

10556

7471

UNIVERSIDAD DE HOHENHEIM
 INSTITUTO PARA LA PRODUCCION DE PLANTAS DEL TROPICO Y SUBTROPICO
 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
 PROGRAMA DE PLATANO Y BANANO

30 Jul 1989

ANALIZADO - OLIVETTI UP39 ✓
 RELACION ENTRE EL CULTIVO DEL PLATANO (MUSA AAB, Simonds)
 Y NUEVE ELEMENTOS NUTRITIVOS DEL SUELO

ANALIZADO

Proyecto de Tesis de Doctorado
 presentado por Alfonso Martínez
 Garnica, a consideración del Ins-
 tituto para la Producción de
 Plantas del Trópico y Subtrópico
 de la Universidad de Hohenheim y
 el Instituto Colombiano Agrope-
 cuario.

1. INTRODUCCION.

El plátano (Musa AAB, Simonds) constituye junto con la papa y el arroz las principales fuentes de carbohidratos para el pueblo Colombiano, siendo su consumo promedio anual per cápita del primero de 86Kg.

El plátano se siembra en Colombia desde los 0 hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar, en todas las regiones ecológicas que tiene el país y en las mas diversas formas de producción, bien sea como sombrío para el café o el cacao; como cultivo de exportación, en asocio con yuca, tomate o frijol, como cultivo de subsistencia en las selvas de la Amazonía o el Chocó o como cultivo altamente rentable para proveer los centros de consumo internos.

Existen actualmente en Colombia cerca de 445 mil hectáreas sembradas de plátano para consumo interno y 8 mil hectáreas dedicadas exclusivamente para la exportación, siendo la producción anual alrededor de 2 millones de toneladas.

Al ser cultivado el plátano en tan diferentes zonas ecológicas, son numerosos y diferentes los problemas fitosanitarios que presenta el cultivo en cada una de ellas, al igual que problemas relacionados con deficiencias, excesos o interacciones de los agregados del suelo que afectan la producción. Los primeros han sido resueltos en su gran mayoría por los servicios de investigación agrícola estatal, pero los segundos requieren de un estudio profundo, dado el desconocimiento que se tiene de la nutrición mineral de esta especie.

En las zonas productoras de plátano, las recomendaciones de fertilizantes se hacen en base a las investigaciones que al respecto se han hecho para el banano (Musa AAA, Simonds), el cual se siembra a diferentes distancias, las extracciones de nutrientes por el peso de la producción son diferentes al igual que la fisiología y la manifestación de sintomatologías de deficiencias de nutrientes.

1.1. La Especie.

El plátano pertenece a la familia Musaceae, serie Eumusa, con un número básico de cromosomas de 11, tiene dos genomas de Acuminata y un genoma de Balbisiana. Por su condición de triploide existe esterilidad masculina y su reproducción se hace vegetativamente. Por ser una planta monocotiledonea, sus raíces son fibrosas y superficiales, encontrándose el 90% de ellas en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. Las raíces se originan en el tallo, el cual es un cormo subterráneo. El tallo da origen igualmente a las hojas, las cuales poseen una vaina, cuyo conjunto da origen al seudotallo, un pecíolo y una lámina que llega a medir más de 2 metros cuadrados. Hay un meristemo central, el cual produce inicialmente unas 12 hojas sin lámina y 34 hojas con lámina. El mismo meristemo produce posteriormente un racimo, que emerge del suelo hasta la parte final del seudotallo, pasando por el centro del mismo. El racimo posee flores masculinas que en algunos clones son escasas o caducas y flores femeninas que darán origen a frutos partenocárpicos. Debajo de la vaina de una hoja hay una yema que dará origen a un brote secundario, los cuales son utilizados o como reemplazo de la planta una vez sea cosechada o como semilla asexual. Durante el ciclo vegetativo de una planta de plátano solo se llegan a desarrollar alrededor de 5 de estos brotes.

1.2. Marco Ecológico.

En Colombia existen 6 zonas ecológicas y en todas ellas se siembra el cultivo del plátano.

1.2.1. Región Amazónica con temperatura promedio anual de 27°C, 3.800mm de precipitación, alta humedad relativa y suelos arcillosos deficientes en elementos mayores y menores,

ricos en hierro, manganeso y aluminio (hasta 12 meq/100 gr de suelo) y pH de 3.3 a 5.0. Este último factor ecológico es el mayor limitante para el cultivo en la zona, junto a la presencia de enfermedades como Pseudomonas solanacearum. El ciclo vegetativo del cultivo dura entre 11 a 12 meses.

1.2.2. Región de la Orinoquía con temperatura anual promedio de 27°C, 2600 mm de precipitación, alta humedad relativa y suelos deficientes en elementos mayores y menores, franco arcillosos y pH bajo. El plátano se siembra preferentemente en los suelos de las vegas de los ríos, donde éstos son mas ricos en materia orgánica y potasio. El ciclo vegetativo de la planta dura entre 11 y 12 meses.

