

20478

20478

20478

Reg Bac 26518

Reg 814

SUBPROYECTO:

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA SOBRE
LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO, Y SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS
Y COMPONENTE BIOLÓGICO DEL SUELO**

**MARTHA MARINA BOLAÑOS BENAVIDES
HUBERTO MORALES OSORNO
CRISTINA CARREÑO S.
ANDRÉS FELIPE MONTOYA**

**CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA
CORPOICA REGIONAL NUEVE
ARMENIA, QUINDÍO, COLOMBIA
MAYO DE 2002**

SUBPROYECTO:

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO, Y SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS Y COMPONENTE BIOLÓGICO DEL SUELO

Bolaños B., M.M.¹; Morales O., H.¹; Carreño S., C.³; Montoya V., A.F.⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado Aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia. Telefax (576) 7496331; E-mail: corpoarm@epm.net.co; mamabb@uolmail.com.co

Resumen

Se evaluó la respuesta en crecimiento (perímetro, altura), desarrollo (días de siembra a floración, días de floración a cosecha) y producción (peso del racimo) de plátano Dominico Hartón a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos y químicos, de acuerdo con los resultados del análisis del suelo experimental. También se determinó el efecto de los fertilizantes sobre las propiedades químicas, físicas y el componente biológico (macro y mesoorganismos) de un suelo localizado a 1.250 m.s.n.m. en Montenegro Quindío, Colombia; con temperatura media de 24 grados centígrados y precipitación media anual de 2.100 mm. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (10 tratamientos, tres repeticiones). En cada parcela se evaluaron 12 plantas útiles con distancia de siembra de 3 x 2 m. utilizando una semilla por sitio. 50% de los abonos orgánicos (gallinaza y pulpa de café descompuesta) se aplicaron antes de la siembra y 50% restante a los 6 meses. Los fertilizantes químicos se aplicaron considerando los requerimientos nutricionales de la planta, de acuerdo con sus etapas de desarrollo, así: 25, 50 y 25% en etapa de hoja cinco, hoja 15 y 32 respectivamente. Según los resultados de los dos primeros ciclos de cultivo, los abonos orgánicos, específicamente la gallinaza, tiene efectos positivos sobre la altura de la planta, el perímetro del seudotallo, días de siembra, a floración y peso del racimo. Los mejores tratamientos fueron aquellos donde se integró 75 ó 50% de la fertilización química, y 1,2 o 3,6 kg de gallinaza/planta. Igualmente, en éstos se observaron efectos benéficos de la materia orgánica sobre la población de organismos como, *Coleoptera*, *Hymenoptera* y *Collembola*. La densidad aparente mostró diferencias altamente significativas, entre tratamientos, disminuyendo a medida que aumentó la materia orgánica, la cual también mejoró la distribución de la porosidad. Esto permite concluir que los abonos orgánicos acondicionan física y biológicamente el suelo.

Palabras claves: Musáceas, producción plátano, nutrición en plátano, gallinaza como abono, materia orgánica, plantas.

Introducción

El cultivo de plátano en Colombia ocupa aproximadamente 401.770 ha y alcanza una producción de 2.970.000 toneladas, de las cuales 96% se dedican al mercado interno, y el resto a la exportación. Los principales centros productores se encuentran en las zonas cafeteras de la región andina, donde se cultivan unas 280.000 ha., que representan 73% del área cultivada en el país, con 2,2 millones de toneladas de la producción nacional. Otras regiones naturales de importancia para el cultivo son, la región Caribe (51.255 ha.), Orinoquia (23.656 ha.), Pacífica (15.771 ha.) y la Amazonia (11.828 ha.). El clon Dominico Hartón es el material más cultivado en la zona cafetera colombiana, su producción es permanente durante el año, aporta 65% de la producción nacional, y abastece la mayoría de los principales mercados del país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1996).

Esta variedad se cultiva en suelos de clima medio, a una altitud entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m. y se adapta bien a un rango amplio de suelos y de clima. Sin embargo, el cultivo necesita de unos rangos adecuados en cuanto a las propiedades y componentes del suelo.

Como otros cultivos permanentes, el plátano se puede considerar fundamentalmente sostenible, porque ayuda a recuperar y conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mediante la incorporación de la materia orgánica proveniente de los órganos reciclados, después de la cosecha. De acuerdo con Cepeda (1993) y Ruiz (1996) citado por Orozco (1998), la materia orgánica puede restituir la dinámica biológica y o la fertilidad.

En el departamento del Quindío, el plátano es fuente básica en la dieta alimenticia de sus habitantes. Ocupa el segundo lugar en importancia después del café, y es el primer cultivo de diversificación. En esta zona, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (1998), ha desarrollado investigación en el manejo del cultivo de plátano, sus plagas, enfermedades, poscosecha y agroindustria.

En el área de manejo de suelos, varios resultados de investigación (Castillo y Col, 1995; Muñoz, 1995; Echeverry y García, 1974), concluyen que en suelos de mediana a alta fertilidad, el cultivo de plátano no responde a la fertilización química con los elementos mayores. De acuerdo con estos resultados, considerando que en el país no hay reportes de investigación sobre la fertilización orgánica de plátano, y que el manejo sostenible del recurso suelo debe incluir todos sus componentes, se planteó este estudio que tiene como objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos y químicos, sobre el crecimiento y producción de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*), y sobre propiedades y componentes del suelo.

Los objetivos específicos fueron:

- a) Determinar la respuesta del cultivo de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*) a la fertilización integrada orgánica y química.
- b) Conocer el efecto de los abonos aplicados sobre la densidad real, densidad aparente, textura, distribución y continuidad de poros y color del suelo cultivado con plátano.
- c) Evaluar la influencia de la materia orgánica aplicada sobre la población de macroorganismos (*Coleopteros*), y mesoorganismos (*Collembolos*) en el cultivo de plátano.

Materiales y Métodos

◆ Localización

La investigación se llevó a cabo en la finca Curramba localizada en el municipio de Montenegro, Departamento del Quindío, Colombia; a una altitud de 1.250 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 24° C y precipitación, media anual de 2.100 mm. En la Tabla 1 se presenta el resultado del análisis químico del suelo experimental, antes de instalar el experimento.

Tabla 1. Análisis del suelo experimental

PH	M. O.	K	Ca	Mg	Na	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Tx
	%												
6,2	2,24	0,19	6,26	1,29	0,26	8,0	33,2	261	5,7	3,7	2,0	0,29	Far

◆ Diseño experimental

La respuesta en desarrollo y producción del cultivo, a la aplicación de dos fuentes de abonos orgánicos, y varias fuentes de fertilizantes químicos en diferentes dosis, se evaluó mediante 10 tratamientos (Tabla 2) y tres repeticiones, bajo un diseño de bloques completos al azar. Cada parcela constó de 30 plantas tomando las 12 centrales como parcela útil, sembradas a una distancia de 3 x 2 m. Se utilizó una semilla por sitio, siendo la densidad de 1666 plantas/ha, y el área total del experimento de 5.000 m².

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el primer ciclo

Tto.	Fertilizante	Dosis/planta
1	Gallinaza	3,6 kg
2	Pulpa de café descompuesta	3,6 kg
3	Gallinaza + Pulpa de café	1,8 + 1,8 kg
4	100% Fertilizante Químico*	80, 40, 80, 30 y 6 g.
5	50% F. Químico* + Gallinaza	40, 20, 40, 15, 3 g + 3,6 kg
6	50% F. Químico* + Pulpa de café	40, 20, 40, 15, 3 g + 3,6 kg
7	Gallinaza + Pulpa de café	1,8 + 1,8 kg
8	75% F. Químico* + Gallinaza	60, 30, 60, 22, 4 g + 1,2 kg
9	75% F. Químico* + Pulpa de café	60, 30, 60, 22, 4 g + 1,2 kg
10	Testigo sin Fertilizante	

* Urea, DAP, KCl, MgO y Bórax.

Los abonos orgánicos se aplicaron, 50% antes de la siembra, y a los 6 meses 50% restante (las fuentes y dosis se describen en la Tabla 2). Las dosis de fertilizantes químicos se determinaron con base en el análisis químico de suelos, lo cual condujo a la aplicación de boro a los tres meses. El fertilizante químico se aplicó 25% en etapa de hoja cinco, 50% en etapa de hoja 15, y 25% restante en prefloración (etapa de hoja 32).

El manejo de malezas se realizó con guadaña en las calles y manualmente en el plato, para evitar efectos negativos de herbicidas sobre la biología del suelo. Periódicamente se practicaron las labores de manejo del cultivo, como el deshoje sanitario, desguasque, destronque y descoline.

Para el segundo ciclo se evaluaron las variables de crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, correspondientes a los cuatro tratamientos del primer ciclo, que presentaron mayor producción, y el testigo (Tabla 3). Las aplicaciones de los fertilizantes químicos y orgánicos, se realizaron cada cuatro meses. Las demás labores del cultivo, durante el segundo ciclo, se desarrollaron como en el primero.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos evaluados en el segundo ciclo

Tto.	Fertilizante	Dosis/planta
1 (1)**	Gallinaza	3,6 Kg
2 (4)	100% Fertilizante Químico*	80, 40, 80, 30 y 6 g.
3 (5)	50% F. Químico* + Gallinaza	40, 20, 40, 15, 3 g + 3,6 kg
4 (8)	75% F. Químico* + Gallinaza	60, 30, 60, 22, 4 g + 1,2 kg
5 (10)	Testigo sin Fertilizante	

* Urea, DAP, KCl, MgO y Bórax.

