

**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPIRITUS**  
**“José Martí Pérez”**  
**DEPARTAMENTO AGROPECUARIO**

# **Trabajo de Diploma**

*Evaluación de diferentes combinaciones organo-minerales sobre las propiedades químicas del suelo Pardo con Carbonato y el Rendimiento en la variedad de plátano FHIA-18 extradenso.*

**Autor:** *Erisbel Hernández González*

**Orientador científico:** *Ing. Leonel González Majín*

**Sancti Spíritus 2010**  
**“Año 52 de la Revolución”**

## Resumen

El trabajo se realizó en el área del Auto Consumo perteneciente a La UEB Las Nuevas en el municipio La Sierpe provincia Sancti Spíritus durante el 2008 y 2009 con los objetivos de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes combinaciones organo-minerales sobre la calidad de un suelo Pardo con carbonatos (Orthi – Calcaric Cambisol) y el rendimiento del banano “FHIA-18” en el sistema de siembra extradenso. Para ello se llevaron a cabo 3 experimentos de campo en bloques al azar con 4 réplicas. El mejor rendimiento por planta (15.84 kg) se alcanzó con el tratamiento cachaza 14 kg + ceniza 5 kg + NPK 25%, superando al testigo sin fertilización en un 34.47%, al testigo de la producción en un 32.11%, a la aplicación de ceniza 5 kg en un 17.42% y al NPK 100% en un 11,08%; resultando este tratamiento el mejor económicamente, por generar la mayor ganancia \$ 34033,44; el menor costo por tonelada producida. La aplicación de NPK 100 % disminuyó el porcentaje de materia orgánica en el suelo, contrastando con la aplicación de fuentes orgánicas (cachaza y humus) sola o combinada con fertilizante químico y ceniza. La aplicación de ceniza aumentó los niveles de fósforo y potasio asimilables en el suelo. El crecimiento de las poblaciones bacterianas se estimuló con los tratamientos organo-minerales.

## **Summary**

The work was carried out in the experimental areas of the UEB Las Nuevas in the borough La Sierpe, province Sancti spíritus during the years 2008 to 2009, with the objectives of evaluating the effect of the application of different organ-minerals combinations on the quality of the Inceptisol soil (Orthi – Calcaric Cambisol) and the yield of the banana tree "FHIA-18" in the high density system. It were carried out 3 field experiments in blocks at random with 4 replicates. The best yield for plant (15.84 kg) was reached with the treatment sugar cane filter cake 14 kg + ash 5 kg + NPK 25%, overcoming the control without fertilization in 34.47%, to the control of the production in 32.11%, to the application of ash 5 kg in 17.42% and to the NPK 100% in 11,08%; being this treatment economically the best, to generate the biggest gain \$34033,44; the smallest cost for produced ton. The application of NPK 100% diminished the percent of organic matter in the soil, contrasting with the application of organic sources (sugar cane filter and casting) alone or combined with chemical fertilizer and ash. The application of ash increased the levels of P and assimilable K in the soil. The growth of the bacterial populations was stimulated with the organ-minerals treatments.

## Índice

	<b><u>Pág.</u></b>
<i>Introducción</i> .....	3
<i>Problema científico</i> .....	4
<i>Hipótesis</i> .....	4
<i>Objetivo General</i> .....	4
<i>Objetivos Específicos</i> .....	4
<i>2. Revisión Bibliográfica</i> .....	5
<i>2.1) Generalidades del cultivo.</i> .....	5
<i>2.1.1) Sistemática:</i> .....	5
<i>2.1.2) Origen y distribución:</i> .....	5
<i>2.1.3) Comportamiento de la producción y del consumo</i> .....	6
<i>2.1.4) Importancia del cultivo:</i> .....	8
<i>2.2) Caracterización del cultivar FHIA-18: (según Álvarez, 1997)</i> .....	10
<i>2.3) Requerimientos nutricionales:</i> .....	11
<i>2.3.1) Extracción y exportación de nutrientes:</i> .....	11
<i>2.4) Fertilización:</i> .....	12
<i>2.4.1) Fertilización Nitrogenada.</i> .....	13
<i>2.4.2) Fertilización Fosfórica.</i> .....	14
<i>2.4.3) Fertilización Potásica.</i> .....	14
<i>2.4.4) Peculiaridades de la nutrición Cuba:</i> .....	16
<i>2.4.5) Situación actual de los fertilizantes minerales en Cuba:</i> .....	16
<i>2.5) La Materia Orgánica en el Suelo:</i> .....	17
<i>2.5.1) Importancia de la Materia Orgánica en el suelo:</i> .....	18
<i>2.5.2) Utilización de Abonos Orgánicos:</i> .....	20
<i>2.5.3) Otras enmiendas del suelo:</i> .....	24
<i>2.6) La fertilidad natural del suelo:</i> .....	25
<i>2.7) La calidad del suelo:</i> .....	25
<i>3. Materiales y Métodos</i> .....	27
<i>3.1) Ubicación y descripción del área de estudio</i> .....	27
<i>3.2) Características del suelo en estudio</i> .....	27
<i>3.3) Experimentos desarrollados.</i> .....	27
<i>3.4) Agrotecnia del cultivo</i> .....	29
<i>3.5) Momentos de muestreo del suelo</i> .....	29
<i>3.6) Análisis químico del suelo.</i> .....	30
<i>3.7) Evaluaciones realizadas en campo y postcosecha</i> .....	30

<i>3.8) Análisis Microbiológico del Suelo.</i> .....	31
<i>3.9) Procesamiento estadístico:.</i> .....	31
<i>3.10) Valoración económica</i> .....	32
<i>4. Resultados y Discusión</i> .....	33
<i>5. Conclusiones</i> .....	44
<i>6. Recomendaciones</i> .....	45
<i>Bibliografía</i> .....	46

## 1 Introducción

El cultivo de plátanos y bananos en Cuba, es de gran importancia ya que constituye un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional y es una garantía de la seguridad alimentaria que se puede alcanzar. Este cultivo es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado, debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su potencial productivo, a arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos; lo que justifica su considerable extensión y distribución en todo el país.

En los países en vías de desarrollo de los trópicos y subtrópicos, los plátanos y bananos (*Musa spp.*) se ubican en el cuarto renglón de los alimentos de gran demanda, dependiendo de ellos más de 400 millones de personas.

El cultivo demanda de elevados requerimientos nutritivos, sobre todo de Potasio y Nitrógeno, para obtener altos y estables rendimientos en el tiempo, que si no se le suministran al mismo los elementos nutricionales necesarios pueden llegar a esquilmar el suelo o no lograrse su rendimiento potencial. Actualmente no se pueden cubrir sus necesidades nutritivas debido a las limitaciones con la disponibilidad de fertilizantes químicos, al reducirse las mismas en más del 90 % para el cultivo y no poseer, en Cuba, yacimientos de sales potásicas, además de su encarecimiento en divisas, el déficit de éstas y la competencia con otros cultivos de mayor prioridad por constituir estos últimos las principales fuentes de divisas del país como los cítricos y el tabaco.

Las limitaciones con los fertilizantes químicos en el país, que solo llegan a suplir alrededor del 25% de las necesidades nutricionales del cultivo, obligan a tener en cuenta otras variantes de fertilización, para suministrarle a éste y al suelo los nutrientes necesarios.

Los suelos Pardo con carbonatos se encuentran bien extendidos en el territorio nacional ocupando alrededor del 16% de los suelos agrícolas del país. Los mismos no escapan a la degradación que continúa ocurriendo en los suelos cubanos, donde el 76.8 % del área lo constituyen suelos de poca a muy poca productividad; impidiendo entre otros factores limitantes, que los cultivos puedan alcanzar los rendimientos potenciales, por lo

que es necesario aplicar las medidas de mejoramiento de suelos para aumentar su productividad.

Teniendo en cuenta lo expuesto anterior mente se determina el siguiente:

### **1.1 Problema científico:**

Cómo mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo para el cultivo de banano FHIA-18 en la UEB Las Nuevas.