1.2.3. Región Caribe con temperatura promedio anual de 28°C, 800 a 1200 mm de precipitación, suelos franco arenosos, con medianas cantidades de elementos mayores y menores y pH neutro. El principal limitante para el cultivo es la presencia de enfermedades graves como la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) al igual que el déficit de agua. El ciclo vegetativo del cultivo dura entre 9 y 10 meses.

1.2.4. Región Pacífico con precipitaciones entre 2300 a 8000 mm anuales, temperatura promedio anual de 27°C, alta humedad relativa, suelos franco-arcillosos con medianas cantidades de elementos mayores y menores y pH ligeramente ácido. El principal limitante para el cultivo en la zona es la presencia de sigatoka negra. El ciclo vegetativo dura entre 11 y 12 meses.

1.2.5. Región Andina con temperatura promedio de 22°C, precipitación de 2200 mm anuales, suelos franco arenosos ricos en potasio y medios en materia orgánica y fósforo. El plátano se siembra entre los 1100 a 1500 metros sobre el nivel

del mar, siendo afectado en esta zona por sigatoka amarilla (Mycosphaerella musicola), reduciendo la producción hasta en un 30%, por lo que es necesario la aplicación de fungicidas en algunos casos. El ciclo vegetativo dura de 17 a 18 meses.

1.2.6. Región Valles Interandinos con suelos ricos en fósforo y medios en potasio y materia orgánica, de franco arenosos a franco arcillosos ligeramente ácidos, de temperaturas promedias anuales de 26°C y precipitación anual de 1000 mm, siendo este factor limitante para el cultivo. El ciclo vegetativo del cultivo dura entre 11 y 12 meses.

1.3. Ecología del cultivo.

La temperatura óptima para el cultivo del plátano está alrededor de los 27°C y es el factor que mas afecta la frecuencia de la emisión de las hojas, alargándose o acortándose el ciclo de producción dependiendo de la menor o mayor temperatura. De acuerdo a la extracción hecha de nutrientes del suelo por el banano, se ha calculado que el cultivo requiere anualmente 440 Kg de K_2O , 210 Kg de N_2 y 80 Kg de P_2O_5 por hectárea, por lo que es un cultivo altamente extractor de potasio, debiendo ser ricos los substratos en este elemento donde se cultiva. Igualmente, de acuerdo a la cantidad de agua que pierden las hojas por área y al índice de área foliar, el plátano requiere unos 1800 mm anuales de precipitación. Por ser una planta umbrófila nunca cierra totalmente sus estomas, por lo que las pérdidas de agua por transpiración son altas, así la planta cierre las dos mitades de sus folíolos durante las horas mas calurosas del día. El plátano se ve afectado seriamente por el viento cuando este excede los 20 Km/h, produciéndose rotura de las hojas y a mayores velocidades doblamiento del

del seudotallo o caída total de la planta.

La luminocidad existente en el trópico es suficiente para el cultivo dada su condición de umbrófila, pero es factor importante para el desarrollo de colinería o yemas laterales, por lo que distancias muy cortas de siembra atrasan la salida de éstas.

La humedad relativa afecta en forma indirecta al cultivo por lo que favorece el desarrollo de enfermedades foliares, especialmente .

2. Objetivos

Los objetivos de este experimento serán:

2.1. Determinación de sintomatologías de deficiencia de nueve elementos minerales en plátano.

2.2. Efecto de la presencia o ausencia de un elemento sobre la concentración de los otros elementos en estudio.

2.3. Distribución de los elementos en las diferentes partes de la planta y relación entre elementos removidos en el fruto y reintegrados al suelo.

2.4. Relación entre la deficiencia de elementos con la presencia de enfermedades.

2.5. Relación entre la oferta de elementos nutritivos y la absorción de los mismos por el plátano.

3. Revisión de Literatura.

3.1. Uso de Cultivos en Medios Artificiales.

El método de cultivos en arena, otros materiales inertes o agua se ha venido usando desde hace más de un siglo, siendo una herramienta importante para de los fisiólogos de plantas para determinar los requerimientos nutricionales de muchas especies vegetales, el papel que cumplen los diversos iones al igual que las interacciones de ellos en la planta, el efecto de diferentes fuentes de nutrimentos y del pH sobre el crecimiento y la nutrición vegetal, pruebas de toxicidad, frecuencia y cantidad de irrigación, etc.

En plantas perennes también ha sido empleada esta metodología, en especial para determinar las sintomatologías que manifiestan las carencias tanto de elementos mayores como menores, frecuencia de irrigación o respuesta a diferentes tipos de fuentes de elementos.

En la tabla No. 1 aparece el tamaño y tipo de recipiente, la especie y número de plantas por recipiente, la capacidad del recipiente y el tipo de estudio efectuado, que se han hecho por diferentes autores en plantas perennes.