** Corresponden a los tratamientos del primer ciclo que continuaron durante el segundo.

◆ Variables evaluadas en la planta

Crecimiento. Dentro de las variables de crecimiento se determinó el perímetro delseudotallo, al momento de la floración (a partir de los 11 meses), y la altura de la planta se midió desde la base del suelo, hasta la curvatura de la inflorescencia.

Desarrollo. Como variables de desarrollo se registraron, los días de siembra a floración (DSF), y días de siembra a cosecha (DSC).

Producción. El peso del racimo se determinó al momento de la cosecha.

◆ Variables evaluadas en suelo

Análisis químico. Las técnicas empleadas fueron las siguientes: el pH se determinó con Potenciómetro, relación Suelo Agua 1:1. El Aluminio, por el método Yuan. Nitrógeno: Semimicro Kjeldahl. Materia Orgánica del suelo: Walkley Black, Colirimetría. Potasio (K). Calcio (Ca). Magnesio (Mg): Acetato de Amonio 1N, pH 7.0 E.A. Fe, Mn, Zn, Cu: E.D.T.A. 0,01M. Acetato de Amonio 1N. pH 7,0 E.A.A. CIC: Acetato de Amonio 1N. pH 7,0 Nessler Colorimétrico. Fósforo (P): Bray II. coloración Bray Kurst.

Análisis biológico. Dentro del componente biológico se estudió la población y diversidad de macro y mesoorganismos asociados al cultivo de plátano. Las muestras se tomaron después del primer ciclo del cultivo en todos los tratamientos del experimento. Los recuentos e identificación de la biota edáfica se realizaron siguiendo cinco metodologías. En campo se instalaron trampas tipo cepa, trampas subterráneas, trampas luz y se realizaron inspecciones para evaluar la biota edáfica a través de métodos directos (monolitos). En laboratorio se utilizaron los embudos de Berlesse, para evaluar la población de fauna edáfica (macro y mesoorganismos).

◆ Establecimiento de trampas

Trampas tipo cepa. Para las trampas tipo cepa se aprovecharon las plantas de plátano cosechadas y ancladas en el suelo. Estas se construyeron realizando un corte transversal a una altura de 20 cm del suelo, y sobre él, se colocó un trozo deseudotallo de 25 cm, que facilitó la penetración de la plaga, picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar), atraída por los aromas volátiles que expele la planta una vez fue cortada. Los monitoreos se realizaron cada tres días, y las trampas se cambiaron cada mes, permaneciendo en campo durante tres meses.

Trampas subterráneas. Para proceder a la captura de escarabajos (*Coleóptero: Scarabaeidae*), se establecieron al azar trampas subterráneas, en cada tratamiento. Se utilizaron recipientes de vidrio con cebos de distinta fuente en su interior. Estos cebos se incluyen dentro del hábito saprófito que presentan estos organismos como: carne descompuesta de bovino, frutas sobremaduras de mango, mandarina, naranja, piña y material vegetal de plátano (trozos deseudotallo en estado de descomposición). Los cebos atrayentes se cambiaron cada mes y los monitoreos se hicieron cada tres días durante tres meses.

Trampa de luz. Para determinar la presencia de chisas (*Coleóptera: Melolonthidae*) en el cultivo experimental de plátano, se instalaron tres trampas de luz. Estas estuvieron compuestas por una fuente de radiación luminica, como atrayente para el insecto, un dispositivo de captura en forma cónica, que permite el deslizamiento, y un recipiente para retener los adultos hasta el momento de recolección. Esto a sabiendas de su actividad de vuelo, ya que los adultos de la chisa tienen hábitos nocturnos, presentando mayor actividad entre las 19 y las 22 horas, para copular o alimentarse. Los monitoreos se hicieron cada tres días durante tres meses.

Método directo. Otra metodología empleada para los muestreos de organismos se hizo en el suelo, a través de métodos directos, para establecer la presencia o no de estados larvales de insectos, removiendo bloques-monolitos de 30 x 30 cm, hasta una profundidad de 60 cm (Figura 1). Se realizaron los muestreos hasta 60 cm,

porque hasta esta profundidad llega 95% de las raíces de plátano, y además, corresponde al área de los hábitos de permanencia de varias familias representantes de la macrofauna edáfica.



Figura 1. Monolitos

Técnica del embudo de Berlesse. Por cada tratamiento se tomó una muestra con tres repeticiones. El área de muestreo correspondió a un cuadrado de 20 x 20 cm, con una profundidad de 20 cm. Este monolito se llevó al laboratorio de Corpoica-Armenia, y se dispuso sobre el embudo de Berlesse. Este consiste en recipientes de lámina galvanizada de calibre 24, cada uno con un diámetro de 25 cm y una altura de 30 cm de criba. El interior del embudo porta un filtro o red de alambre móvil, con apertura de la malla de 5 mm de diámetro, sobre el cual se depositó la muestra para extraer los organismos. Esta permaneció durante 24 horas bajo iluminación con una lámpara eléctrica de 25 vatios, (suspendida en una tapa cónica de metal, dispuesta sobre el embudo). Los organismos fueron recogidos en el extremo inferior del embudo, en recipientes de vidrio que contenían alcohol 70%, luego se filtraron y se separaron con la ayuda del estereoscopio. Los organismos se conservaron con lactofenol para ácaros y en alcohol para los insectos. Previamente se hizo un conteo de cada grupo y se registró la información en un formato.

Análisis físico de suelos. Este análisis se realizó al finalizar el primer ciclo del cultivo experimental de plátano (*Musa AAA Simmonds*). Se seleccionaron los cinco tratamientos, en los cuales se obtuvo mayor producción. Estos fueron los tratamientos: uno, cuatro, cinco, ocho y diez.

Las determinaciones físicas se realizaron tomando tres submuestras de suelo, sin disturbar, a tres profundidades: de 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm. Por cada tratamiento fueron efectuadas tres repeticiones, obteniéndose un total de 45 muestras. En laboratorio se emplearon los métodos del protocolo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1.990), los cuales se describen a continuación:

Densidad real. Se determinó por el Método del Picnómetro (modificado): Inicialmente se toman los pesos del picnómetro seco y vacío (M_{pv}); picnómetro con muestra de suelo seco (2 g.) a 105°C, previamente tamizado por 2 mm. (M_{pss}). A este picnómetro se le agrega agua destilada y hervida a 30°C, para evitar burbujas de aire en el suelo. Se lleva a vacío y se pesa (M_{pssw}), luego se toma el peso del picnómetro con agua destilada y hervida únicamente (M_{pw}). Los cálculos se hacen a partir de la siguiente relación:

$$D_s = \frac{(M_{pss} - M_{pv})D_w}{(M_{pw} - M_{pv}) - (M_{pssw} - M_{pss})}$$

Donde D_w : es la densidad del agua que se toma como 1,0 g/ml.

Densidad aparente. Para su determinación se empleó el Método del Cilindro (modificado). A un terrón grande de suelo no disturbado, se le hace presión con un cilindro de acero, de peso, diámetro y altura conocidos. A continuación se enrasa el cilindro (Vc), luego se transvasa el suelo a una cápsula de humedad, y posteriormente se seca a 105°C por 24 horas y se pesa (Mss). Los cálculos se hacen a partir de la siguiente expresión:

$$Db = \frac{Mss}{Vc}$$

El volumen del cilindro (Vc) se calcula mediante la fórmula: $Vc = \pi R^2 \times h$;

Donde: $\pi = 3,1416$

R^2 = es el radio del cilindro al cuadrado

h = es la altura del cilindro (3 cm.)

Textura. La granulometría se determinó por el método del Hidrómetro de Boyoucos, con pirofosfato de sodio, 25 g. de suelo seco al ambiente (Mss), tamizado por 2 mm. Se colocan en frascos con 10 ml. de solución dispersante (hexametáfosfato de sodio 8%), se cubre con agua hasta 2/3 del recipiente, y se deja reposar por 24 horas. Luego se trasvasa la suspensión a un agitador mecánico con ayuda de un frasco lavador; se agita por 7 minutos y luego se pasa la suspensión a la probeta aforada para dicha determinación, completando con agua hasta el aforo, previa introducción del hidrómetro, a fin de que el aforo sea correcto. Posteriormente se retira el hidrómetro y se introduce el agitador de pistón, agitando de arriba hacia abajo, en forma constante, por 10 minutos. Finalmente, se toman las lecturas a los tiempos establecidos (Lc 40 segundos y Lc 2h.), registrando a su vez las respectivas temperaturas, para posteriores correcciones del hidrómetro, de acuerdo con Tablas.

A partir de las siguientes relaciones, se pueden calcular los porcentajes de arenas, arcillas y limos, así:

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{Lc \ 40'' \times 100}{Mss} \quad \% \text{ Arcilla} = \frac{Lc \ 2h \times 100}{Mss} \quad \% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

Posteriormente, se pasan al esquema convencional para la clasificación de las fracciones del suelo, por clases y familias texturales. En este caso se emplea la clasificación siguiendo el diagrama triangular de USDA; Textura: F (Franco). Ar (Arcilloso). L (Limoso). A (Arenoso).