Debido a esto se plantea la siguiente:

### **1.2 Hipótesis**

La aplicación de diferentes combinaciones organo-minerales pudieran constituir una alternativa para la fertilización del banano cultivar FHIA-18 en un sistema de siembra extradenso, que mejore su calidad y rendimiento.

Es así que nos proponemos los siguientes objetivos:

### **1.3 Objetivo General**

1. Evaluar la aplicación de diferentes combinaciones organo-minerales sobre las propiedades químicas en un suelo Pardo con carbonatos sobre el rendimiento del banano "FHIA-18" en un sistema de siembra extradenso.

### **1.4 Objetivos Específicos**

1. Determinar la influencia de los tratamientos sobre las características químicas del suelo.
2. Evaluar la influencia de los tratamientos sobre algunos parámetros de crecimiento, desarrollo y rendimiento del banano FHIA-18.
3. Evaluar la influencia de los experimentos sobre la población microbiológica del suelo.
4. Valorar económicamente los resultados obtenidos.

## **2. Revisión Bibliográfica**

### **2.1) Generalidades del cultivo.**

#### **2.1.1) Sistemática:**

La clasificación actual de los plátanos fue propuesta por Cronquist en 1988 (citado por Díaz, 2005) de la siguiente forma:

Clase: *Monocotiledóneas*

Orden: *Zingiberales*

Familia: *Musáceae*.

Género: *Musa*

Sección: *EuMusa*

Especies: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*

El género *Musa* está dividido en cuatro secciones, *CalliMusa*, *AustraliMusa*, *EuMusa* y *Rhodochlamusa*. Todos los cultivares de bananos y plátanos han surgido de las especies de la sección *EuMusa*, que a su vez es la mayor y la más ampliamente distribuida geográficamente del género. La sección contiene once especies pero la mayoría de los cultivares son derivados de *Musa acuminata* (genoma A) y *Musa balbisiana* (genoma B). Los frutos maduros comestibles del diploide *Musa acuminata* (AA) surgen como resultado de mutaciones espontáneas. El cruzamiento espontáneo entre estos diploides comestibles y los parentales silvestres resultó en la formación de la esterilidad, híbridos comestibles, con el genoma AB, AAB, ABB, AAAB, entre otros. Estos grupos genómicos diferentes contribuyeron a la diversidad de los bananos comestibles, en existencia hoy (*MusaDoc*, 2000).

#### **2.1.2) Origen y distribución:**

El género *Musa* se considera originario de la península Malaya en Asia, como probable centro de origen primario, tanto de *Musa balbisiana* como de *Musa acuminata* cuyos cruzamientos dieron origen a todas las variedades comestibles conocidas en América (Belalcázar, 1991).



La distribución de los plátanos y bananos comestibles fuera de Asia se cree que pudiera haber sido desde Indonesia cruzando el Océano Indico hasta Madagascar, posteriormente introducido al Este de África, Zaire y Oeste de África, donde obviamente ocurrieron mutaciones, resultando un gran número de clones. Los Portugueses transportaron los bananos del Oeste de África hasta Islas Canarias (Robinson, 1996). En cuanto a la introducción a América, el cronista Oviedo sostiene que el plátano fue llevado desde La gran Canaria a Santo Domingo por Fray de Berlanga en 1516 y de ahí a Cuba (López, 1989).

### 2.1.3) Comportamiento de la producción y consumo:

Los bananos y plátanos se consideran el producto frutícola “número uno” en el mundo en términos de producción internacional FAOSTAT (2006).

Tabla 1. Producción nacional e internacional de plátano y banano en Miles de toneladas métricas.

	<b>BANANOS</b>	<b>PLATANOS</b>
NACIONAL	460.000	770.000
MUNDIAL	72 464. 562	33 407.921

Fuente: FAOSTAT (2006).

De toda la producción mundial, solamente el subgrupo Cavendish (AAA) ocupa el 41% y un tercio de éste, es con destino al mercado mundial (INIBAP, 1999).

En África este cultivo da alimento básico para más de 100 millones de habitantes, fundamentalmente en los altiplanos de África del Este y en las zonas tropicales húmedas de África Occidental y Central. En países como Uganda, Burundi y Ruanda se realiza el mayor consumo mundial promedio para un año (250kg/ habitante). En los altiplanos del Este de África también se hace cerveza de banano con bajo contenido de alcohol (INIBAP, 2004).

Según Nkendah y col., (2003) citado en MusaDoc (2004) el volumen de producción comercializado en algunos países de África varía, destacándose Camerún, entre los

países africanos suministradores de plátanos a Europa, con una escasa producción que no sobrepasa el 1% del total del continente, exportó en el año 2000 el 37% de su producción y obteniendo 73 000 millones de Francos (Temple y col., (2001) citado en MusaDoc (2004); gran parte del resto de su producción es dedicada al comercio interregional a países de África Occidental y Central como Burkina Faso, Malí, Senegal, Gabón, Congo y Guinea Ecuatorial. Sin embargo en países vecinos como Gana la cifra alcanzó hasta un 81% de la producción nacional.

En Asia y el Pacífico es la fruta más producida en países como Filipinas, Tailandia, Indonesia, India; donde el 95% de la producción anual (25 millones de toneladas) se consume o comercializa localmente. La India es el mayor productor mundial y consume tantos bananos como el resto del mundo exporta todos los años y en Malasia ocupa el segundo lugar. Esta región es el centro de diversidad y se cultivan muchas variedades. En pequeños negocios se producen diversos productos a partir del banano, proporcionando una fuente adicional de empleo (MusaDoc, 2004).

En América Latina y el Caribe se produce bananos para exportar, pero solo representa el 35% de la producción total, porque se cultivan grandes cantidades para el consumo local exclusivamente. Es una gran fuente de ingresos para los pequeños productores por la venta de bananos y de empleo para los trabajadores agrícolas de la región (MusaDoc, 2004). Solvedilla, (2004) plantea que la exportación de plátano orgánico se perfila como el producto estrella de este renglón económico para Perú. Brasil es uno de los principales productores de banano del mundo con más de 500 mil hectáreas de plantaciones y con más de 6.5 millones de toneladas al año. El estado brasileño de Santa Catarina es uno de los principales productores de banano de Brasil con una producción anual cercana a de 660 mil toneladas (Acorbat, 2006). En Colombia se cultiva el plátano en 400 000 hectáreas, con una producción de 2 970 000 ton / año, de las cuales el país consume el 96% y exporta el 4% (ICA, 1991), (Lescot y col., 1992 citado por Herrera y col., 2003). Esta misma fuente señala que es cultivado por pequeños agricultores y la producción se basa en una amplia gama de variedades importadas localmente y en muchas áreas esta producción está disminuyendo por la aparición de algunas plagas y enfermedades, ejemplo la Sigatoka negra que provocó que el rendimiento bajara de 7,2 t/ha a 6 t/ha.

En Cuba, el cultivo es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado, constituyendo un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su potencial productivo, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos (Rodríguez, 2000). Por este motivo se hacen grandes esfuerzos por aumentar las áreas destinadas a él, en todo el país.

#### **2.1.4) Importancia del cultivo:**

Los historiadores agrícolas creen que los bananos se encontraban entre las primeras plantas domesticadas por el hombre, empleándose de diversas formas desde la antigüedad.

En los países en vías de desarrollo se ubica en el cuarto renglón de la categoría de productos alimentarios de gran demanda, después del arroz (*Oryza sativa* L.), el trigo (*Triticum aestivum* L.) y la leche (FAO, 2001); el 90% se cultiva por pequeños agricultores para el consumo familiar y comercio local.

Más de 400 millones de personas que viven en países en vías de desarrollo de la zona tropical y subtropical dependen de ellos como un alimento básico, consumido en diferentes preparaciones y un importante producto para la venta local e internacional (FAO, 1999).

