paradisiaca l.) en diferentes estados fenológicos. (trabajo de titulación). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16557>

Mozombite Tello, L.A (2019). Caracterización botánica y evaluación preliminar del rendimiento en tres ecotipos de Musa paradisiaca L. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto,

Perú. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3601/AGRONOMIA%20-%20Liz%20Anel%20Marisol%20Mozombite%20Tello.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Olmos, S. (2015). Cadena productiva del plátano Departamento del Casanare. Gobernación del Casanare.

Orozco Santos, M., García Mariscal, K., Manzo Sánchez, G., Guzmán González, S., Martínez Bolaños, L., Beltrán García, M., Garrido Ramírez, E., Torres Amezcua, J.A. & Canto Canché, B. (2013). La sigatoka negra y su manejo integrado en banano. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 152 p
https://www.researchgate.net/publication/256297564_La_Sigatoka_negra_y_su_manejo_Integrado_en_banano

Palencia, C., Gómez, S., & Martín, S. (2006). Manejo Integrado del Cultivo de Plátano. Corporación Colombiana Agropecuaria CORPOICA. Bucaramanga: Produmedios.

Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, A. M., Tuz Guncay, I. G., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento. Revista Científica Agroecosistemas , 7 (2), 190-197.
https://www.researchgate.net/publication/343523400_Evaluacion_de_la_aplicacion_de_fertilizante_al_pseudotallo_de_plantas_cosechadas_de_banano_Musa_x_paradisiaca_L_Y_su_efecto_en_la_velocidad_de_crecimiento_del_hijo_retorno

Rivas Torres, D. (2006). Inyecciones sistémicas en los árboles. 3–15.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/13121485/inyecciones-sistemicas-en-los-arboles-daniel-rivas>

- Silva Arero, E.A, Cardona, W.A, Bolaños, M.M & Morales, H. (2022). Inyección de nutrientes: una técnica eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano (Musa AAB). *Agronomía Mesoamericana*. Volumen 33(3): Artículo 48192, 2022.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/48192/51153/>
- Tacuri Garcia, C.A (2010). Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (musa x paradisiaca l.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio .potasio. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16149>
- Trinidad Santos, A., & Aguilar Manjarrez, D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. (A. C. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Ed.) *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 247-255.
- Vargas, A., Guillén, C. & Arce, R. 2013. Efecto del manejo del pseudotallo de banano (Musa AAA) a la cosecha sobre la planta sucesora. *Revista Agronomía*. 21(2): 19-28.
[http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia21\(2\)_3.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia21(2)_3.pdf)
- Villalta, R., & Guzmán, M. (2007). Efecto de la aspersion foliar de ácido fosforoso y fosfitos en banano (Musa AAA) para el control de la Sigatoka negra. *CORBANA*, 33 (60), 47-50.

Apéndice

Resumen Analítico Especializado RAE

Tema: Producción agrícola

Título: Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo del plátano Dominico-Hartón (AAB) (*Musa paradisiaca* L) y su respuesta productiva.

Autores: Sandra Marcela Vargas Marín

Año: 2023

Resumen: El cultivo de plátano ocupa el quinto lugar en la producción agrícola de Colombia, es un producto básico en la dieta de los colombianos y clave en los programas de seguridad alimentaria, Colombia es el quinto país productor a nivel mundial. La investigación presenta los resultados de eficiencia agronómica en base a la fertilización aplicada directamente al pseudotallo de la planta desde un desarrollo temprano, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y dos repeticiones, T0 = fertilización granular al suelo (TS); T1= Fertigación (RS); T2= Fertilización al pseudotallo creciendo en sustrato inerte (SI); T3 = Fertilización en la axila de la tercera hoja de la planta creciendo en sustrato inerte (AI); T4 = Fertilización al pseudotallo de planta creciendo en suelo (SS); T5 = Fertilización en axila de la tercera hoja de la planta creciendo en suelo (AS). Las variables evaluadas fueron: Altura (cm), Perímetro del pseudotallo (cm), N° de hojas, Área foliar 3ª hoja (cm), Total de hojas a belloteo, Días a belloteo, N° de retornos por sitio a cosecha, Altura retorno primario a cosecha (cm), Peso racimo, Dedos por racimo, Peso dedos, % manos de primera y % manos de segunda. Los resultados demostraron que el tratamiento de fertilización edáfica (T0) fue el de mejor respuesta productiva, junto con el tratamiento de fertirriego (T1), mientras que los tratamientos con fertilización axilar (T3 y T5) y los tratamientos de fertilización al pseudotallo (T2 y T4) no mostraron un desarrollo positivo