En banano "Dwarf Cavendish" Dumas y Guimertaau (1958), encontraron en un ensayo de crecimiento similares resultados utilizando cubetas de 1m cúbico y 0,5m cúbicos, de cemento, llenas de cuarzo triturado con riego artificial y recuperación del líquido nutritivo.

3.1.1. Cobertura de los recipientes

Los recipientes deben ir cubiertos internamente con el objeto de que las raíces de las plantas que en ellos crecen, no tomen elementos nutritivos de los componentes de los mismos. Martín Prevel y Charpentier (1962), en un ensayo sobre deficiencia de elementos nutritivos en banano utilizaron recipientes de hormigón cubiertos con una capa de

TABLA 1 . TAMANO, TIPO Y CAPACIDAD DEL RECIPIENTE, ESPECIE Y NUMERO DE PLANTAS POR RECIPIENTE Y TIPO DE ESTUDIO EFECTUADO POR DIFERENTES AUTORES EN CULTIVOS ARTIFICIALES EN PLANTAS PERENNES:

TAMANO Y TIPO DEL RECIPIENTE	ESPECIE Y No. DE PLANTAS POR RECIPIENTE	CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	TIPO DE ESTUDIO	REFERENCIA
27 litros. Vitrificado. Sin drenaje.	Té. 5 plantas / recipiente	48 Kg de arena	Potasio y otras deficiencias	De Haan y Schoorel (1940)
10 pulgadas. Arcilla. Con drenaje	Manzano. 1planta / recipiente	5-9 Kg de arena	Deficiencia de elementos	Wallace (1922)
2 galones. Vidrio pirex. Con drenaje	Caucho. 1-4 plantas / recipiente	14 Kg de arena	Deficiencia de Molibdeno	Bolle - Jones (1957)
3 galones. Vidrio glaceado. Con drenaje	Manzano. 1 planta / recipiente	21 Kg de arena	Deficiencia de elementos	Cullinan <u>et al.</u> (1938)
4 galones. Vidrio glaceado. Con drenaje	Durazno. 1 planta / recipiente	28 Kg de arena	Absorción de nutrientes	Brown (1945)
5 galones. Vidrio glaceado. Con drenaje	Café. 1 planta/ recipiente	35 Kg de arena	Deficiencia de elem. mayores Fe, Mn y B.	Cibes and Samuels. (1955)
8 galones. Vidrio glaceado. Con drenaje	Cítricos. 1 planta / recipiente	55 Kg de arena	Absorción de elementos	Roy and Gardner (1955)
25 galones. Cemento. Con drenaje	Palma de aceite. 1 planta / recipiente	150 Kg de arena	Deficiencia de elem. mayores	Broeshart <u>et al.</u> (1957)

TABLA 1. CONTINUACION

TAMANO Y TIPO DE RECIPIENTE	ESPECIE Y No. DE PLANTAS POR RECIPIENTE	CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	TIPO DE ESTUDIO	REFERENCIA
50 cm diámetro x 65 cm alto. Cemento. Con drenaje	Cítricos. 1 planta / recipiente	200 Kg de arena	Nutrición Potásica	Haas (1949)
55 galones. Cemento. Con drenaje	Pecan Tree. 1 planta / recipiente	350 Kg de arena	Deficiencia de elementos	Albon et al (1942)
3 litros. Arcilla. Con drenaje.	Pino. 1 planta / recipiente	4-5 Kg de arena	Respuesta en desarrollo	Addams (1937)
2.56 galones. Arcilla. Con drenaje	Manzano. 3 plantas / recipiente	18 Kg de arena	Deficiencia de Nitrógeno	Nightingale (1934)
1 m cúbico. Concreto. Con drenaje	Palma de aceite. 1-5 plantas / recipiente	1600 Kg de arena	Riego con nutrientes	Homes (1949)
5 m cúbicos. Concreto. Con drenaje	Frutales. 1 planta / recipiente	7000 Kg de arena	Frecuencia de irrigación	Eaton (1941)
6-8 m cúbicos. Concreto. Con drenaje	Frutales. 1 planta / recipiente	1300 Kg de arena	Frecuencia de irrigación	Eaton (1941)
12 pulgadas. Arcilla. Con drenaje	Banano. 1 planta / recipiente	-----	Deficiencia de Elementos mayores	Murray (1959)
1 m diámetro x 60 cm alto. Hormigón. Con drenaje	Banano. 1 planta / recipiente	-----	Deficiencia de elem. mayores	Martin-Prevel y Charpentier (1962)

flintkote, la cual fué insuficiente, pues las raíces atacaron esta capa absorbiendo calcio y fósforo de las paredes, no pudiéndose determinar exactamente las deficiencias de estos dos elementos. La gran mayoría de los autores han cubierto los recipientes con parafina, asfalto o bachelita. Ultimamente se han venido usando por su facilidad para ser manipulados, recipientes de polietileno y polivinyl chloride (PVC), pero los colores para quitarle el carácter de traslúcido para los primeros y algunos metales que se adicionan en la fabricación de los segundos, pueden ser fuente de contaminación.