Los bananos prosperan en una gran diversidad de ambientes y producen frutos todo el año, propiciando alimento de forma continua. También se adapta bien a los policultivos y a la asociación agricultura – ganadería. Además son utilizados para brindar sombra a grupos de cultivos, incluyendo el cacao, el café, la pimienta negra y la nuez moscada. Los bananos y los plátanos proporcionan gran cantidad de energía (90 cal. /100 g.) y no contiene colesterol. Su aporte de potasio es mayor que los requerimientos diarios de un adulto (380mg.) Es la mejor fuente fresca de vitamina B<sub>6</sub> y es una buena fuente de vitaminas como la vitamina A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C, minerales como magnesio, calcio, potasio y fósforo. Por lo tanto ellos proveen un alimento básico de buena calidad, y debido a su fácil digeribilidad por ser su composición química similar a la mucosa del revestimiento del estómago y son nutricionalmente similares a la papa, tienen gran importancia en muchos países del primer mundo en la nutrición de los infantes. También tiene un

efecto suavizante en el tratamiento de úlceras gástricas y diarreas. Por el alto contenido de Vitamina B<sub>6</sub> ayuda a aliviar el estrés y la ansiedad (MusaDoc, 2000).

### **Uso como alimento**

Los bananos dulces de postre pueden consumirse crudos. Los bananos de cocción o plátanos se hierven, se hacen al vapor, se fríen en tajadas o se asan. En algunas partes de Uganda, las tajadas secas de la fruta verde se almacenan para los tiempos de hambruna. Los higos dulces de banano se preparan en muchas partes de los trópicos secando la fruta madura. En los trópicos se pueden hacer la harina de banano secando y moliendo frutas verdes o maduras, para elaborar galletas y pasteles. Los bananos triturados pueden ser congelados para utilizarlos luego en batidos con leche, pasteles y helados. En Filipinas, el “ketchup” de banano es muy usado y se vende comercialmente (MusaDoc, 2000).

### **Producción de alcohol**

En África Central y Oriental, el jugo de la fruta madura de las variedades conocidas como “bananos de cerveza” se toma fresco o se fermenta para hacer una bebida con bajo contenido alcohólico. La cerveza es importante desde el punto de vista de la nutrición y es rica en vitamina B debido al contenido de levadura.

Los bananos también pueden ser utilizados en la producción de alcohol (etanol) comercial o medicinal (MusaDoc, 2000).

### **Uso medicinal**

En África, las cáscaras trituradas de los bananos maduros se utilizan para hacer un cataplasma para heridas y, debido a que la parte interior de la cáscara tiene propiedades antisépticas, se le puede aplicar directamente a las heridas o cortadas en un caso de emergencia.

En Australia, los bananos se conocen como el ‘alimento de buen humor’, ya que el alto contenido de vitamina B<sub>6</sub> puede ayudar a aliviar el estrés y la ansiedad.

En los EEUU un extracto natural del pseudotallo, patentado bajo el nombre de *CellQuest*, se vende como un suplemento de dieta y ayuda a prevenir o curar el cáncer (MusaDoc, 2000).

### **Fuente de fibra**

Los bananos y plátanos son fuente de una fibra que se usa extensamente en la manufactura de ciertos tipos de papel, particularmente donde se requiere una gran fuerza. Ejemplo, el papel se usa para hacer bolsas de té y papel moneda japonés (Yen). También tiene aplicación en la fabricación de sogas, cuerdas e hilos y en la producción de numerosas artesanías (MusaDoc, 2000).

### **Otros usos**

En el Sudeste de Asia, las hojas de banano se utilizan como platos biológicos desechables. En muchos países de África y Asia, las hojas de banano también se usan para los techos, envoltorios de alimentos durante la cocción y como tazones y manteles sobre la mesa y como sombrillas. El almidón extraído del pseudotallo de banano y plátano se utiliza para fabricar goma. Las semillas de los bananos silvestres se utilizan para hacer collares y ornamentos en Nueva Guinea. La savia del banano puede ser utilizada como tinte. (MusaDoc, 2004)

## **2.2) Caracterización del cultivar FHIA-18: (según Álvarez, 1997)**

**Pseudotallo:** ligeramente cilíndrico, de coloración verde claro con tonalidades rojizas más predominantes que el FHIA-02. Presenta manchas poco abundantes en la parte media.

**Vainas inferiores:** exteriormente son verdes claras con tonalidades rojizas.

**Disposición de las hojas:** ligeramente péndula.

**Parte apical de la hoja:** normal.

**Entrenudos:** largos.

**Pecíolo:** abierto, la coloración del borde es verde aunque los hijos pueden tener una sola banda fina de color rojo.

**Forma de raquis:** ligeramente acodado.

**Persistencia de las flores masculinas:** generalmente limpias más que el FHIA-02, aunque algunas plantas pueden presentar algunos vestigios florales.

**Coloración interna de las brácteas:** rojo mate con tendencia al morado pero predominando más el rojo brillante.

**Pámpana o bellota:** larga con hombros anchos, relación 1a 1.38.

**Racimo:** casi cilíndrico.

**Coloración de los dedos:** verde.

**Curvatura de los dedos:** ligeramente rectos, índice de curvatura 1.17.

**Punta de los dedos:** normal.

**Genotipo:** AAAB.

## **2.3) Requerimientos nutricionales:**

### **2.3.1) Extracción y exportación de nutrientes:**

El Nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la nutrición del cultivo del banano, ya que se encuentra en cantidades muy pequeñas en el suelo, que no suplen las necesidades de la planta, por lo que se deben incluir en los planes de fertilización. El Potasio es el elemento nutritivo de mayor importancia para el cultivo del banano desde el punto de vista cualitativo, debido a que este es el elemento que la planta requiere en mayor cantidad, siendo las mismas 3 veces superiores a las del Nitrógeno, de 3 a 5 veces mayores que las del Calcio y de 7 a 15 veces mayores que las de Magnesio. ( $K > N > Ca > Mg > P$ )(García y col. 1977), citado por Díaz, (2005). El suelo puede suplir altas cantidades de K, pero como las necesidades son muy altas es indispensable en los planes de fertilización (Marchal y col., 1979) (citado por López, 1998). Se estima que 70 t de frutas extraen 500kg de  $K_2O$  (Segura, 2003). La aplicación de P, S, Ca, Mg y microelementos es conveniente en áreas con déficit de los mismos. García y col. 1977(citado por Díaz, 2005).

Tabla # 2: Extracción y exportación de nutrientes los grupos de fruta y burros.

GRUPO	CONCEPTO	N	P	K	Ca	Mg
		(g / planta)				
FRUTA (AAA)	Extracción	171.8	16.5	537.8	91.7	34.9
	Exportación	64.2	7.4	203.0	4.4	10.3
BURROS (ABB)	Extracción	88.2	18.2	407.2	113.6	27.4
	Exportación	37.2	9.9	100.0	19.3	7.1
VIANDAS (AAB)	Extracción	106.7	7.7	369.6	72.2	25.6
	Exportación	35.2	3.4	116.0	9.3	4.8

Fuente: García y col. 1977(citado por Díaz, 2005)

#### 2.4) Fertilización:

Un adecuado balance entre la disponibilidad de los elementos en el suelo y las cantidades suministradas a través del proceso de fertilización, es fundamental no solo para alcanzar rendimientos económicos, sino también para racionalizar el uso de los factores de producción, Belalcázar (1991).

La fertilización es una práctica necesaria para mantener la productividad del cultivo del banano “cv. Cavendish”, altamente tecnificado, debido a que las necesidades nutricionales son muy grandes si se comparan con las de otros cultivares del genero *Musa*. Indica además que del 15 - 17 % de los costos totales de la producción se deben a la fertilización (López, 1998).