Palabras claves: alimentos, musáceas, nutrición vegetal, inyección sistemática, productividad

Contenidos: Datos sobre la producción y comercio del plátano en Colombia, origen, taxonomía y clasificación del plátano, manejo del cultivo, condiciones agroecológicas del cultivo, métodos y prácticas de fertilización en el cultivo, metodología de investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones.

Descripción del problema de investigación: La pérdida de fertilizantes por factores como la volatilización y la lixiviación, así como la contaminación de las enmiendas de origen químico en condiciones de mal empleo conlleva a la necesidad de evaluar métodos alternos y/o complementarios de fertilización que sean más amigables con el medio ambiente y reflejen un aprovechamiento por parte del cultivo el términos de calidad tanto de la fruta como del buen estado de la plantación, el informe aborda el cultivo de la plátano bajo la necesidad de implementar programas dirigidos al aprovechamiento y mejor rendimiento de la fertilización en cultivo de plátano variedad Dominico Hartón

Objetivo General

Determinar la efectividad de la fertilización completa, aplicada directamente al pseudotallo de las plantas de plátano, desde la etapa temprana de su desarrollo, como una estrategia de nutrición de las plantas, y de reducción de los efectos negativos al medio ambiente.

Objetivos Específicos

Determinar el sitio de aplicación del fertilizante al pseudotallo, más apropiado para el cultivo de plátano que permita obtener su máximo potencial agronómico.

Evaluar la eficacia agronómica de la nutrición completa aplicada directamente al pseudotallo, como alternativa para la nutrición del cultivo de plátano desde un desarrollo temprano

Metodología: La investigación se realizó en el lote experimental del Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología CIAB de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en su sede del municipio de Dosquebradas, Risaralda, localizado a 4°50'19" Latitud

Norte y 75°40'13" Longitud Oeste, y a una altitud de 1450 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 18°C y precipitaciones de 2930 mm anuales.

Para el trabajo de investigación se tomaron plántulas de la variedad Dominico-Hartón, con alturas aproximadas de 10 a 30 cm, y entre 4 a 6 hojas formadas, se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y dos repeticiones empleando seis plantas como unidades experimentales por tratamiento. T0 = fertilización granular al suelo (TS); T1= Fertigación (RS); T2= Fertilización al pseudotallo creciendo en sustrato inerte (SI); T3 = Fertilización en la axila de la tercera hoja de la planta creciendo en sustrato inerte (AI); T4 = Fertilización al pseudotallo de planta creciendo en suelo (SS); T5 = Fertilización en axila de la tercera hoja de la planta creciendo en suelo (AS). Las variables evaluadas fueron, Altura (cm), Perímetro del pseudotallo (cm), N° de hojas, Área foliar 3ª hoja (cm), Total de hojas a belloteo, Días a belloteo, N° de retornos por sitio a cosecha, Altura retorno primario a cosecha (cm), Peso racimo, Dedos por racimo, Peso dedos, % manos de primera y % manos de segunda. Se realizaron aplicaciones quincenales de la solución nutritiva a los tratamientos de fertilización al pseudotallo en un ángulo de 30° a 45°, igualmente de manera quincenal el tratamiento axilar y la fertilización edáfica, y semanalmente el tratamiento de fertigación, la dosis, y formulación se ajustaron cada quincena, con base a los requerimientos nutricionales de la planta, su desarrollo fenológico y el la respuesta de estas frente a los tratamientos.