3.1.2. Características del Medio.

La arena ha sido el medio mas usado en trabajos experimentales en cultivos artificiales, sin embargo, otros medios como cuarzo, arena sílica, arena de río, cristal de roca, carbonato de calcio puro, ácido sílico, kaolín, perlita, vermiculita y gránulos de polietileno han sido usados. En cuanto al tamaño de la arena se han utilizado materiales que van desde 0,1 mm hasta algo mas de 2 mm. En plantas perennes se han utilizado arenas compuestas en su gran mayoría por partículas de tamaño entre 0,2 a 0,5 mm (Wallace, 1924). Sin embargo hay ciertas especies vegetales que requieren determinados tamaños en la arena; Murray et al (1953) encontraron que el cacao requiere partículas entre 3 a 5 mm, sin embargo Hund et al (1963) y Lockand (1959), obtuvieron muy buenos resultados en cacao Amelonado y Amazónico en arenas cuyo tamaño era de 0,5 a 1,5 mm. Estas diferencias en desarrollo se pueden atribuir a la capacidad de retención de humedad y el grado de compactación y aireación de la arena, lo cual afecta a las plantas para tener un buen desarrollo radicular. En general se puede decir que a mayor tamaño de las partículas de la arena es menor el porcentaje de retención de humedad y la capacidad de saturación de agua, pero son mayores los porcentajes de aireación cuando estan saturadas con agua y la permeabilidad.

Murray (1959) comparó el desarrollo del banano en arenas de tamaño de 0,5 mm a 2 mm y de 3 mm a 4 mm, encontrando que ambas eran igualmente satisfactorias.

3.1.3. Purificación de la Arena

La presencia de iones, en especial micronutrientes, pueden poner en peligro los resultados de la investigación, por lo que se hace necesario purificar el medio antes de su uso. Para tratamientos a gran escala Hewitt (1946) recomienda una mezcla de ácido hidroclicórico puro (18%) y ácido oxálico (1%). Sin embargo la arena tratada solo con agua es un método satisfactorio para renovar finas partículas de cieno y arcillas. En banano, Martín - Prevel y Charpentier utilizaron arena blanca de cuarzo con granos rodados, la cual fué tamizada y lavada con agua, obteniéndose buenos resultados.

3.1.4. Agua a utilizar

Hewitt (1966) se refiere al peligro del uso de aguas lluvias como fuente de agua, debido a que esta puede contener entre 0,07 a 5,8 ppm de calcio, 0,05 a 0,056 ppm de magnesio, 0,5 a 8,0 ppm de potasio y 0,4 a 18 ppm de sodio. La gran mayoría de los autores recomiendan el uso de agua bidestilada, en lo posible en un destilador con el menor número de partes de metal (en especial cobre), y luego desmineralizada (Lipman (1926), Sommer (1931), Chapman et al (1937) y otros).

3.1.5. Soluciones Nutritivas

Ensayos llevados a cabo por Martín-Prevel (1958) en banano, utilizó la fórmula de Hoagland-Arnon resultando los frutos insípidos, por lo que se supuso que la fórmula era muy rica en Nitrógeno y pobre en potasio para la especie. Posteriormente, en otro ensayo comparó la anterior fórmula con otras 3: en la primera le redujo a la fórmula de Hoagland-Arnon el 25% del Nitrógeno, en la segunda le adicionó el 25% de potasio a la misma fórmula y finalmente en la tercera le quitó el 25% de Nitrógeno y le agregó el 25% de potasio.

Esta última fórmula dió racimos de excelente calidad, buena dureza de pulpa y los racimos soportaron la madurez artificial sin ningún desgrane. Murray (1959) utilizó en banano el siguiente grupo de soluciones basándose en la fórmula de Hewitt.

KNO_3	_____	101	gr/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	_____	188.8	gr/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	_____	73.8	gr/l
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	_____	41.6	gr/l

El hierro fué suplido como quelato y el resto de micronutrientes igual que la fórmula mencionada. Al quitar de la fórmula con el objeto de manifestar sintomatologías de deficiencia de potasio, calcio y magnesio, fueron sustituidos por iguales cantidades de sodio y el nitrato y fosfato fueron sustituidos por sulfatos.