#### **2.4.1) Fertilización Nitrogenada.**

López (1997) refiere que dado el contenido tan bajo de Materia Orgánica de los suelos cubanos (por lo general menor que el 3 %) es conveniente hacer una aplicación de esta al suelo a razón de 44 ton/ha, pudiéndose utilizar guano de murciélago, gallinaza, estiércol, cachaza, entre otros., incorporándola durante las labores de preparación del suelo. En las plantaciones de fomento de fertilizante nitrogenado y potásico se aporta en dos aplicaciones, la primera a los 45 días de forma manual o mecanizada, a una distancia de 50-60cm del plantón a ambos lados y la segunda a los 5 ó 6 meses a voleo. En las plantaciones de producción hay plantas en todas las fases fenológicas posibles y es imposible aplicar fertilizante según el desarrollo, se aplican nitrógeno y fósforo en abril -junio, la primera vez y la segunda vez de julio - septiembre. El formulado se aplica en octubre-diciembre.

La aplicación de Nitrógeno a un plantación cuando lo requiere se traduce generalmente a favor del crecimiento vegetativo, aumentando la altura, el perímetro del seudotallo, el área foliar, así como en la velocidad de salida de las hojas y sus efectos sobre los rendimientos se manifiestan al aumentar el número de manos y el peso sobre los racimos (Champion, 1966; Jacob y col., 1968; Oschatz, 1968; Simmonds, 1973) (citado por Díaz, 2005).

En Cuba estudios realizados por García y col. 1980 (citado por Díaz, 2005) refieren que los rendimientos máximos están asociados a dosis entre 75 y 300g /plantón sin que se encuentren respuestas positivas a dosis mayores.

Herrera (1974) (citado por Díaz, 2005) plantea que un alto por ciento de los suelos ecuatorianos eran deficientes de Nitrógeno lo cual explica las altas respuestas encontradas con dosis de 160a200 Kg. /ha.

En las condiciones de Camerún las aplicaciones de 450kg. /ha en un fondo elevado de potasio incrementaron los rendimientos con relación a la utilización de 250kg. /ha (Melin 1970) (citado por Díaz (2005).

En Costa Rica por varios años se estudió diferentes dosis de nitrógeno y se demostró que con 320kg de N /ha/año, usando urea como fuente nitrogenada y fraccionando en 8 aplicaciones al año esta dosis, se obtuvo la mayor productividad y sostenibilidad



consistentemente (Herrera, 1989) (citado por López, (1998) estudió diferentes dosis de fertilización en el banano “cv. Cavendish” y concluyó que con la aplicación de 320kg de N /ha/año se obtiene 700 cajas/ha/año más que en el tratamiento sin N.

(Marchal y col., 1979) (Citado por López, 1998) señalan que el cultivo requiere 126.2kg de N /ha/año.

#### **2.4.2) Fertilización Fosfórica.**

El Fósforo tiene importancia desde el punto de vista cualitativo, pero cuantitativamente varía mucho en dependencia del cultivo. El cultivo de plátanos y bananos requiere de bajas cantidades de Fósforo por lo que las deficiencias de el mismo en condiciones de campo es un caso excepcional a nivel internacional.

En Cuba se ha estudiado poco la respuesta a este elemento, pero los resultados obtenidos han mostrado la falta de respuesta a la fertilización con el mismo (García y col., 1998). Por estas razones las dosis que se emplean son generalmente bajas, haciendo con mucha frecuencia aplicaciones a largo plazo (una vez para varios años). (Rodríguez, 1980 citado por Díaz, 2005) recomienda de 112 a 125kg. /ha de  $P_2O_5$ .

#### **2.4.3) Fertilización Potásica.**

La United Fruit Company en plantaciones de América Central aplicando solo Nitrógeno en suelos muy ricos, sobre todo en potasio, mediante un método de explotación extensivo (cambios frecuentes de área cada tres o cuatro años) hicieron pensar que solo con Nitrógeno se puede obtener altos rendimientos.

En suelos menos ricos de Guinea, Taiwán, Camerún, Martinica, Jamaica, Guadalupe y Costa de Marfil la sola aplicación de Nitrógeno no era capaz de garantizar rendimientos estables y elevados en el cultivo. El amarillamiento prematuro de las hojas “amarillamiento prematuro” es una enfermedad que afecta a Jamaica y otras zonas, se debe al déficit de Potasio (Haselo, 1961 y García, 1970 citado por Díaz, 2005). Actualmente es una de las deficiencias que con mayor frecuencia se observa en plantación.

Las dosis varían mucho, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas, en específico del tipo de suelo y el contenido de Potasio original, así como del contenido de Calcio, Magnesio y Manganeso presentes en el mismo. En Camerún (Haselo, 1961) (citado por Díaz, 2005) reportó incrementos en el rendimiento de la plantación con la aplicación de 290a 450kg. /ha de  $K_2O$  al año durante 3 años con relación al periodo donde solo utilizaban Nitrógeno. Dumas, 1960 (citado por Díaz, 2005) recomienda dosis de 200a280 kg. /ha de  $K_2O$  anualmente. Marchal y col., (1979) (citado por López, 1998) señalan que se requieren 399kg /ha/año de Potasio. Pelegrín (1953) (citado por Díaz, 2005) recomienda usar 400 kg/ha de  $K_2O$  en plantaciones jóvenes y 450kg/ha de  $K_2O$  para las plantaciones en plena producción de Martinica. Lavah (1978) (citado por Díaz, 2005) reporta que para las condiciones de Israel, se produjo un incremento del 11 al 28% al aplicar dosis de 480a 960kg / ha de  $K_2O$ .

López y col., (1998) como resultado del estudio de tres fuentes de K con diferentes dosis de aplicación, encontraron que la dosis óptima de este elemento están entre 600 - 750kg de  $K_2O$  con la obtención de 400 – 500 cajas/ha/año más que con el tratamiento sin K.

En los suelos de Tenerife (Canarias) que poseen una fertilidad elevada y fundamentalmente ricos en potasio se hacen altas aplicaciones por parte de los productores (250a1000 Kg. /ha de  $K_2O$ ) (García, 1977 citado por Díaz, 2005). Los excesos de Potasio pueden conducir a fuertes desequilibrios en plantación, sobre todo con el Nitrógeno y el Magnesio.

En Cuba los estudios realizados por García y col., (1977) han puesto de manifiesto la importancia del Potasio en los suelos ferralíticos rojos dedicados al cultivo de plátanos y bananos.

Para las condiciones de nuestro país las dosis se basan en:

- Las altas exigencias de Potasio del cultivo.
- Los bajos contenidos de Potasio intercambiable y de las reservas del suelo.
- Los altos contenidos de calcio y magnesio que bloquean la entrada de Potasio a la planta.

- Las dosis estarán determinadas por el contenido inicial del suelo (Potasio intercambiable y las relaciones catiónicas existentes  $K / K+ Mg+ Ca$ ).

#### **2.4.4) Peculiaridades de la nutrición en Cuba:**

En nuestro país el proceso nutricional normal del plátano y el banano se encuentra limitado por:

La falta de riego (solo el 25% del área total se riega), quedando el resto del área a expensas del régimen de lluvias, muy mal distribuido en el año con 1375mm como promedio anual; cuyo 75% cae en los meses de mayo – octubre y el otro 25% en los meses entre noviembre y abril, provocando una prolongada sequía.

Fertilización armónica y estable con Nitrógeno y Potasio, en dosis que oscilan en correspondencia con las reservas del suelo entre 75 y 300 gramos de N y 400 y 1000 gramos de  $K_2O$  por unidad de producción. Estas necesidades no pueden ser cubiertas con aplicaciones unilaterales de fertilizantes minerales, porque provocarían una aceleración de la acidificación del suelo y la pérdida de la materia orgánica y las bases, además de la contaminación del manto freático en la región Occidental y un agravamiento de la salinidad en los suelos orientales.

La aplicación de Materia Orgánica constituye una premisa imprescindible para la protección y recuperación de los suelos, para aliviar los problemas de salinidad, mal drenaje y el régimen hídrico de los mismos (García y col., 1998).