Distribución y continuidad de poros (modificado). Esta propiedad física se obtiene tomando un terrón fresco de suelo, el cual se sumerge en un beaker con agua, el cual se saca cuando ya no emita burbujas de aire. Entonces se deja escurrir, se pesa (MshCC); se seca a 60°C por 1 hora, y se pesa nuevamente (MsPMP). Finalmente se desmenuza y se seca a 105°C por 24 horas (Mss). Los cálculos se hacen a partir de las siguientes relaciones:

$$\% \text{ Porosidad total: } (\% \text{ PT}) = 1 - \frac{Db}{Ds} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad a Capacidad de Campo: } (\% \text{ HCC}) = \frac{MshCC - Mss}{Mss}$$

$$\% \text{ Macroporos} = \% \text{ PT} - \% \text{ HCC} \quad \% \text{ Mesoporos} = \% \text{ HCC} - \% \text{ PMP}$$

$$\% \text{ Microporos} = \% \text{ PT} - \Sigma (\% \text{ Macroporos} + \% \text{ Mesoporos})$$

Color. Se determinó por medio de la comparación con la carta de colores de Munsell, que incluye únicamente la porción correspondiente a los colores de los suelos.

◆ Análisis estadístico

Con los datos generados, tanto en el primer ciclo de producción como en el segundo, se realizó análisis de varianza, y prueba de comparación de medias para los datos de altura, perímetro, variables de desarrollo (DSF y DSC), y variable de producción (peso del racimo). También se analizaron estadísticamente los resultados del análisis físico de suelos, mediante un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, entre tratamientos, y para las tres profundidades de muestreo. Las variables analizadas fueron: densidad real, densidad aparente, porosidad total, macro, meso y microporosidad.

◆ Análisis económico

Con base en los resultados de producción, tanto del primer ciclo del cultivo, de plátano como del segundo, se realizó el análisis de presupuestos parciales, para determinar cuál fue el costo beneficio, es decir, la rentabilidad de cada tratamiento.

Resultados y Discusión

◆ Variables en planta de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

La respuesta del cultivo de plátano Dominico Hartón, a la fertilización integrada orgánica y química, se determinó evaluando el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo.

Crecimiento. De acuerdo con los resultados del primer ciclo de cultivo, la adición conjunta de fertilizantes químicos y fuentes de materia orgánica, específicamente gallinaza, tiene efectos positivos sobre la altura de la planta y perímetro del seudotallo (Figura 2). Sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre plantas con diez tratamientos. Para el segundo ciclo y según la prueba de comparación de medias se presentan diferencias en la altura de las plantas entre los tratamientos 4 (435.4 cm), y el 3 (412.1 cm), y la respuesta de las plantas de los demás tratamientos.

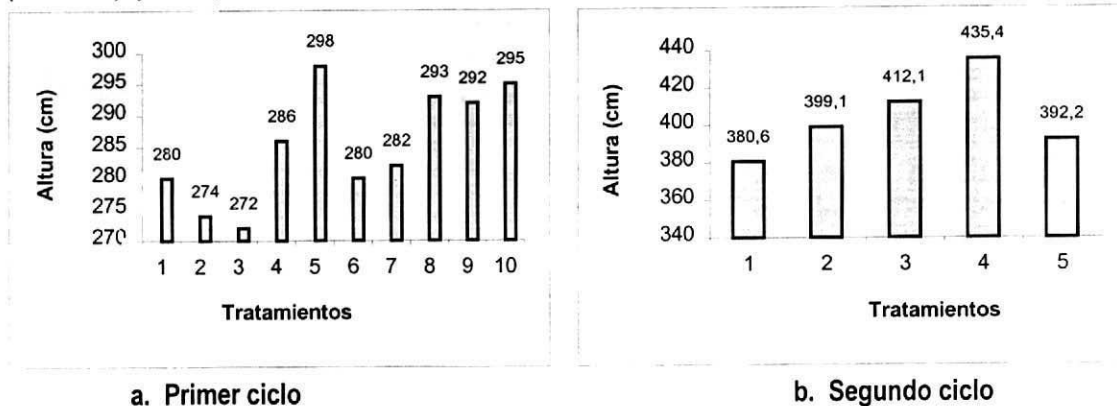


Figura 2. Efecto de la fertilización conjunta orgánica y química sobre el crecimiento de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB, Simmonds*)

Con respecto al perímetro del seudotallo, las plantas que recibieron el tratamiento cuatro (1,2 kg de gallinaza más 75% de la dosis de fertilizante químico), y el tres (3,6 kg de gallinaza y 50% de fertilización química), presentaron el mayor valor en esta variable. De acuerdo con el análisis estadístico de la información de segundo ciclo de cultivo, el coeficiente de variación de estos datos fue 5,7%, y los valores promedio del perímetro de las plantas para los tratamientos antes mencionados fueron 63,1 y 60,1 cm, respectivamente (Figura 3).

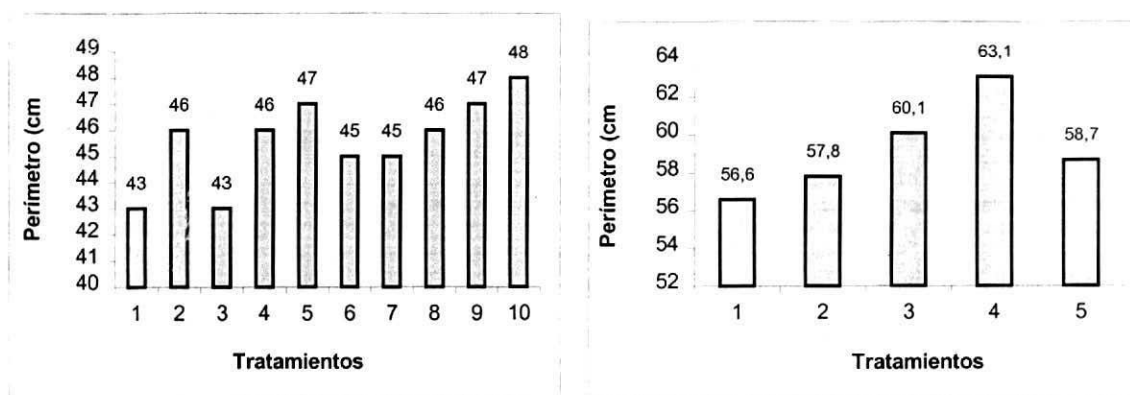


Figura 3. Efecto de la fertilización conjunta orgánica y química sobre el perímetro de pseudotallo de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB, Simmonds*)

El crecimiento (altura) de las plantas correspondientes al tratamiento cinco (Tabla 2), seguido por el ocho, durante el primer ciclo, y del cuatro seguido por el tres en el segundo ciclo, se vio favorecido con respecto al que presentaron las plantas de los demás tratamientos. El bajo contenido de materia orgánica y de potasio, puede explicar la respuesta positiva de este suelo a la aplicación conjunta de fertilizantes químicos y orgánicos. Dorel y Besson (1996) recomiendan, que en suelos cuyo contenido de M.O.S. sea inferior 3%, se deben aprovechar mejor los residuos de la cosecha y buscar alternativas de aplicación de materiales, que incrementen la población de organismos edáficos. El plátano demanda gran cantidad de potasio y la gallinaza y la pulpa de café por sí solas, no son suficientes para cubrir estos requerimientos, por lo cual, en los tratamientos dos y tres, se observó el menor crecimiento de las plantas. Al respecto, Zake (1993) encontró que la pulpa de café no mejora el enraizamiento de las plantas.

Desarrollo. La evaluación de estas dos variables es importante en el cultivo de plátano, porque determina la duración del ciclo vegetativo y el retorno. Bajo las condiciones en que se realizó la investigación el primer ciclo de cultivo, tiene una duración de aproximadamente 16 a 18 meses (540 días).

El tratamiento ocho seguido del cinco, presentaron menor duración del periodo comprendido entre siembra y floración (DSF), y entre siembra y la cosecha (DSC) (Figura 4).