Loue et al (1961) trabajando en un ensayo para determinar deficiencias de nutrientes en cacao, empleó con éxito la siguiente fórmula:

NO_3K	_____	101.0	gr/l
$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	_____	246.5	gr/l
SO_4K_2	_____	87.0	gr/l
$(\text{NO}_3)_2\text{Mg} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	_____	236.0	gr/l
$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	_____	136.0	gr/l
$(\text{NO}_3)_2\text{Mg} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	_____	256.0	gr/l
$(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$	_____	6.3	gr/l
$(\text{SO}_4) \text{Ca} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	_____	1.7	gr/l
$(\text{SO}_4) \text{Fe} \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	_____	2.5	gr/l
$(\text{NO}_3) \text{Fe}$	_____	4.0	gr/l
$\text{Cl}_2\text{Mn} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	_____	0.5	gr/l
BO_3H_3	_____	1.0	gr/l

Martín-Prevel y Charpentier (1962) utilizaron la siguiente fórmula:

Nitrato Cálcico	_____	0.005	M
Nitrato Potásico	_____	0.002	M
Sulfato Potásico	_____	0.001	M

10.

Fosfato Monopotásico	_____	0.005 M
Cloruro Potásico	_____	0.002 M
Sulfato Magnésico	_____	0.002 M
Cloruro Sódico	_____	0.0002M
Sulfato Ferroso. 5 Agua	_____	10 Mg/l
Sulfato de Magnesio. 7 Agua	_____	0.85 Mg/l
Sulfato de Zinc . 7 Agua	_____	0.85 Mg/l
Acido Bórico	_____	0.85 Mg/l
Sulfato de Cobre . 5 Agua	_____	0.18 Mg/l
Molibdato Sódico	_____	0.18 Mg/l

pH ajustado con ácido láctico 5 mas ó menos 0,5

Para obtener una solución carenciada mantenían en cualquier caso los aniones (distintos del correspondiente a la carencia que deseaban provocar) y modificaban los cationes, de acuerdo con las recomendaciones de COIC et al (1961).

4. Materiales y Métodos

Localización del experimento: la investigación se deberá realizar en una zona productora de plátano de Colombia en donde el cultivo no se vea afectado por enfermedades foliares graves como Sigatoka amarilla o negra, ya que éstas interferirían con la duración de la hoja al igual que en la fisiología de la planta y sería necesario el uso de fungicidas que afectarían con los análisis foliares.

De preferencia se hará en una Estación Experimental del Instituto Colombiano Agropecuario que cuente con servicios de análisis de tejidos vegetales y análisis de suelos.

4.1. Determinación de Sintomatologías de Deficiencia de nueve elementos minerales en plátano.

4.1.1. Material Vegetal:

de preferencia se emplearán una de las dos variedades de plátano que mas se comercializan en Colombia, o sea Hartón ó Dominico-Hartón.

El material deberá provenir de cultivo de meristemas para facilitar la uniformidad del mismo y evitar los problemas

que se han presentado en trabajos similares con virus e insectos, especialmente Cosmopolites sordidus, los cuales han alterado en gran parte los resultados de los mismos. Igualmente provendrán las plantas de la primera réplica de cultivo meristemático para evitar problemas genéticos. También de esta manera se evitará el uso de nematicidas, los cuales alteran la cantidad de calcio presente en las hojas (Lacoeuilhe et al, 1969).

4.1.2. Recipientes: para este trabajo se utilizarán recipientes de polietileno los cuales llevarán un agujero en la base, con el objeto de recuperar el líquido de drenaje por intermedio de otro recipiente plástico conectado al primero a través de una manguera del mismo material. La capacidad de los recipientes será de 200 litros (1.20 m de altura por 0.90 m de diámetro) e irán enterrados en el terreno hasta unos 20 cms del borde superior. Junto a cada recipiente irá un hueco para proteger el tubo de drenaje y poder recuperar el líquido drenado.

4.1.3. Arena: se utilizará en el experimento "arena de roca" en vez de "arena de río", debido a que la primera es mas uniforme, tiene menos presencia de arcillas y materiales contaminantes y además el tamaño de la misma es de 0.3 a 0.5 mm. De todas maneras será cernida y lavada abundantemente con agua. Se hará igualmente un análisis químico para determinar la presencia de elementos, suma de bases cambiables, pH y densidad aparente de la arena.

4.1.4. Agua: Se utilizará agua bidestilada en un destilador casi compuesto en su totalidad por vidrio y luego será desmineralizada en un desmineralizador comercial. Debido a la gran cantidad de agua que se debe utilizar diariamente, esta será almacenada en recipientes de polietileno.

4.1.5. Disposición en el terreno: por cada elemento al cual se le determinarán las sintomatologías de deficiencia se harán cinco replicaciones mas el testigo. Los 50 recipientes serán dispuestos en 10 líneas de 5 recipientes cada una, sorteándose al azar los tratamientos en el terreno. Las líneas tendrán disposición Norte-Sur para evitar autosombreamientos y para que todas las plantas reciban igual cantidad de luz solar. Las líneas estarán separadas por 5 metros y la distancia entre recipientes en las líneas será de 2 metros. Rodeando el experimento se sembrarán en el terreno 5 líneas de plátano para simular las condiciones ecológicas de un cultivo comercial y para que sirvan de protección contra vientos fuertes.