#### **2.4.5) Situación actual de los fertilizantes minerales en Cuba:**

En la década del 90 se empiezan a sentir los efectos económicos de la desaparición de los mercados socialistas. En la agricultura el empleo de fertilizantes minerales disminuyó abruptamente hasta un 30% (Ruiz, 2004).

En los plátanos y bananos la reducción fue de consideración, dejándose de aplicar anualmente 50 mil toneladas de KCl, 20 mil de Urea y 10 mil de Fórmula Completa, trayendo como consecuencia drásticas reducciones en los rendimientos de este cultivo (Álvarez, 2001).

## **2.5) La Materia Orgánica en el Suelo:**

La Materia Orgánica del suelo es uno de los recursos naturales más importantes y desde la antigüedad se reconoce como un agente primordial de la fertilidad natural del suelo (Pérez, 2000) y (Giner, 2004).

La Materia Orgánica constituye solo un por ciento del peso del suelo (1 – 6 %), la cantidad y tipo de la misma influye en casi todas las propiedades que se atribuyen a la calidad del suelo (Magdoff, 1997) y puede variar en el suelo desde 1.5 hasta 4.5 %, esto representa entre 45 y 135 t. /ha de Materia Seca (Kolmans y col., 1999). También forma parte de del ciclo del Nitrógeno, Fósforo y Azufre, resultando un elemento favorecedor en la composición química, física y biológica del suelo (Vicente, 2003).

Kolmans y col., (1999) y Pérez, (2000) plantea que la Materia Orgánica está formada por los residuos animales y vegetales del suelo, que en condiciones favorables son descompuestos y transformados por los organismos del suelo, perdiendo su estructura original. Esta actividad está condicionada por la planta, la cual al morir alimenta al edafón y a continuación de su actividad mineralizadora, le son devueltos al suelo los nutrientes extraídos; contribuyendo todo a crear un ciclo vegetativo. La transformación está influenciada por las condiciones ambientales, así como por las características físicas y químicas.

La Materia Orgánica presente en el suelo, está compuesta por restos aún no descompuestos de tejidos vegetales y animales, la biomasa o conjunto de microorganismos vivos del suelo y el humus (Giner, 2004).

Stevenson, (1994) define al Humus como una fracción de la Materia Orgánica que engloba a un grupo de sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistentes al ataque microbiano, de alto peso molecular, de naturaleza coloidal y de propiedades ácidas. En su descomposición hay dos grupos de sustancias las húmicas y las no húmicas.

Kolmans y col., (1999) definen al humus como el resultado de la descomposición de la Materia Orgánica debido a la actividad del edafón, que solubiliza y libera los nutrientes para ser absorbidos por la planta. En nuestras condiciones la tasa de acumulación de

humus en el suelo es baja, por lo que se debe fomentar el reciclaje intensivo de la Materia Orgánica.

### **2.5.1) Importancia de la Materia Orgánica en el suelo:**

La importancia de la Materia Orgánica en el suelo ha sido reportada por muchos autores desde varios puntos de vista y puede mejorar la fertilidad del suelo a través de su efecto sobre las diversas propiedades del mismo:

La Materia Orgánica tiene efectos sobre las propiedades físicas como son mejoramiento de la estructura del suelo incidiendo en la relación agua – aire de la rizófera (Piccolo y col., 1997) (citado por Giner, 2004), permite la agregación de las partículas, favorece la estabilidad y la estructura física del suelo (Vicente, 2003). También aligera la porosidad y la aireación (Uranga, 1999)

Ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo, a retener los nutrimentos y proveer de sustancias nutritivas a las raíces de la planta (N, P, S y otros) (Varanini, 1995) (Citado por Giner, 2004); aumenta de la capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y de la capacidad amortiguadora o Tampón – pH del suelo (Barón y col., 1995), fijando, equilibrando y aportando los nutrientes (Uranga y Erburu, 1999) según las necesidades de las plantas. Hace que los nutrientes sean alcanzables para las mismas, presentándolos disponibles en forma ideal en cuanto a su variedad y concentración. Además regula la energía.

En los suelos ácidos impide la fijación del Fósforo y neutraliza el efecto tóxico del Aluminio.

Aliada con las arcillas incrementa su capacidad de infiltración y retención de agua de forma óptima. Este aspecto es muy importante en la época de seca y sobretodo en las zonas áridas.

También tiene efectos fisiológicos sobre la planta como son la absorción de sustancias húmicas, la absorción y el contenido de nutrientes, el crecimiento del sistema radicular, el desarrollo de la parte aérea de la planta. (Giner, 2004). Facilita también un mayor grado de exploración y actividad del sistema radicular (Montesinos, 1998). Incrementa la actividad microbiana del suelo (Ocio y col., 1990) (citado por Giner, 2004).

Formación de complejos estables con  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y otros cationes polivalentes y aumenta así la cantidad de micronutrientes para las plantas (Albuzco y col., 1994) (citado por Giner, 2004).

Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadores de nutrientes (Varanini, 1995) (citado por Giner, 2004).

Oscurecimiento del suelo, de manera que facilita su calentamiento (Gallardo, 1980) (citado por Giner, 2004).

Su combinación con plaguicidas puede afectar su actividad biológica, persistencia y biodegradación (Hunchak – Kaiouk y col., 1994; Deschauer y col., 1994; Carlsen y col., 1994) (citado por Giner, 2004).

Para lograr estos aportes al suelo hay que hacer grandes aportes de Materia Orgánica de buena calidad. La aplicación de Materia Orgánica estabilizada en el suelo promueve una intensa actividad microbiana, la capacidad de intercambio de Nutrientes, el equilibrio del agua y la estructura del suelo. Tiene como resultado positivo que las áreas de cultivo están menos propensos a la erosión y tienen una mejor retención de los nutrientes del suelo y un mejor desarrollo de los cultivos, contribuye finalmente a mejorar la eficiencia de los fertilizantes inorgánicos sobre la cosecha y hace más económico el uso de estos últimos (López, 1997).

La Materia Orgánica según Jaramillo, (2000) en sus diferentes formas tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo, en las que se relacionan con la evolución del mismo pueden destacarse: color, retención de humedad, buena estructura, mejora la capacidad de intercambio catiónico, el pH se hace menos ácido, aumenta la disolución de minerales, formación de compuestos órgano-minerales y aumenta la cantidad de microorganismos.

La Materia Orgánica es importante en la recuperación, conservación y el mejoramiento de los suelos y su capacidad agroproductiva (Cabrera y col., 2000).

Los contenidos de Materia Orgánica del suelo están relacionados de forma cuantitativa y directa con los componentes de desarrollo y rendimiento del cultivo (Cabrera y col., 2000).

Se ha comprobado que los suelos con suficiente contenido de Materia Orgánica inhiben la propagación excesiva de gérmenes patógenos naturales del suelo y mantienen las poblaciones de microorganismos en equilibrio este potencial de resistencia puede ser diferenciado entre efectos antagónicos o antibióticos, competidores y parásitos. La flora de la rizósfera y las micorrizas desempeñan en ello un papel muy importante (Kolmans y col., 1999).

### **2.5.2) Utilización de Abonos Orgánicos:**

Los fertilizantes orgánicos aportan al suelo cantidades considerables de Materia Orgánica, mejora las condiciones físicas del suelo, aumenta la actividad microbiológica, regula el exceso temporal de sales minerales y sustancias tóxicas debido a su capacidad de absorción Incrementa la fertilidad del suelo, evita la pérdida de nutrientes por lixiviación, aporte reducido de nitratos y menos contaminación de los acuíferos. A los cultivos nutrientes asimilables en forma orgánica (contiene numerosos nutrientes sobre todo N, P, K, y en menores proporciones Mg, Na y S entre otros) y mejora las condiciones organolépticas de la fruta. La Materia Orgánica tiene un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de nemátodos fitopatógenos, lo que es positivo para la formación de un sistema radical sano vigoroso.