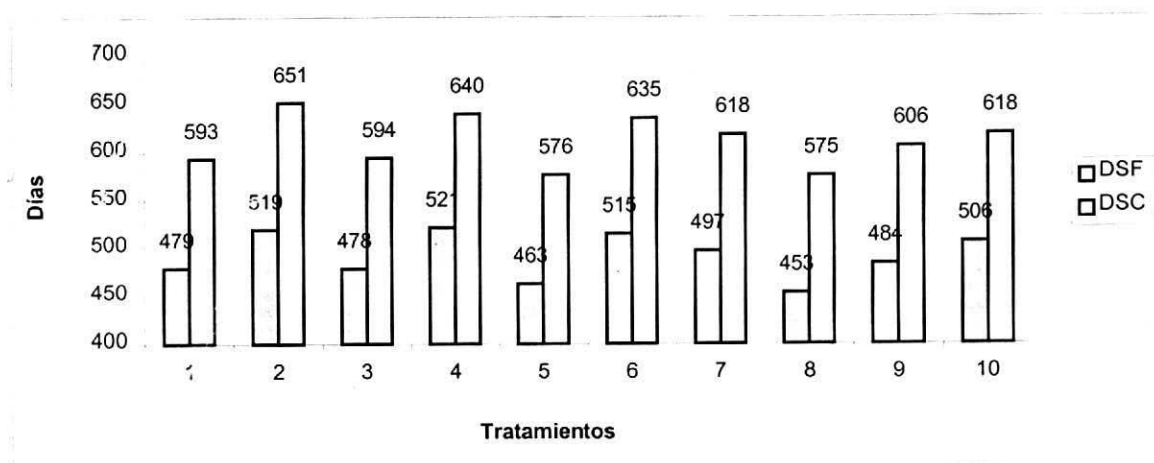


Figura 4. Efecto de la fertilización conjunta orgánica y química sobre el desarrollo de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB, Simmonds*) durante el primer ciclo

Cuando se aplicó independientemente fertilización orgánica o química, como en los tratamientos dos y cuatro, el ciclo del cultivo fue más largo. Las fuentes de materia orgánica no suplieron la demanda nutricional del cultivo, y se presentaron deficiencias de calcio en dichos tratamientos.

Por su parte, el fertilizante químico sin adición de materia orgánica, tampoco permite un desarrollo adecuado de la plantación. Tanto entre tratamientos como entre repeticiones, se presentaron diferencias estadísticas significativas, en las variables días de siembra a floración, y días de siembra a cosecha. El coeficiente de variación fue 4,3%, y el nivel de significancia del 1%.

Entre los cinco tratamientos que se evaluaron hasta el segundo ciclo, las plantas que florecieron más rápidamente fueron, aquellas que recibieron el tratamiento cuatro. Las que más tardaron fueron las plantas del tratamiento cinco (Testigo); sin embargo, no fueron observadas diferencias estadísticas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue 9,8%. En la Figura 5 se presenta la información correspondiente al desarrollo de las plantas de plátano, que se llevaron hasta el segundo ciclo de producción.

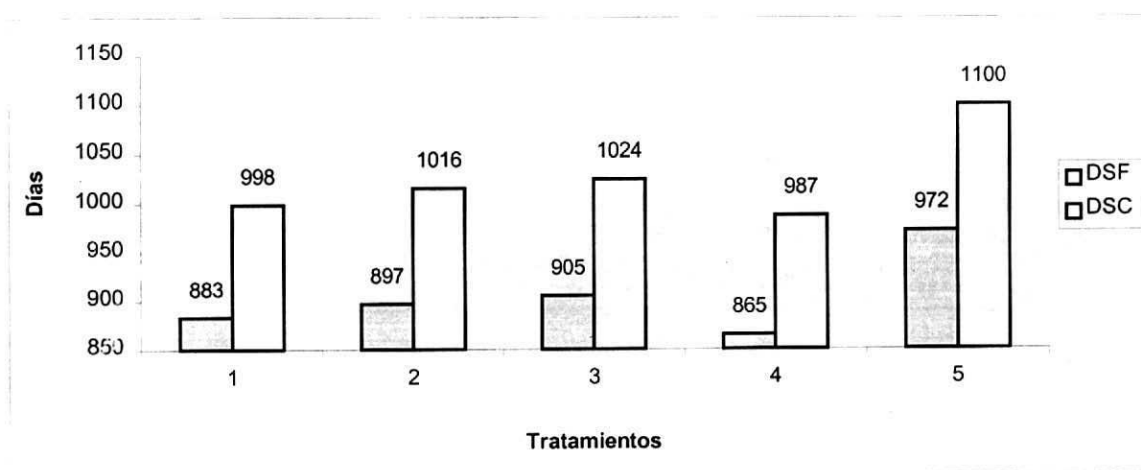


Figura 5. Efecto de la fertilización conjunta orgánica y química durante el segundo ciclo sobre el desarrollo de plátano Dominicano Hartón (*Musa AAB, Simmonds*)

La aplicación conjunta de materia orgánica y fertilizante mineral ejerce un efecto físico, biológico y químico sobre el suelo, contribuyendo con el crecimiento y la formación de raíces secundarias y terciarias. Esto a su vez, mejora la capacidad de absorción de las plantas.

Producción. En la variable peso del racimo, se observó que los tratamientos ocho, cinco y nueve, presentaron los promedios más altos (Figura 6). Estos corresponden a aplicaciones 75, 50 y 75 % de la dosis requerida de fertilizantes químicos, más 1,2 y 3,6 kg de gallinaza, y 1,2 kg/planta de pulpa de café descompuesta; sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

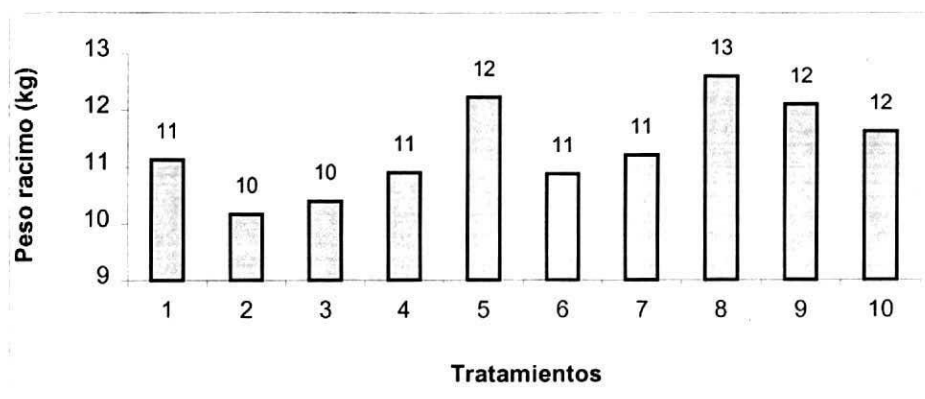


Figura 6. Efecto de la fertilización conjunta orgánica y química en el primer ciclo de producción de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB, Simmonds*)

Los valores promedio registrados en el peso del racimo, están dentro del rango que se obtiene en la zona (11.4 kg/racimo). (Grisales y Lescott, 1999). Estos rendimientos se pueden superar si se consideran otros factores que intervienen en la productividad, como son el componente biorgánico del suelo, especialmente la superpoblación de patógenos, como nemátodos de los géneros: *Radopholus*, *Meloidogyne*, etc., y picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) entre otros, y la ausencia de controladores biológicos (micorrizas arbusculares, *Beauveria bassiana*, etc).

En el segundo ciclo de cultivo, las plantas que produjeron racimos de mayor peso fueron las que recibieron el tratamiento 4 (1,2 Kg. de gallinaza más 75% de fertilizante químico), seguidas por las plantas que fueron fertilizadas con 50 % de fertilizante, más 3,6 kg de gallinaza. Como un producto de este experimento, además de conocer que la adición de materia orgánica mejora las propiedades químicas, físicas y el componente biológico del suelo, se concluye que el efecto de la fertilización orgánica se hace más notorio al cabo de cierto periodo de tiempo, que para el caso de esta investigación fue al término de los dos primeros ciclos productivos. Como lo muestra la Figura 7, las plantas de todos los tratamientos, incluyendo el Testigo que solo recibió materia orgánica al momento de la siembra, presentan incremento en el peso del racimo en el segundo ciclo, si se compara con el primero.

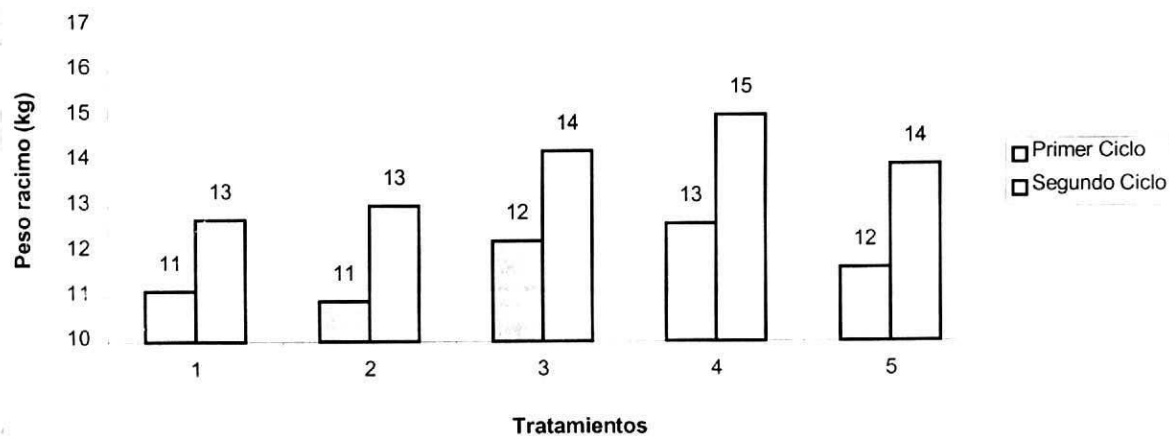


Figura 7. Comparación de la producción de plátano entre el primer y segundo ciclo

◆ Variables evaluadas en suelo

Análisis de las propiedades químicas. En la Tabla 4 se presenta la información correspondiente al análisis químico del suelo experimental, después del primer ciclo del cultivo, el cual tuvo una duración de 18 meses.