4.1.6. Fórmula nutritiva y Fórmulas carenciadas: Se utilizará la fórmula de Hoagland-Arnon modificada por Martín-Prevel (1959) disminuyendo el 25% de nitrógeno y aumentando el 25% de potasio.

En la Tabla No. 2 aparecen las dosis alimenticias carenciadas y del testigo que serán aplicadas a cada plátano por semana. Siguiendo el método ideado por Loue (1961) para cacao, el cual se adapta para recipientes de gran tamaño, en donde no se prepara un gran volumen de sustancia nutritiva, sino que cada semana se administra una dosis de soluciones madres concentradas y una o varias veces al día se riega con agua sola, siendo la cantidad diaria apropiada para el cultivo de 10 litros. Este sistema requiere de un drenaje lento para que las soluciones no sean arrastradas por el agua, de acá la preferencia por el uso de "arena de roca".

4.1.7. Cobertura: Los recipientes serán cubiertos por una cobertura de color blanco, dejando solo un orificio donde estará ubicada la planta. De esta manera se evitará el calentamiento de la superficie de la arena y pérdidas de agua por evaporación.

4.1.8. Manejo de las plantas: el experimento solo se llevará a cabo para dos generaciones (planta inicialmente sembrada y un retoño), por lo que se irán eliminando los retoños que periódicamente van saliendo, dejando de reemplazo de la planta inicial al primero que por recipiente salga. Esta labor se hará lo mas prematuramente posible para evitar heridas muy grandes en las plantas con un cuchillo desinfectado con un bactericida.

4.1.9. Observaciones a efectuar

4.1.9.1. Morfológicas: para cada planta se determinará:

- Fecha de salida y marchitamiento de cada hoja (longevidad de las hojas).
- Índice del área foliar. Para este parámetro, el cual se determinará mensualmente, se mide el largo y ancho, los cuales se multiplican por la constante 0,806, obteniéndose así el área de cada hoja. Cuando el retoño posea hojas con lámina, el índice de área foliar será el de la suma de las dos plantas.
- Grosor delseudotallo tomando mensualmente y a una altura de 1 metro.
- Número de hojas producidas por planta.
- Caracterización y descripción de la manifestación de sintomatologías de la carencia de los diferentes elementos minerales estudiados.
- Altura de planta en el momento de la floración.
- Longitud, peso, número de manos y número de dedos por racimo.
- Dureza, color y palatabilidad de la pulpa, tanto en verde como en madurez de los frutos (índices de Deullin, 1963).
- Estado de las raíces en el momento de cosecha.
- Días comprendidos entre la aparición de las diferentes hojas producidas.

4.2. Efecto de la Presencia o Ausencia de un Elemento sobre la Concentración de los otros Elementos en Estudio.

Para determinar el efecto de la presencia o ausencia de un elemento sobre la mayor o menor concentración de los otros elementos en las diferentes partes de las dos generaciones de plantas a estudiar, se procederá de la siguiente manera en todas las plantas que tendrá el experimento:

4.2.1. Hojas: cada vez que una hoja llegue a su madurez fisiológica y se doble por su peciolo, se separará de la planta antes de que sea afectada por patógenos con un cuchillo desinfectado con bactericida. Posteriormente se corta en pedazos, los cuales son lavados con agua bidestilada y son secados en una estufa a 80°C hasta llevarlos a peso seco, para ser luego pesados en conjunto. La hoja se muele y se seca a 100°C, tomándose una muestra de las cenizas para determinar la concentración de cada elemento por su porcentaje en materia seca, siendo el nitrógeno extraído por el método de Macro Kjeldahl con catalizador de selenio, fósforo por autoanálisis, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, molibdeno y cobre por el método de espectroscopia de absorción atómica. De esta manera se determinarán los gramos existentes de cada elemento en el peso seco de las hojas en cada tratamiento.

Las hojas que quedan en la planta en el momento de la cosecha (aproximadamente 8), se analizarán por separado al realizar esta labor.

4.2.2. Seudotallo: la vaina de cada hoja se va cortando con un cuchillo desinfectado en la medida en que se vaya secando, hasta arrancarla totalmente de la zona de abscisión con el cormo. Serán llevadas a peso seco y se procederá exactamente como se hace con las hojas. Elseudotallo sobrante en el momento de realizar la cosecha, se corta en pedazos y se lleva-

rá ~~para~~ a peso seco para posteriormente determinar la cantidad de elementos presentes en él.

4.2.3. Racimo: Una vez el racimo llegue a madurez fisiológica, o sea cuando al racimo en verde no se les note las aristas de los dedos, se procede a cosecharse separándose para ser analizado por separado el raquis, la epidermis y la pulpa de los frutos. Se hará similar procedimiento al efectuado con las hojas.