Los fertilizantes orgánicos ejercen un efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y cuando se utilizan correctamente, elevan la productividad de los cultivos agrícolas. Sirven como fuente de nutrientes para las plantas, ya que al aplicarlos al suelo, entran al mismo todos los macro y micronutrientes indispensables para la planta (FAO, (1987) citado por Rodríguez, (2002).

Los abonos orgánicos tienen un mayor beneficio que el simple valor nutricional, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo no son suficientes para la reposición de los nutrientes extraídos por los cultivos del campo en la cosecha. El uso de fertilizantes minerales es esencial para mantener la fertilidad del suelo y lograr incrementos en la producción (IFA, 1996).

En la agricultura se han utilizado muchas alternativas orgánicas como son: compost, vermicompost, humus de lombriz, guano de murciélago, cachaza, gallinaza, estiércoles, abonos verdes, residuos industriales, etc. Su utilidad ha sido comprobada por

innumerables autores y países: Godefroy, (1959) (citado por García y col., 1998) reportó efectos positivos en el empleo de arroyo o mulch con abono verde (200 tn/ ha), compost o paja (100 tn/ ha), estiércol (70 – 80 tn/ ha), pulpa de café (40 – 50 tn/ ha). Anon y col., (1973) (citado por García y col., 1998) obtuvieron favorables con el uso de pergamino de café (64 tn/ ha) y cacao (80 tn/ ha). Lavah (1978) (citado por García y col., 1998) en Israel con compost, estiércol y gallinaza a razón de 30- 60 m<sup>3</sup>/ ha obtuvo similares resultados. Tarte, (1994) señaló que el principal cambio en la producción de abonos orgánico es la reducción del uso indiscriminado de agroquímicos tóxicos al medio ambiente.

La utilización de abonos orgánicos es una práctica muy utilizada en muchas zonas bananeras del mundo, debido a su efecto positivo en las propiedades físicas, químicas y biológicas. Lavah (1973) (citado por López, 1998) en experimentos conducidos en Israel encontró un incremento del 33% de la productividad de 44 kg/ planta/ año con el uso de 80 t./ha/año de Materia Orgánica combinada con la aplicación de fertilizantes. Lavah y col., (1992) (citado por López, 1998) mencionan el uso de hasta 500 tn /ha/año de Materia Orgánica

Los abonos orgánicos incrementan las formas orgánicas e inorgánicas de los nutrientes asimilables de los suelos, también influyen favorablemente en las propiedades físicas de los suelos como la formación de agregados estables y la retención de humedad. También incrementan la actividad biológica de los suelos.

Yagodín (1986) y Cabrera (1988) (citado Caballero y col., (2000) por la fuente anterior) plantean que los abonos orgánicos son ricos en elementos biológicos, aportan gran cantidad de microorganismos al suelo. Su uso permite ahorrar fertilizantes y un incremento en la producción de una gran cantidad de cultivos (Gandarilla, 1988) (citado Caballero y col., (2000).

El empleo de abonos orgánicos optimiza la producción de hortalizas y logra una mejor preservación del agroecosistema (Rodríguez, 2002).

Corrales y col., (2000) señalan que las aplicaciones de abonos orgánicos ayudan a mejorar las condiciones del suelo para un mejor desarrollo de los frutales.



Los abonos verdes son plantas que protegen el suelo durante su ciclo vegetativo y al ser incorporados mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas, aumentan los contenidos y disponibilidad de nutrimentos y la actividad de los microorganismos, incluyendo los hongos formadores de micorrizas (HMA) (Pereira, 1998), favoreciendo el desarrollo de los cultivos posteriores (Álvarez, 1995; García, 1997).

#### **a) Humus de lombriz:**

El humus de lombriz es el producto final de la degradación de los materiales orgánicos que hacen las lombrices de tierra y es una fuente de Materia Orgánica, con un alto contenido de nutrientes y portadores de sustancias bioestimulantes del crecimiento vegetativo y proporciona mejores rendimientos (MINAG, 2000). En el suelo ocurre el proceso de unificación de la Materia Orgánica naturalmente con la participación de las lombrices de tierra y otros organismos residentes en él. El humus es el principal responsable de la fertilidad del suelo (MINAG, 1995). La composición química del humus de lombriz es muy compleja debido a que esta compuesta por sustancias de alto peso molecular, constituidas por diferentes grupos como los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos y las huminas.

Caballero y col., (2001), estudiaron el efecto del humus de lombriz y la fertilización mineral un suelo pardo con carbonato en el cultivo del ají, variedad Chay; resultando que ambos tipos de fertilizantes incrementaron los rendimientos del cultivo. La mejor variante fue 4 ton/ ha de humus de lombriz sin fertilización química, la cual elevó los rendimientos hasta 31.31 ton/ ha del cultivo; sin afectación posterior de los niveles de productividad del suelo. El humus de lombriz incrementó los niveles de  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , pero el fertilizante químico no tuvo influencia sobre las propiedades químicas del suelo.

Caballero y col., (2000) estudiaron el efecto de abonos orgánicos como el estiércol vacuno y el humus de lombriz aplicados en 3 momentos de aplicación en un suelo pardo con carbonato típico lavado, en continua explotación en huerto intensivo. Ellos encontraron que con dosis de 10kg / m<sup>2</sup> de estiércol vacuno y 0.6kg. / m<sup>2</sup> de humus de lombriz, aplicados cada uno individualmente en cosechas alternas, se lograron incrementos de los rendimientos por encima de 20kg/ m<sup>2</sup> de hortalizas por año y el

efecto residual de los mismos es duradero (hasta 2 cosechas), con un buen beneficio económico. Además el 5 de Materia Orgánica y los contenidos de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  aumentan al final de los ciclos de hortalizas, sin afectaciones posteriores en el nivel productivo del suelo.

#### **b) Cachaza:**

Arzola, (1968) y Aloma (1973), (citado por Vilariño, 2000), define la cachaza como un material de desecho de la industria y específicamente un residuo del proceso de clarificación de los jugos, compuestos por fibras, sacarosa, tierra, cera, albuminoides y algunos principales nutrimentos de la caña de azúcar como N, P y Ca. La cachaza final contiene del 30 al 50 % de fibra, de 10a15 % de materia terrosa, de 10a 20 % de cera y grasa, de 6a 12 % sustancias nitrogenadas, de 8a16 % de azúcares reductores y sacarosa y de 10a 15 % de fosfato de Ca.

Prasad, (1977) (citado por Vilariño, 2000) señala que la aplicación de cachaza mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, por lo que aumenta su fertilidad y además incorpora macro y micronutrientes, fundamentalmente Calcio y Magnesio.

Suárez, (1987) (citado por Vilariño, 2000) estudió diferentes niveles de cachaza en la caña de azúcar y registró un aumento en el contenido de P total, Fósforo asimilable, en el contenido de Nitrógeno total, de Materia Orgánica y el pH del suelo.

Según Fernández, (1988) (citado por Vilariño, 2000) la cachaza aplicada durante 24 meses mejoró el % de Materia Orgánica del suelo y la acidez del mismo. También obtuvo que las aplicaciones de cachaza combinada con fertilizantes inorgánicos incrementó el Potasio móvil; pero la cachaza por si sola resultó ineficiente. Las aplicaciones de cachaza incrementaron el calcio y el magnesio cambiante.

Jiménez, (1986) y Castro (1990) (citado por Vilariño, 2000) refieren que la cachaza provoca una mejora notable en el estado estructural del suelo, lo cual se traduce en un aumento de la permeabilidad, el factor estructura, el LIP, el % de agregados estables y la estabilidad estructural.

Ortega (1993), plantea que con la aplicación de cachaza mejoran las propiedades físicas del suelo, consideradas mediante el índice de plasticidad y el factor de estructura.