Tabla 4. Resultados del análisis químico del suelo experimental después del primer ciclo

Tto.*	pH	M.O. %	K	Ca	Mg	P	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
			meq/100 g de suelo			Ppm						
1 = 1	5,4	3,7	0,54	6,4	1,7	21	20	0,75	140	39,9	5	2
4 = 2	6,2	4,0	0,66	7,7	1,6	120	150	0,75	91	16,4	9	2
5 = 3	6,4	4,1	0,46	8,8	1,8	140	40	1,0	84	11,8	11	2
8 = 4	6,0	3,8	0,34	7,7	1,7	21	20	0,75	132	30,2	8	2
10 = 5	6,2	4,0	0,39	8,8	1,7	13	100	0,75	92	29,3	6	1

* Tratamientos evaluados que alcanzaron los rendimientos más altos después del primer ciclo de cultivo.

La adición de abonos orgánicos como gallinaza, tuvo un efecto positivo sobre las propiedades químicas del suelo y el contenido de la materia orgánica, pues ésta se incrementó de 2,2 hasta 4,1%. Igualmente, el contenido de potasio, calcio, magnesio, manganeso, zinc y boro, se incrementó después del primer ciclo de cultivo. En cuanto al contenido de fósforo, no se observó una tendencia clara, debido a que en los tratamientos uno (gallinaza + químico) y cuatro (fertilización química), éste se incrementó de 33,2 hasta 140 y 120 ppm, respectivamente, disminuyendo su contenido en el tratamiento ocho y en el Testigo. El contenido de cobre únicamente varió en el tratamiento Testigo, suelo en el cual disminuyó.

Análisis biológico del suelo. La influencia de la materia orgánica aplicada sobre la población de macroorganismos (*Coleópteros*) y mesoorganismos (*Collémbolos*) en el cultivo de plátano, se presenta a continuación:

La metodología de trampas tipo cepa, permitió observar que la mayor presencia de individuos del orden *Coleoptera*, (familias *Curculionidae*, *Melolonthidae* y *Scarabeidae*) se encontró en los tratamientos cinco, seis y siete, los cuales recibieron fertilización orgánica. Sin embargo, algunos organismos de la familia *Curculionidae*, estuvieron presentes en todos los tratamientos, excepto en el cuatro, el cual únicamente recibió fertilización química (Figura 8). Según esta Figura, en el tratamiento dos (pulpa de café descompuesta, 3,6 kg/planta), la presencia de macroorganismos fue muy baja. Zake (1993) reporta, que la pulpa de café no mejora la población de fauna edáfica, el enraizamiento y el rendimiento.

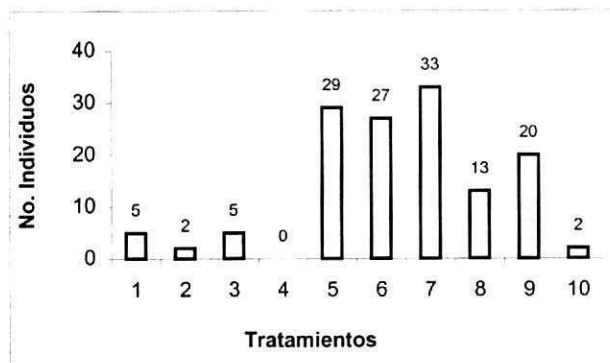


Figura 8. Población de *Coleoptera* en el cultivo experimental de plátano

Por su parte, algunos organismos de la familia *Melolonthidae* fueron capturados en las trampas de luz, por su hábito nocturno para buscar alimento o para copular. No se capturaron individuos en las trampas subterráneas, quizás porque dentro de los hábitos alimenticios de esta familia, no se encuentran los tejidos foliares ni la raíz de la planta de plátano. En la inspección del suelo por método directo, (monolitos) se observó que la presencia de residuos del cultivo de plátano (hojas y seudotallos semidescompuestos), favorece la presencia de estos organismos. Este resultado ratifica algunos estudios anteriores (Vásquez, 1996) que asocian la presencia de la familia *Melolonthidae*, con materia orgánica en descomposición.

En este cultivo experimental se observó que los estados larvales (chisas) y los adultos de *Melolonthidae*, gracias a sus hábitos alimenticios, no son perjudiciales para el cultivo de plátano. Por el contrario, desempeñan funciones benéficas sobre las propiedades físicas del suelo. Un estudio sobre las funciones ecológicas de las larvas de *Melolonthidae* realizado por Vallejo (2000) concluye que las especies de esta familia, realizan actividades directas e indirectas. Estas labores estrechamente relacionadas con la complejidad que involucra el suelo, hacen que mejoren las condiciones físicas, como facilitar la aireación, drenaje y penetración de la raíz al cavar galerías químicas, ya que las larvas contribuyen de manera significativa al ciclo de nutrientes en el suelo, a través de cinco eventos como: movilización y protección de nutrientes lixiviados, exportación de nutrientes hacia arriba y hacia abajo, redistribución horizontal de los nutrientes del suelo, catálisis de los minerales y humificación. Biológicas, con la implicación de las larvas de *Melolonthidae* en las interacciones tróficas entre raíces, planta y materia orgánica del suelo (M.O.S.), con los microorganismos (dispersión de micorrizas) y con la meso y macrofauna.

Bolaños (2000), reconoce el importante papel que juegan los organismos sobre los procesos formadores de suelo, mediante su actividad excavadora y transportadora, devolviendo a las capas superficiales su potencial productivo. Ejemplo representativo son las larvas de insectos y las hormigas, que aflojan el suelo, a su vez enriqueciéndolo sustancialmente con calcio. Así mismo, la transformación de la materia orgánica, de modo que pueda ser fácilmente atacada por los hongos y bacterias descomponedores.

Organismos del orden *Hymenoptera* se encontraron en gran número en el tratamiento diez, mientras que en el seis no estuvieron presentes, en ninguno de los tres muestreos. Fueron más frecuentes los ejemplares de la familia *Formicidae*, y la mayor diversidad se presentó en los tratamientos uno, cinco y siete, en los cuales se aplicaron abonos orgánicos (Figura 9). Relacionando estos resultados con la producción del cultivo, se observa que la aplicación de fuentes de materia orgánica debe considerarse a corto plazo, como un acondicionamiento físico y biológico del suelo, ya que el segundo ciclo de producción se mejoró en los tratamientos fertilizados con orgánicos.

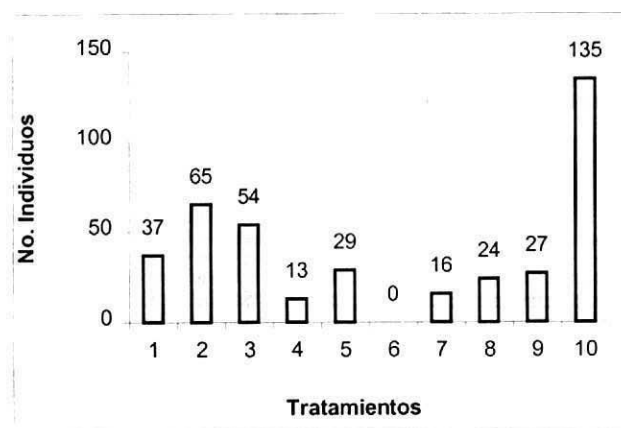


Figura 9. Población de *Hymenoptera* en el cultivo experimental de plátano

Dentro de los macroorganismos también se colectaron individuos de la familia *Curculionidae*, siendo el más frecuente *Cosmopolites sordidus* (Germar). Algunas investigaciones anteriores concluyen que este picudo es atraído por compuestos volátiles originados en musáceas de diferentes edades y variedades genómicas (Cerdeira *et al.*, 1998). Considerando este aspecto, se puede inferir, que algunas técnicas de trapeo (trampa tipo cepa) son muy efectivas para capturar a *Cosmopolites sordidus*.

Con respecto a la familia *Scarabaeidae* no se colectaron individuos.

La Figura 10 muestra que la mayor población de *Collembolos* se presentó en los tratamientos uno y dos, que recibieron en su orden gallinaza y pulpa de café descompuesta. Esto corrobora que los mesoorganismos, de los cuales los *Collembolos* y los ácaros son los más representativos, prefieren los desechos orgánicos. Además, uno de sus mayores aportes es servir de predescomponedores de la materia orgánica. En los tratamientos cuatro y siete, su población fue inferior, quizá por efectos negativos de los fertilizantes químicos aplicados.

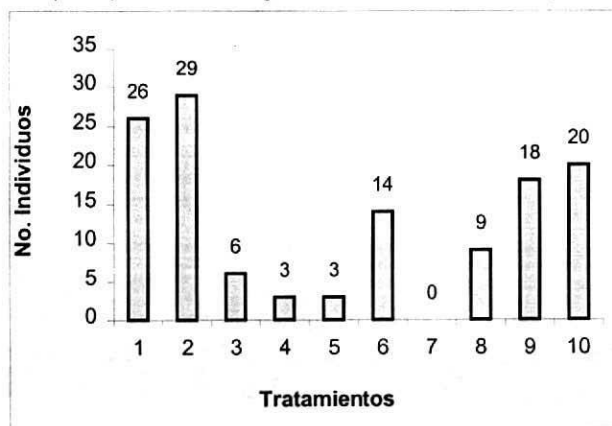


Figura 10. Población de *Collembola* en el cultivo experimental de plátano

En este estudio sobre la biología del suelo, en un cultivo de plátano, se observó una gran interacción de este componente, con la fertilización y con las propiedades químicas y físicas del suelo. Se resalta que en el tratamiento que recibió fertilización química, el número y la diversidad de organismos fue menor.