4.2.4. Cormo y Raíces: el cormo y las raíces, tanto de la primera generación como del brote que se dejó de reemplazo, serán arrancados del recipiente una vez se coseche el racimo de este último, para por separado hacerles la similar metodología empleada con las hojas.

4.3. Distribución de los Elementos en las Diferentes partes de la Planta y Relación entre Elementos Removidos en el Fruto y Reintegrados al Suelo.

Tomando los datos obtenidos en el anterior punto de las plantas Testigo, se conocerá la distribución de los diferentes elementos estudiados en cada parte de la planta, como también la cantidad de los elementos que son removidos del suelo y exportados por los frutos y los que retornan nuevamente al suelo a través de la posterior descomposición en él de hojas, raquis, seudotallo, cormo y raíces. Los promedios de las concentraciones de los elementos localizados en las partes de la planta que retornan nuevamente al suelo, al igual que los que son exportados en los frutos, serán multiplicados por 1000, que son el número de plantas por hectárea que tiene el cultivo del plátano, para tener una referencia de las verdaderas necesidades de fertilizantes de el cultivo.

4.4. Relación entre la Deficiencia de Elementos con la Presencia de Enfermedades.

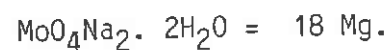
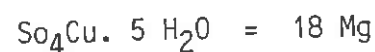
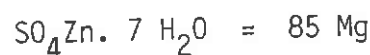
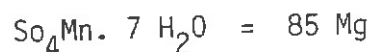
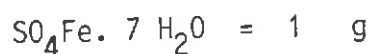
Con este experimento se podrá comprobar, la relación que existe entre la presencia de algunas enfermedades que afectan el cultivo, con la deficiencia de algunos elementos nutritivos, como son el ataque de Cordana musae en el Trópico Húmedo Colombiano como una consecuencia de la deficiencia de fósforo, la presencia de Erwinia chrysanthemi p.r. musae atribuida a la deficiencia de nitrógeno, entre otras.

4.5. Relación entre la Oferta de Elementos Nutritivos y la Absorción de los mismos, por el Plátano.

En las plantas correspondientes al Testigo, se relacionará la cantidad de cada uno de los elementos minerales proporcionados por las soluciones nutritivas, con la cantidad total de elementos que aparecen en las dos generaciones estudiadas, con el objeto de determinar la selectividad que para cada uno de ellos tiene esta especie vegetal.

TABLA 2. CONTINUACION

Las dosis alimenticias correspondientes al Testigo y las deficiencias de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio, llevarán las siguientes sales:



La fórmula alimenticia carenciada de Boro, será igual que la del Testigo menos BO_4H_3 .

La fórmula alimenticia carenciada de Molibdeno, será igual que la del Testigo menos $\text{MoO}_4\text{Na}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

La fórmula alimenticia carenciada de Cobre, será igual que la del Testigo menos SO_4Cu

TABLA 2. DOSIS ALIMENTICIAS EN EQUIVALENTES - GRAMOS POR PLATANO Y POR SEMANA

RATAMIENTO	NO 3	PO ₄ ⁼	SQ ₄ ⁼	Cl ⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
estigo	1.20 (0.2K) (1.0Ca)	0.45 (mono K)	0.60 (0.2K) (0.4Mg)	0.22 (0.2K) (0.2N)	0.75 (0.2N) (0.15P) (0.2 S) (0.2Cl)	1.00 (N)	0.40 (S)	0.02 (Cl)
-N	0	0.90 (0.45 mono K) (0.45 tri K)	1.20 (0.15K) (0.65Ca) (0.40Mg)	0.37 (0.35Ca) (0.02Na)	0.75 (0.15Pm) (0.45Pt) (0.15S)	1.00 (0.65S) (0.35Cl)	0.40 (S)	0.02 (Cl)
-P	1.30 (0.3K) (1.0Ca)	0	0.65 (0.25K) (0.4Mg)	0.22 (0.2 K) (0.02Na)	0.75 (0.3 N) (0.25S) (0.2Cl)	1.00 (N)	0.40 (S)	0.02 (Cl)
-K	1.20 (Ca)	0.45 (mono Na)	0.60 (0.05Ca) (0.55Mg)	0.15 (Ca)	0	1.40 (1.2 N) (0.05S) (0.15Cl)	0.55 (S)	0.15 (P)
-S	1.60 (0.2 K) (1.0Ca) (0.4Mg)	0.60 (0.45 mono K) (0.15 tri K)	0	0.27 (0.25K) (0.02Na)	0.75 (0.2 N) (0.15Pm) (0.15Pt) (0.25Cl)	1.00 (N)	0.40 (S)	0.02 (Cl)
-Ca	1.20 (1.1 K) (0.1Mg)	0.45 (mono K)	0.60 (Mg)	0.02 (Na)	1.25 (1.1 N) (0.15P)	0	0.70 (0.1N) (0.6S)	0.02 (Cl)
-Mg	1.20 (0.05 K) (1.15Ca)	0.45 (mono K)	0.60 (K)	0.17 (0.15 K) (0.02Na)	0.85 (0.05 N) (0.15 P) (0.6 S) (0.15Cl)	1.15 (N)	0	0.02 (Cl)