Principales referentes teóricos y conceptuales: Diversos autores a través de sus trabajos han demostrado las benéficos de la inserción de fertilizante en plantas del genero Musa, autores como Quevedo et al., (2019) y Galvis et al. (2013) se han enfocado en el estudio de la aplicación del fertilizante en el pseudotallo de la planta madre después de la cosecha, evaluando así el comportamiento en el crecimiento del hijo retorno en banano,

Otros autores como Esparza et al. (2005) en sus estudio "Evaluación la colocación del

fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Hartón (*Musa AAB*) " estudio que tuvo en cuenta dos métodos de fertilización, el primero la colocación del fertilizante utilizando el pseudotallo de la planta madre cosechada en comparación con la colocación de fertilizante en el suelo, obteniendo buenos resultados siendo que la forma de colocación del fertilizante con los mejores resultados promedios para todas las variables medidas (variables de crecimiento, producción, e Índice Económico Relativo (IER)),

Tacuri (2020) investigo sobre los benéficos que presenta la inyección de fertilizante directamente al pseudotallo de la planta, en el estudio "Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (*musa x paradisiaca* l.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio" afirma que es "factible la implementación de este método de fertilización aplicada al pseudotallo de la planta recién cosechados, ya que la planta madre continúa nutriendo al retorno posterior a la cosecha y mediante la maceración del pseudotallo cosechado, que junto con el tratamiento, proporcionan un excelente aporte nutricional al hijo de sucesión, provocando un mejor desarrollo en altura y vigor en el retorno, además de obtener racimos de alta calidad agronómica" (Tacuri, 2020)

Resultados: Los tratamientos T0 y T1 mostraron el mejor desarrollo durante todas las etapas de desarrollo del cultivo, con plantas con alturas superiores a los 2 metros y alcanzado la etapa reproductiva, siendo los tratamientos con mejores resultados tanto en desarrollo como en producción, seguidos del T5

Los tratamiento de aplicación axilar sembrados en suelo T5, lograron un desarrollo medianamente significativo con plantas de alturas variables de 50 cm a 2,50 metros, alcanzado solo unas pocas la etapa productiva, en comparación con su homólogo el T3 sembrado en sustrato inerte en donde las plantas se mantuvieron en un desarrollo vegetativo

Los tratamientos de inyección al pseudotallo tanto en suelo T4 como en sustrato inerte T2 presentaron graves afectaciones y retraso en el desarrollo fisiológico de la planta, con la progresiva muerte de estas alrededor de la semana 27 de iniciada las aplicaciones.

Conclusiones: Los tratamientos de inyección sistemática directamente al pseudotallo de la planta presentaron diferentes respuestas negativas que conllevaron a la progresiva muerte de las plantas, lo que dejó en evidencia que la inyección de fertilizante directamente al pseudotallo desde las fases iniciales del desarrollo vegetativo no mostró un resultado positivo, al menos para la fórmula usada como para régimen climático y las condiciones de suelos en la zona experimental durante el desarrollo del proyecto, por lo que es inviable e inadecuado concluir un sitio de aplicación del fertilizante más apropiado para el cultivo de plátano directamente al pseudotallo desde el desarrollo temprano

Los tratamientos de aplicación axilar tanto en suelo T5 como en sustrato inerte T3 presentaron retrasos en el crecimiento de la planta, siendo necesario mencionar que para el T5 se presentó un mejor desarrollo siendo atribuido esto a las ventajas que ofrece el suelo mismo como sustrato, llegado hasta la cosecha al momento de la medición final

La aplicación de los fertilizantes al suelo como la fertigación permitió un desarrollo normal de las plantas hasta la cosecha.

Referencias citadas en el RAE

Esparza, D; Fernandez, L; Labarca, M; Nava, C; Sosa, L y Villar, A. (2005). Evaluación de la colocación del fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Harton (*Musa AAB*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 416-428.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400009&lng=es&tling=es.

Galvis R, F, Uribe V, A, Cayón S, G, Magnitskiy, S, & Henao, J. S. (2013). Effect of fertilizer insertion in the harvested mother banana plant pseudostem (Musa AAA Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 31(1), 103-111. Tacuri Garcia, C.A (2010). Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (musa x paradisiaca l.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16149>

Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, A. M., Tuz Guncay, I. G., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7 (2), 190-197.
https://www.researchgate.net/publication/343523400_Evaluacion_de_la_aplicacion_de_fertilizante_al_pseudotallo_de_plantas_cosechadas_de_banano_Musa_x_paradisiaca_L_Y_su_efecto_en_la_velocidad_de_creimiento_del_hijo_retorno

Tacuri Garcia, C.A (2010). Evaluación de fertilización aplicada al pseudotallo de banano (musa x paradisiaca l.) cavendish gigante con fuentes distintas de potasio. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16149>