Los suelos cultivados son el escenario de muchos procesos, como la captación de energía y sustancias mediante la fotosíntesis; descomposición de residuos de las plantas; intercambio de aniones y cationes; y formación de complejos orgánicos y minerales, bajo condiciones de buena disponibilidad de M.O.S., indispensables para mantener la vida de los macro, meso y microorganismos, responsables de la bioestructura y la productividad del suelo (Bolaños, 2000). Es difícil determinar los organismos edáficos verdaderos, puesto que muchos viven o culminan parte de su ciclo biológico en él; esto hace que se los considere como miembros temporales o marginales, pero de todos modos cumplen una función indispensable en el medio edáfico.

Análisis de las propiedades físicas del suelo. Mediante las pruebas físicas se logró conocer el efecto de los abonos aplicados sobre la densidad real, densidad aparente, textura, distribución y continuidad de poros, y color del suelo, cultivado con plátano.

Textura. La textura presenta un contenido de arena, limo y arcilla en forma tal, que determinan la ubicación de este suelo dentro de la clase textural franca y franco arenosa, observándose desde la prueba de campo en seco, un suelo amoldable pero fácilmente desmoronable. Éste pudo moldearse en húmedo sin quebrarse, presentando cierta plasticidad. La textura no estuvo sujeta a modificaciones por la adición de materiales orgánicos; sin embargo, en los tratamientos cinco y ocho, el contenido de arenas supera 60% y las arcillas representan 14%, mientras que en los tratamientos uno, cuatro y diez, el contenido de arena está alrededor 56%. En promedio el porcentaje de limos fue 22%.

Densidades del suelo. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante las pruebas de laboratorio, se puede inferir que tanto la densidad real como la densidad aparente, aumentan con la profundidad en los tratamientos cuatro (fertilización química) y diez (Testigo), en los cuales no se aplicó materia orgánica. Por su parte, en los tratamientos que recibieron abonos orgánicos como el uno, cinco y ocho; la densidad del suelo tendió a disminuir. La densidad real del tratamiento uno (gallinaza), muestra como el contenido de materia orgánica en el suelo es inverso al valor de la densidad (Figura 11).

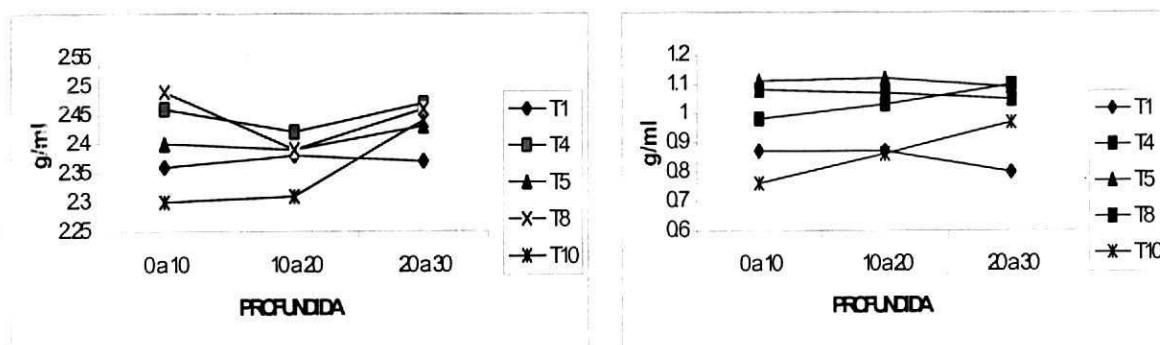


Figura 11. Densidad Real y Aparente

Este comportamiento puede explicarse por un efecto positivo de la fertilización orgánica, porque esta aumenta el volumen del suelo y disminuye la densidad. De acuerdo con el análisis estadístico, los valores de la densidad real muestran diferencias significativas 5 %, con un coeficiente de variación 2,7%. En la profundidad entre 0 y 20 cm. se observó variación de la densidad real, mientras que de 20 a 30 cm., no se encontraron diferencias en este parámetro.

La densidad aparente mostró diferencias altamente significativas (1%) entre tratamientos (coeficiente de variación 6,2 %), observándose aumento de esta con la profundidad, en los tratamientos cuatro y diez (Figura 11). De 0 a 10 cm fue de 0,97 g/cm³; de 10 a 20 cm 0,99 g/cm³; y de 20 a 30 cm 1 g/cm³, atribuible a que no se aplicó fuente de materia orgánica, mientras que en el suelo correspondiente a los tratamientos uno (gallinaza), 8 (75% F.Q. + gallinaza) y cinco (50% F.Q.+ gallinaza) tendieron a bajar. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Montenegro y Malagón (1990), quienes afirman que existe relación inversa entre el contenido de materia orgánica, y la densidad aparente.

Distribución y continuidad de poros. La porosidad total del suelo experimental fue 59,14% en promedio. Estadísticamente se observaron diferencias altamente significativas siendo mayor en el tratamiento el cual fue abonado con gallinaza.

La porosidad total no varió estadísticamente con la profundidad, en ninguno de los tratamientos. No obstante, fue ligeramente superior de 0 a 10 cm de profundidad. Es preciso anotar, que la porosidad total no debe considerarse en forma aislada, pues es recomendable estudiar la distribución y continuidad de poros, ya que este parámetro se aproxima mejor a la situación de la dinámica del suelo, en procesos tan importantes como el movimiento del agua, a través del perfil, intercambio gaseoso y actividad biológica.

La distribución y continuidad de la porosidad se presenta en la Figura 12. En la proporción de macroporos se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo mayor en el tratamiento cuatro y menor en el uno. Se observó un ligero incremento en la macroporosidad con la profundidad. El menor contenido de mesoporos se presentó en el tratamiento cuatro, estableciéndose diferencias altamente significativas, tanto en la proporción de meso como de microporos del suelo. Estos resultados conducen a pensar, que los abonos

orgánicos influyen sobre la macroporosidad, la cual es responsable de la retención de humedad. En los suelos influenciados por los abonos orgánicos, la distribución y continuidad de la porosidad, proporcionan un movimiento adecuado del agua, la cual penetra al interior del perfil con buena infiltración y retención, mientras que donde no se aplicó materia orgánica, se pueden presentar problemas en la dinámica hídrica del suelo estudiado.

Las diferencias en cuanto a la distribución de la porosidad y porosidad total, corroboran los resultados encontrados por Ellies y Col, (1993), quienes explican la relación entre la distribución de los poros por tamaño y el uso del mismo, lo cual está estrechamente determinado por el contenido de materia orgánica.

Cabe decir que el fertilizante químico no afectó las propiedades físicas del suelo.

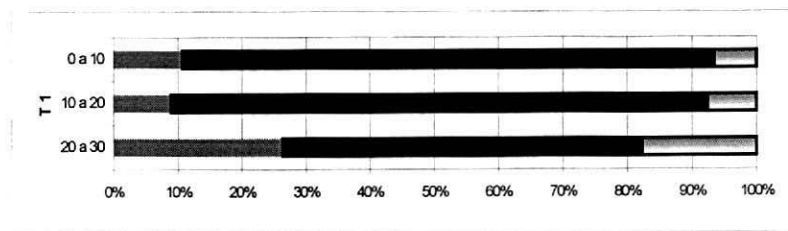
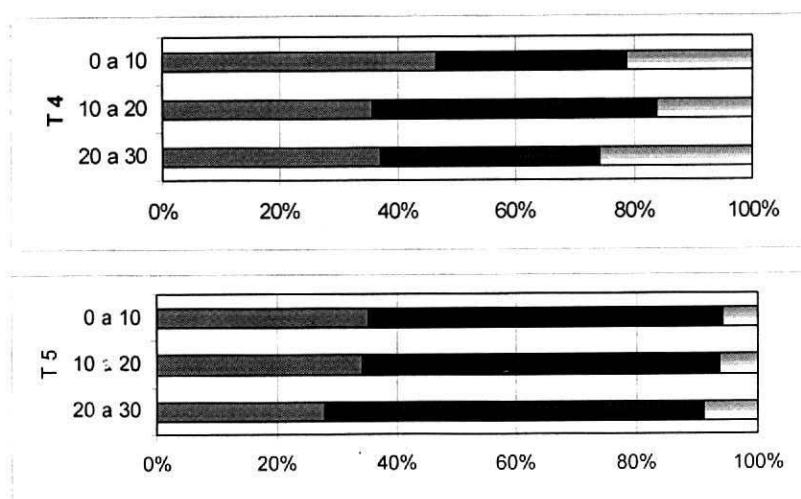
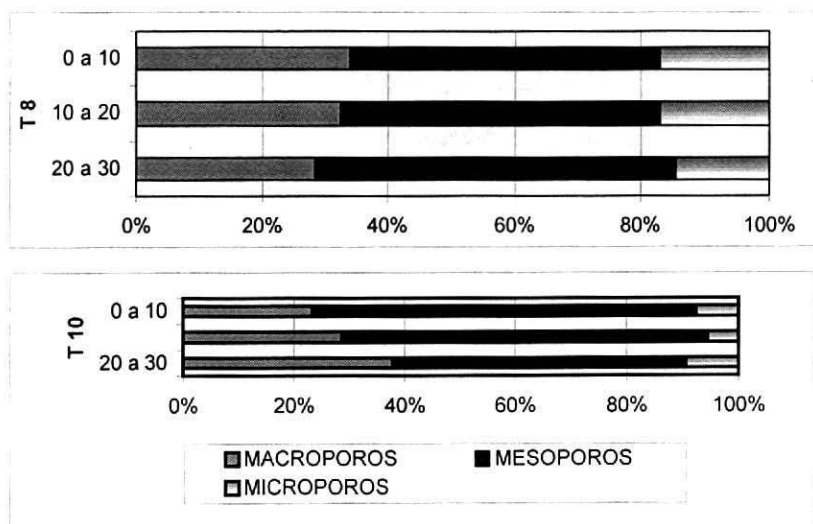