5. Bibliografía

1. BRZESOWSKY, W. S. and Van Biesen, S. Foliar análisis in experimentally grown Lacatan bananas in relation to the leaf production and bunch weight. Neth. J. Agric. Sci. 10(2) : 119 - 126. 1962
2. CHAMPION, J. Le bananier. Ed. Maisonneure et Larose, Paris (1963), 263 p.
3. CHARPENTIER, J. M. and Martín-Prevel, P. Culture sur milieu artificiel carences altenuées ou temporaires en éléments majeurs, carence en oligo-éléments chez le bananier. Fruits 20: 521-557. 1965
4. COIC, Y. et al . Comparaison de l'influence de la nutrition nitrique et ammoniacale combinée ou non avec une déficience en acide phosphorique, sur l'absorption et le métabolisme des anions-cations et plus particulièrement des acides organiques chez le maïs. Ann. Physiol. Veg. 3(3) : 141 - 163. 1961
5. DEVLIN, R. Mesure de la couleur de la pulpe de la banane en phase préclimactérique. Fruits, 18 (1) ; 23-26. 1963
6. DU PLESSIS, S. F. The effect of different N, P, K levels on growth and nutrient uptake of Dwarf Cavendish bananas Fruits 42 (1) : 53 - 58. 1987
7. EATON, F. M. Large - scale sand culture apparatus. Soil science. 31 : 235. 1931
8. GANRY, J. Etude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température. Fruits. 28 : 499 - 516. 1973

9. GARCIA, V. et al. Análisis foliar del plátano en dos fases de su floración. *Fruits* 32(9) : 525 - 534 1977
10. HAAS, A. R. C. Potassium in citrus Trees. *Plant physiology*. 24 : 395. 1949
11. LACOEUILHE, J. J. et al. Essai doses d'engrais NK et de nêmatocide (côte d' Ivoire): analyse foliaire. Réunion annuelle IRFA, doc. No. 117. 1969
12. HAYWARD, H. E. et al. Effect of chloride and sulphate salts on the growth and development of the elberta peach on shalil and lovell rootstocks. *Tech. Bull. U. S. Dep. Agric.* 922. 1946
13. HEWITT, C.W. Leaf analysis as a guide to the nutrition of bananas. *Emp. J. exp. Agr.* 23(89): 11 - 16 . 1955
14. HEWITT, E.J. Sand and Water culture methods used in the study of plant nutrition. Farnham Royal Bucks, England. *Comm. Abr. Bureaux*. 1966
15. HOAGLAND, D.C. and Arnon, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *Circ. Calif. agric. Exp. Stn.* (347). 1950
16. HOMES, M.V. L'alimentation minérale du palmer à huile, Flacis guineensis. *Publ. Sér. sci. Inst. nat. ET. agrom. Congo. belge*. 39. 1949
17. JORDINE, C.G. Metal deficiencies in Banana. *Nature*. 194 : 1160 - 1163. 1962

18. LAHAV, E. Facteurs influencant la Teneur en Potassium dans la Troisième feuille du rejet de bananier. Fruits 27(9) : 585 - 590. 1972
19. LAHAV, E. L'aptitude de l'échantillonnage du pétiole à la détermination des teneurs en minéraux du bananier. Fruits 32(5) : 297 - 307. 1977
20. LOUE, A. Etude des carences et des déficiences minérales sur le cacaoyer. Ed. Institut Francais du café et du cacao. Paris 1961. 63 p.
21. MARTIN - PREVEL, P. Controle de la nutrition des bananerais par analyse D'organes. Fruits 31(4-5) : 299-304. 1976
22. MARTIN - PREVEL, P. La nutrition minérale du bananier dans le monde. Fruits 35(10): 583 -593. 1980.
35(9) : 503 - 518. 1980
23. MITRA, J.K and DHVA, R.S. Banana. Mineral nutrition of fruits crops. Edited Bose, T.K., Mitra, J.K. and Sadvh, M.K.Maya prokash. Calcuta. 1988. pp 107 - 220
24. MURRAY, D.B. Deficiency symptoms of the major elements in the banana. Tropical agriculture. 36(2) : 100 - 107. 1959.
25. DWENNEN, et al. Study of the root development of some Musa cultivars in hydroponics. Fruits 41(9) : 515 - 524. 1986
26. TURNER, D.W. and BARKUS, B. Nutrient concentrations in the leaves of a range of banana varieties grown in the subtropics. Fruits 36(4) : 217 - 222. 1981

27. TWYFORD, I.T. and WALMSLEY; D. The estatus of some micronutrients in healthy robusta banana plants. Tropical Agriculture. 45(4) : 307 - 316. 1968