### **2.5.3) Otras enmiendas del suelo:**

La ceniza del ingenio es un subproducto de la agroindustria azucarera, por lo que parte de los componentes del suelo se encuentran en su composición química. La ceniza constituye el material residual de la quema del vagazo en los hornos del central y de la paja de la caña en los centros de limpieza. En su composición tiene como principal componente el silicio, aunque es rica en potasio, por lo que constituye una alternativa importante para reducir el déficit de fertilizantes potásicos (Sherman, 1997)

Cabrera y col., (1990) (citado por Vilariño, 2000) estudiaron el efecto de la ceniza de la paja de caña como mejoradora del suelo, en un trabajo donde incluían diferentes enmiendas y su combinación con el drenaje. Ellos encontraron que hubo una tendencia general al incremento de la porosidad total con la aplicación de 60 ton / ha de ceniza de la paja de caña con respecto al testigo. Al aplicar ceniza sola se encontró que a medida que aumentaba la profundidad disminuía la porosidad bruscamente.

Vázquez y col., (1994) utilizaron ceniza de caña de azúcar de los centros de acopio, con 0.19 % de N y 0.46 % de  $P_2O_5$  y concluyeron que hubo incrementos significativos del P y el K en el suelo, el pH también se incrementó en todos los suelos debido al contenido relativamente alto de Calcio. Con la aplicación de 10 ton. / ha de ceniza podría sustituir la aplicación de 175kg. / ha de SPS y 170 kg. / ha de KCl en dependencia del tipo de suelo.

Medina (1991) (citado por Vilariño, 2000) comprueba que la ceniza mejora las condiciones físicas y químicas del suelo, manifestándose en el aumento de los agregados estables y en el nivel de fósforo del suelo. Las mejores respuestas se obtienen aplicando entre 30 y 60 ton. / ha de ceniza.

## 2.6) La fertilidad natural del suelo:

La fertilidad natural del suelo se define como la capacidad de sostener a la planta e influir en su rendimiento (Kolmans y col., 1999). La productividad es el resultado de la interacción suelo - clima - forma de agricultura.

El conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo solubilizan los nutrientes necesarios para las plantas. Estas necesitan un suelo fértil desarrollarse y este a su vez de ellas para mantener su fertilidad natural.

Las características físicas del suelo son también un indicador de fertilidad del mismo. Las prácticas agroecológicas preservan la actividad del edafón y la estructura del suelo, favoreciéndose la fertilidad natural del mismo.

## 2.7) La calidad del suelo:

Según Doran y col., (1994) y Karlen y col., (1997) la calidad del suelo se define como la capacidad de determinado tipo de suelo para ser funcional dentro de las fronteras del ecosistema natural o modificado, para sostener la productividad de las plantas y animales, mantener y mejorar la calidad del aire y el agua así como sostener la vida y la salud humana.

Andrews y col. (2002), plantean que la calidad del suelo es vista como un componente importante de la sostenibilidad del agroecosistema.

Los indicadores de la calidad del suelo se encuentran estrechamente relacionados con aquellos procesos a los que afectan (Karlen y col., 1997).

Tabla 3. Indicadores de calidad del suelo y procesos que ellos afectan.

Medida	Procesos que afecta
Materia orgánica	Ciclo de nutrientes, pesticidas, retención del agua y estructura del suelo
Infiltración	Potencial de escurrimiento y lixiviación, eficiencia del uso del agua por las plantas, potencial de erosión.

Agregación	Estructura del suelo, resistencia a la erosión, emergencia de los cultivos, infiltración.
pH	Disponibilidad de nutrientes, movilidad y absorción de pesticidas
Masa microbiana	Actividad biológica, ciclo de los nutrientes, capacidad de degradar pesticidas.
Formas de Nitrógeno	Disponibilidad para los cultivos, potencial de lixiviación, razones de inmovilización y la mineralización
Densidad aparente	Penetración de las raíces de las plantas, llenado de aire y agua del espacio poroso, actividad biológica.
Profundidad del manto freático	Volumen de enraizamiento para la producción del cultivo, disponibilidad de agua y nutrientes
Conductividad eléctrica	Infiltración de agua, crecimiento de los cultivos y estructura del suelo.
Nutrientes disponibles	Capacidad para el sustento del crecimiento vegetal, riesgos ambientales.

**FUENTE:** Karen y col., (1997).

El término salud del suelo es usado a menudo para describir aquellos aspectos de la calidad que reflejan la condición del mismo, expresada como el manejo de las propiedades sensibles (Islam y col., 2000).

Lewandowski y col. (1999), plantean que la salud del suelo no es solo su carencia de degradación o contaminación, sino también su aptitud global para llevar a cabo las funciones del ecosistema y responder al estrés medioambiental.

Las prácticas de manejo del suelo como son el laboreo (Cairo y col., (2002) y Davidson, (1986) citado por Díaz, M (2005), la fertilización (Barak y col., (1997), la eliminación de la vegetación (Meyer y col., (1996), Moyo y col., (1998) y Díaz y col., (2003)), el manejo del agua (Hillel, (1998) y Plagiai y col., (2004)), la rotación de cultivos, cultivos de cobertura y el encalado pueden afectar significativamente la calidad del suelo.

### **3. Materiales y Métodos**

#### **3.1) Ubicación y descripción del área de estudio**

El trabajo se desarrolló en el autoconsumo perteneciente a La UEB Las Nuevas ubicado en la localidad La Loma, municipio la Sierpe, Provincia Sancti Spíritus.

#### **3.2) Características del suelo en estudio**

El suelo del área de estudio se clasifica como:

-Pardo con carbonatos (1975)

-Orthi – Calcaric Cambisol (FAO/UNESCO 1988)

Agrupamiento pardo Sialítico, tipo pardo, subtipo cálcico, (1994); categoría 5, típico, con roca caliza suave, medianamente profundo, humificado y moderadamente pedregoso, con presencia de arcillas, profundidad efectiva de 45cm. y ligeramente ondulado.

#### **3.3) Experimentos desarrollados.**

Se desarrollaron 3 experimentos en condiciones de campo utilizando para ello 4 tratamientos controles los cuales fueron comunes para todos los experimentos, con el objetivo de poder comparar los efectos que producen la cachaza, el humus y las diferentes dosis de fertilización química sobre la calidad y el rendimiento del cultivar de banano FHIA-18. El cultivo se plantó el 10 de mayo del 2008 y se cosechó en abril del 2009. Los experimentos ocuparon un área de 1528m<sup>2</sup> (0.16ha) y cada tratamiento contó con 42 plantas.

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro réplicas, los tratamientos de los experimentos se detallan a continuación:

### **Experimento 1**

Testigo sin fertilización.

Testigo de la producción. (En plantación: 6kg de cachaza + 25% NPK y a los 6 meses: 3kg de cachaza de manera superficial a 50cm desde el pseudotallo).

5kg de ceniza.

NPK 100%.

7kg de humus.

5kg de humus + 5kg de ceniza + 25% NPK.

3kg de humus + 5kg de ceniza + 25% NPK.

1kg de humus + 5kg de ceniza + 25% NPK.

### **Experimento 2**

Testigo sin fertilización.

Testigo de la producción. (En plantación: 6Kg. de cachaza + 25% NPK y a los 6 meses: 3Kg. de cachaza de manera superficial a 50cm. desde el pseudotallo).

5Kg. de ceniza.

NPK 100%.

18kg de cachaza.

14kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25% NPK.

10kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25% NPK.

6kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25% NPK.

### **Experimento 3**

Testigo sin fertilización.

Testigo de la producción. (En plantación: 6kg de cachaza + 25% NPK y a los 6 meses: 3kg de cachaza de manera superficial a 50cm desde el pseudotallo).

5kg de ceniza.

NPK 100%.

NPK 75% + 5kg de ceniza.

NPK 50% + 5kg de ceniza.

NPK 25% + 5kg de ceniza.

La cachaza, la ceniza y el humus de los diferentes tratamientos se aplicaron de fondo en el momento de la plantación.

Los diferentes porcentajes de la fórmula completa (13 - 9 - 17) se aplicaron alrededor de cada planta, equivaliendo la dosis de NPK 25% a 1.059 kg/planta, a 50cm de distancia del pseudotallo, a los 60 días de la plantación.