Figura 12. Continuidad y distribución de la porosidad

Color. El suelo bajo estudio, fertilizado únicamente con gallinaza (tratamiento uno), presentó una gama de colores comprendidos entre 5/4 y 4/3 (claridad / color, de acuerdo con la Tabla Munsell). Estos pueden asociarse con el contenido de materia orgánica del suelo (M.O. 3,7%), el cual es bajo si se considera el clima medio en que se encuentra, y el origen del suelo, desarrollado bajo la influencia de cenizas volcánicas.





Los colores correspondientes a los tratamientos cinco (50% F.Q.+ gallinaza) y ocho (75% F.Q. + gallinaza) son iguales y constantes en las tres profundidades; todo lo contrario se observa con el tratamiento diez (Testigo sin fertilizante), el cual presenta tres colores diferentes en una gama que parte de amarillo parduzco (6/6) a los 10 cm; café amarillo (4/4) a los 20 cm, hasta café oscuro (4/3) a los 30 cm. Lo anterior es posible que se presente por la lixiviación de coloides orgánicos, proceso explicado quizás por el alto contenido de arena del suelo experimental, lo que permite una mayor infiltración y desplazamiento vertical de coloides del suelo.

A pesar del énfasis que siempre se ha dado a las características químicas, erróneamente concebidas como las más íntimamente asociadas con la producción, las características físicas son, en muchos casos las determinantes de ésta, y algunas de ellas, asociadas con la estructura han sido llamadas la clave de la productividad del suelo, por Baver (1972), citado por Montenegro y Malagón (1990).

Los suelos tienen propiedades físicas, químicas y biológicas, que se deben conocer y entender, para lograr un mejor manejo de este recurso, y alcanzar mayor producción y mejor calidad en el cultivo de plátano (Bolaños, 2000). Así mismo, la Federación de Cafeteros de Colombia (1983) dice que los suelos para plátano deben ser profundos y ricos en materia orgánica. Además, deben poseer buenas condiciones de drenaje y retención de humedad.

◆ Análisis económico

En la Tabla 5 se presenta la producción por hectárea y su respectivo valor para el primer ciclo de producción. Los tratamientos con mayor producción fueron aquellos donde se incorporó materia orgánica, y además se aplicó fertilización química (cinco, ocho y nueve), y los de menor producción fueron el dos (gallinaza) y el tres (pulpa de café). Sin embargo, es preciso resaltar que el rendimiento en este experimento estuvo entre 14,2 y 18,6 ton/ha, lo cual, en términos generales puede considerarse satisfactorio, ya que solo un tratamiento incluyó la aplicación de fertilización química completa (cuatro). En los demás tratamientos, la dosis de fertilización química se redujo 25 y 50 %, ó no se aplicó.

Tabla 5. Rendimiento y valor de la producción durante el primer ciclo

Tratamiento	Producción kg/ha	Valor \$
1	15745,9	4.723.776
2	14160,0	4.248.000
3	14627,3	4.388.184
4	16779,6	5.033.880
5	17303,5	5.191.056
6	15377,8	4.613.328
7	15887,5	4.776.256
8	17671,7	5.301.504
9	18662,9	5.598.864
10	16468,1	4.940.424

Con respecto a la rentabilidad del cultivo de plátano, relacionando el tipo y dosis de fertilización aplicada, en la Tabla 6, se presentan los costos de cada tratamiento y su respectivo beneficio neto. En términos estrictamente económicos, el tratamiento diez (Testigo) fue el más rentable, ya que las plantas no recibieron fertilización, y por lo tanto presenta el menor valor en la inversión; no obstante, se obtuvo un beneficio de \$ 4.533.924. El tratamiento nueve (pulpa de café más 75 % de fertilizante químico), fue el segundo en rentabilidad, debido a que esta fuente de materia orgánica no tiene costo, excepto el transporte. Entre los tratamientos más rentables, también se encuentran el ocho y el cinco, en los cuales se integró fertilización química y la orgánica. En la zona donde se realizó el experimento, el costo de la gallinaza es muy alto, razón por la cual se encarecen los costos de producción. Los **tratamientos menos rentables** fueron: el dos, tres, seis, uno y siete.

Tabla 6. Beneficio neto Vs. Costos de producción de plátano durante el primer ciclo

Tratamientos	Costos variables (\$)	Beneficios netos (\$)
10	406.500	4.533.924
9	768.400	4.371.680
8	1.008.900	4.292.604
4	542.000	4.088.324
5	1.174.600	4.016.456
1	903.600	3.820.176
6	814.600	3.798.728
7	994.600	3.781.656
2	543.600	3.776.616
3	723.600	3.664.584

En la Figura 13 se observa que en el grupo de los tratamientos, nueve, ocho, cuatro y cinco, dominan en beneficios netos sobre los tratamientos dos, tres, seis, uno y siete. En el primer grupo de tratamientos, las plantas recibieron fertilización conjunta, química y orgánica (excepto el tratamiento cuatro), mientras que en los tratamientos dominados, no se aplicó fertilización química (excepto en el tratamiento seis).

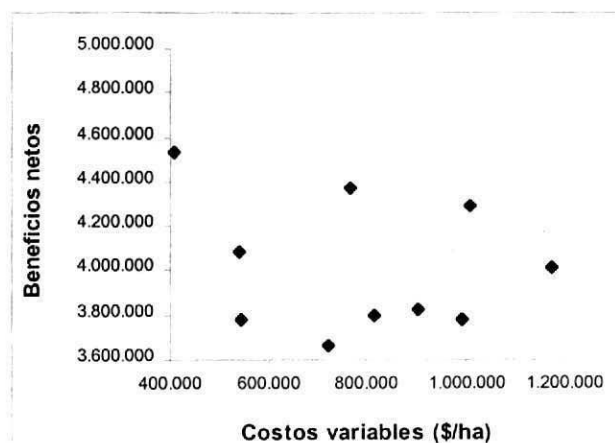


Figura 13. Análisis de dominancia a la respuesta de la fertilización en el primer ciclo de cultivo de plátano Dominico Hartón

Considerando que para el éxito de las investigaciones se debe integrar componentes como competitividad (rentabilidad) y sostenibilidad, los resultados del análisis económico del primer ciclo productivo del cultivo experimental de plátano permiten aseverar, que aunque el testigo es rentable durante el primer ciclo, puede dejar de serlo con el transcurrir del tiempo, ya que en el suelo disminuye la fertilidad, que solo se recupera mediante aportes de fertilizantes químicos u orgánicos.

Los tratamientos cinco y ocho, cuya rentabilidad se disminuye por el elevado costo de la gallinaza, sin embargo, se encuentran entre los tratamientos dominantes. Este comportamiento confirma, que el manejo integrado de la fertilización mejora las propiedades físicas, químicas y el componente biológico del suelo, lo cual propicia las condiciones para mejorar la producción. Estos resultados se observan en la Figura 7, donde siempre fue mayor la producción del segundo ciclo, si se compara con la del primero. Además, en términos de sostenibilidad, es conveniente mantener o mejorar la fertilidad del suelo mediante la fertilización. Esta práctica puede considerarse “costosa” especialmente la fertilización orgánica, en los primeros ciclos para el cultivo de plátano, pero a medida que el sistema se estabilice, los costos de fertilización tienden a disminuir, pues este cultivo después de la cosecha aporta al suelo entre 70 y 80% de su biomasa.

Para el segundo ciclo se realizó un análisis económico, al igual que para el primero, utilizando la metodología de presupuestos parciales. Dicha información se presenta en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Rendimiento y valor de la producción durante el segundo ciclo

Tratamiento	Producción kg/ha	Valor \$
1 = 1	16929	4.232.250
4 = 2	17329	4.332.250
5 = 3	18928	4.732.000
8 = 4	19995	4.998.750
10 = 5	18528	4.632.000

Tabla 8. Beneficio neto Vs. Costos de producción de plátano durante el segundo ciclo

Tratamientos	Costos variables (\$)	Beneficios netos (\$)
10 = 5	369.480	4.262.520
4 = 2	637.080	3.695.170
8 = 4	1.598.460	3.400.290
5 = 3	2.011.330	2.720.670
1 = 1	1.743.730	2.488.520

En el segundo ciclo (Figura 14) el tratamiento diez es el que presenta el menor costo variable, y por lo tanto mayor beneficio neto y mayor tasa marginal de retorno (Tabla 9).

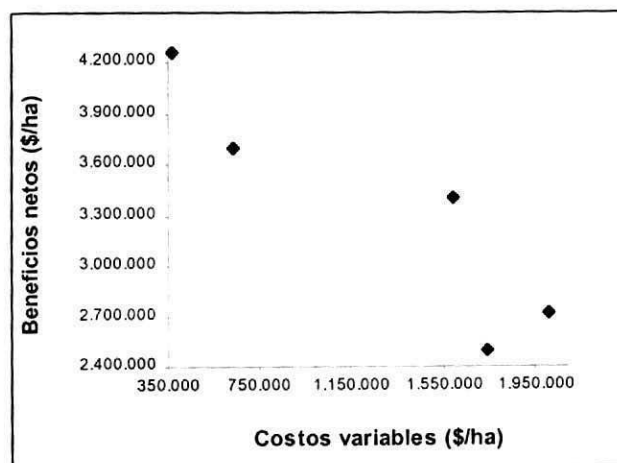


Figura 14. Análisis de dominancia a la respuesta de la fertilización durante el segundo ciclo de cultivo de plátano Dominico Hartón

Tabla 9. Análisis marginal de tratamientos de fertilización en el segundo ciclo

Tratamientos	Beneficio Neto \$	Costo Variable \$	Incremento marginal en beneficios netos	Incremento marginal en costos variables	Tasa marginal de retorno (%)
5 = 10	4.262.520	369.480	567.350	-267.600	212,0
2 = 4	3.695.170	637.080	294.880	-961.380	30,7
4 = 8	3.400.290	1.598.460	679.620	-412.870	164,6
3 = 5	2.720.670	2.011.330	232.150	267.600	86,8
1 = 1	2.488.520	1.743.730	---	---	---

Si la información generada por este estudio llegará al agricultor, seguramente preferirá el tratamiento diez, porque es donde el dinero invertido en fertilizante le está rentando más. El tratamiento cuatro es el que presenta el segundo mayor beneficio neto, pero la menor tasa marginal de retorno. Con respecto al tratamiento ocho, este ocupa el tercer lugar en beneficios netos, y el segundo lugar en la tasa marginal de retorno. Por estas razones, se deben recomendar los tratamientos diez u ocho. Sin embargo, dando importancia tanto a la rentabilidad como al componente de la sostenibilidad, el tratamiento más conveniente es el ocho, que incluyó 75 % de la fertilización química y de la dosis total de gallinaza. Además, este tratamiento mejoró las propiedades químicas, físicas y el componente bioorgánico del suelo, como se discutió anteriormente.

Conclusiones

En el suelo experimental con un contenido de materia orgánica 2,9 %, el cultivo de plátano presenta respuesta en altura y diámetro delseudotallo a la fertilización con gallinaza (3,6 kg/sitio) más fertilizante químico (Urea, DAP, KCl, MgO, Bórax) en dosis calculadas con base en el reporte del análisis químico del suelo. En las variables de desarrollo, el efecto de la adición de abonos orgánicos disminuyó el periodo de siembra a floración. El peso del racimo y otras variables de producción fueron mejores en los tratamientos que integran dentro del plan de fertilización, fuentes de origen orgánico y químico. En el cultivo experimental de plátano, se observó incremento en la producción en el segundo ciclo, comparada con la del primero.

Iguamente en estos, se observó un efecto benéfico de la aplicación de materia orgánica sobre la población de organismos del suelo, los cuales transforman algunas de las propiedades físicas e intervienen en la movilización y conservación de nutrientes. Las especies *Melolonthidae* y *Escarabaeidae*, especialmente esta última, no fueron muy frecuentes en el cultivo de plátano, por no presentar preferencia por el tejido foliar de la planta.

Los tratamientos que recibieron materia orgánica, mostraron valores bajos en las densidades, tanto real como aparente, debido posiblemente a que en este suelo, la materia orgánica aumentó el volumen del mismo. Respecto a la distribución de la porosidad, se observó que en los tratamientos sin fertilización orgánica, no existe una buena distribución de poros a través del perfil del suelo.

La adición de fuentes de materia orgánica como fertilizante, ejerce efectos positivos en las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo, sin embargo, estos efectos son lentos y más duraderos si se comparan con la fertilización química.

Para el cultivo de plátano, en suelos de baja fertilidad ($MO < 3\%$, $P < 5$ ppm, $K < 0,3$ meq/100 g de suelo), se debe aplicar fertilización orgánica y química, previo análisis de suelo, sin embargo, la aplicación de fuentes de materia orgánica, debe considerarse a corto plazo, con un acondicionamiento físico y biológico del suelo, más que un aporte significativo de nutrimentos.

Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, por aprobar mi participación en el Concurso para el "Premio Andrés Santelises In Memoriam", donde esta investigación fue nominada.

Al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

A los Doctores Fernando Vallejo y Cristina Gallego R. por la asesoría en la identificación de los organismos colectados.

Al I.A. M.Sc. Luis Armando Castilla L., por la asesoría en los análisis de las propiedades físicas del suelo.

A Gloria Inés López H. por su dedicado trabajo de digitación y presentación de este documento.

Bibliografía

- Bolaños, B., M.M. 2000. Efecto de la biota edáfica sobre la productividad de los agroecosistemas. Memorias del Simposio Biología de Suelos del Trópico. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas, Manizales.
- Bolaños, B., M.M. 2000. Manejo del suelo. Módulo IV Capacitación continuada de plátano. Corpoica - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. p. 13. Armenia – Quindío.
- Castillo, L.E.; Belalcázar C., S.; Valencia M., J.A.; Arcila P., M.I.; Espinosa M., J.; González, A. 1995. Evaluación de niveles de N.P.K. sobre el crecimiento y la producción del clon de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*). En: Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Armenia (Colombia). p. 129 –141.
- Cepeda R., J. 1993. Fertilización con abono orgánico. Seminario Taller internacional sobre fertilidad y nutrición en banano y plátano. Santa Marta, Colombia. pp. 18-22.
- Cerdá, Z., A.; Sajona, P. O.; López, A.; Sánchez, P.; Jaffé, K. 1998. Atracción Olfativa de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (*Coleóptera: Curculionidae*) estimulado por volátiles originados en musáceas de distintas edades y variedades Genómicas. *Agronomía Tropical*. (Caracas) Venezuela.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. 1998. Principales Avances en Investigación y Desarrollo Tecnológico por Sistemas de Producción Agrícola. Compilación y Edición; Duque de, MM; González, RN; Rodríguez, Q; P.A. Santafé de Bogotá. 451 p.
- Dorel, M.; N, Besson 1996. Utilisation d'engrais organiques en culture bananière. CIRAD FLHOR fort de France 27. p. 6.
- Ellies A.; Ramírez C., Mac Donald R. 1993. Cambios en la porosidad del suelo por efecto de su uso. Turrialba. San José, Costa Rica. pg. 72.
- Echeverry, M.; García, 1974. Efecto del potasio en la corrección del amarillamiento prematuro y la producción de plátano. *Cenicafé*. 25(4): pp. 95-103.
- Federación Nacional de Cafeteros. 1983. Programa de desarrollo y diversificación. Programa de producción y comercialización de plátano en el zona cafetera. Bogotá. 35 p.
- Grisales, F.; Lescot, T. 1999. Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la Zona Cafetera Central de Colombia. Boletín Técnico No.18. *Cenicafé*. 66 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Integrado, Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero. 1996. Oficina de información y estadística. Santafé de Bogotá, D.C. p.60-62.
- Montenegro, H. Y Malagón, C.D. 1990 Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Propiedades Físicas de los Suelos. Bogotá, D.E.
- Muñoz A., R. 1995. Fertilización de cultivos en clima medio. Monómeros Colombo Venezolanos. Barranquilla (Colombia). pp. 195-204.
- Orozco R., J 1998. Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo de banano. En: Producción de banano orgánico y o, ambientalmente amigable. Memorias del Taller Internacional EARTH, Guácimo, Costa Rica. 27-29 de julio de 1998. Rosales F.E.; Tripon S.C.; Cerna, J. (eds).

Sáenz B. 1988. Fertilización del cultivo de plátano. Fertilización de cultivos de clima de medio. Monómeros Colombo Venezolanos Barranquilla (Colombia). pág. 129

Vallejo, F., 2000. Funciones ecológicas de las larvas de *Melolonthidae*. Memorias del Simposio de Biología del Suelos del Trópico. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales.

Vásquez, A., N.; Sánchez, G.G. 1996. Influencia de las chisas en cultivos de arracacha en la zona de Cajamarca. Manual sobre manejo de plagas en arracacha. Corpoica, ICA, DRI. Ibagué.

Zake; J.Y. K. 1993. Soil management sustainable banana production on ferrasol om Uguanda. África Crop Science Conference, Kampala, Uguanda (06) pp. 14-18.

**Biblioteca Agropecuaria
de Colombia - BAC**



010100021240