El humus utilizado se obtuvo de estiércol vacuno del área pecuaria de la UEB Las Nuevas.

La cachaza y la ceniza son desechos que provienen de la producción azucarera del central "Uruguay" del municipio Jatibonico.

Caracterización química de los abonos orgánicos utilizados. (Ver Anexo 2).

### **3.4) Agrotecnia del cultivo**

#### **Distancia de plantación:**

Se emplearon las distancias de plantación del sistema extradenso (Álvarez, 2004) 3 m en las calles anchas, 2m en las calles estrechas y 1 m entre plantas, resultando una densidad poblacional de 4000 plantas/ha.

#### **Profundidad de siembra:**

Se plantó a 40cm. de profundidad.

#### **Tipo de semilla y atenciones culturales:**

Los cormos empleados fueron previamente calibrados y seleccionados por su peso. Se utilizó los de calibre B (1840 - 2760g). (Ver Anexo 3).

La preparación del suelo, el tipo de semilla, la plantación, las labores agrotécnicas, el control de plagas y enfermedades, el riego, la cosecha y las restantes labores se realizaron según MINAG, (1994).

### **3.5) Momentos de muestreo del suelo**

El muestreo se realizó en la etapa de cosecha, se toman 4 muestras representativas del suelo, las cuales se formaron a partir de 4 submuestras cada una, a la profundidad de 0 - 30cm. debido a que más del 65% del sistema radical se encuentra a esta profundidad (Araya, 2004).



### 3.6) Análisis químico del suelo.

Las determinaciones químicas se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de la provincia de Camaguey utilizándose los siguientes métodos:

- **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O**: Por el método de Oniani. Solución extractiva de ácido sulfúrico (0.1N). El **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** se determinó colorimétricamente y el **K<sub>2</sub>O** por fotometría de llama.
- **Materia Orgánica**: Método colorimétrico de Warkley y Black. Oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.
- **pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCL)**: Mediante el potenciómetro. Relación suelo: Solución 1: 2.5

Categorías de algunas propiedades físicas y químicas de suelo. (Ver Anexo 6)

### 3.7) Evaluaciones realizadas en campo y postcosecha.

Se realizaron las siguientes evaluaciones en campo y postcosecha:

- **Perímetro delseudotallo**: Se mide con una cinta métrica el perímetro delseudotallo, a 1m de altura del suelo.
- **Área Foliar Total**: Se cuenta el número de hojas total de la planta (N), luego se mide con una cinta métrica el largo (L) y el ancho (B) de la tercera hoja, contada desde arriba. A través de la formula planteada por Kumar y col., (2002) se calcula el Área Foliar Total (AFT) y se expresa en m<sup>2</sup>.

$$AFT = L * B * k * N$$

Donde  $k = 0.8$

- **Peso del racimo de plátano**: se determina pesando racimos individuales en una balanza (usualmente, con dos puntos decimales) y se expresa en kg.
- **Número de dedos por mano**: se obtiene simplemente contándolos de la primera mano, la mano central y la penúltima mano en cada racimo en el momento de la cosecha.

### 3.8) Análisis Microbiológico del Suelo.

Las determinaciones microbiológicas se realizaron en el laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), utilizando en todas el método de conteo en placas con diluciones de 1 gramo de suelo a diferentes concentraciones en medio de cultivo sólido.

- **Bacterias:** Aplicando 1 ml de la dilución de concentración  $10^5$  al medio de cultivo "Glicerina Peptona Agar"
- **Hongos:** Aplicando 1 ml de la dilución de concentración  $10^3$  al medio de cultivo "Agar Rosa de Bengala"
- **Actinomicetos:** Aplicando 1 ml de la dilución de concentración  $10^4$  al medio de cultivo "Almidón Amoniaca Agar"

En las determinaciones microbiológicas se analizaron los siguientes tratamientos:

- A. Suelo inicial sin cultivo
- B. Testigo sin fertilización con plátano
- C. 18kg cachaza
- D. 14kg cachaza + 5kg ceniza + 25% NPK
- E. 10kg cachaza + 5kg ceniza + 25% NPK
- F. 6kg cachaza + 5kg ceniza + 25% NPK
- G. 7kg de humus
- H. 5kg de humus + 5kg ceniza + 25% NPK
- I. 3kg de humus + 5kg ceniza + 25% NPK
- J. 1kg de humus + 5kg ceniza + 25% NPK

### 3.9) Procesamiento estadístico:

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete SPSS ver. 15.0 sobre Windows XP. Se aplicó Anova de clasificación simple con la prueba de comparación de medias Tukey HSD en los casos donde hubo homogeneidad de varianza y Dunnett C en los que no la hubo.

### **3.10) Valoración económica**

Se realizó una valoración económica de los resultados según Zumaquero, (2002) utilizando para ello las fórmulas:

- $\text{Ingresos} = \text{Producción} * \text{Precio de venta}$
- $\text{Ganancia} = \text{Ingresos} - \text{Costo total}$
- $\text{Costo / peso} = \text{Costo Total} / \text{Ingreso}$
- $\text{Costo / tonelada} = \text{Costo Total} / \text{Producción}$
- $\text{Eficiencia Económica} = \text{Ingresos} / \text{Costo total}$
- $\text{Eficiencia Económica} = \text{Costo total} / \text{Ingresos}$

## **4. Resultados y Discusión**

### **4.1) Análisis del efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas del suelo utilizado.**

La materia orgánica oscila de valores muy bajos, en el caso de la fertilización química NPK 100%, sus combinaciones con ceniza y el testigo de la producción, a bajo en los tratamientos en los que se aplica cachaza y humus, destacándose como el valor más bajo la fertilización con NPK 100% lo que evidencia el efecto negativo que ejerce la misma sobre este parámetro y en consecuencia sobre la calidad el suelo. Con respecto a la aplicación de cachaza Suárez (1987) y Fernández (1988) citados por Vilariño (2000) encontraron aumentos en el nivel de materia orgánica del suelo al hacer aplicaciones de diferentes niveles siendo su efecto prolongado en el tiempo. En suelos cultivados la protección física de los compuestos orgánicos es menos efectiva que en los no cultivados debido a que la labranza periódicamente rompe los agregados del suelo y expone la materia orgánica previamente protegida disminuyendo sus niveles en el suelo (Gallardo, 1994; Arrouays y Pelissier, 1994; Besnard y col., 1996; Gregorich y col., 1996).

En todos los casos estudiados en los tres experimentos los valores de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  asimilables se encuentran en la categoría de muy altos teniendo en cuenta los criterios de Fundora y Yepis, 2000. En el caso del tratamiento donde se aplicó ceniza se observaron incrementos en los niveles de fósforo y potasio en el suelo con respecto al testigo sin fertilizar, resultado que coincide con Vázquez y col., (1994) de igual forma ocurrió con la aplicación de humus lo que concuerda con Caballero y col., (2000) y Caballero, (2002).

La reacción del suelo a pesar de las diferencias significativas encontradas, desde el punto de vista cualitativo no representa mucho variando el pH de neutro a ligeramente alcalino en los casos que se aplicó cachaza y fertilización química, y de manera similar sucede con los tratamientos en los que se aplicó humus variando de ligeramente alcalino a moderadamente alcalino (López y col., 1981).

**Tabla 4.** Efecto de los tratamientos del experimento 1 sobre las propiedades químicas del suelo utilizando el Humus en combinación con ceniza.

Tratamiento	MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g*	K <sub>2</sub> O mg/100g*	pH (H <sub>2</sub> O)	PH (KCl)*
1-T	1.82a	58.95 b	29.57 b	7.97a	7.22a
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	1.29 b	52.56 b	26.09 b	7.94a	7.20a
3-C <sub>5</sub>	1.82a	80.00a	56.81 b	7.88a	7.04 ab
4-NPK <sub>100%</sub>	1.21 b	80.00a	100.00a	7.35 b	6.60 b
5-H <sub>7</sub>	1.92a	74.05a	43.10 b	8.15a	7.04 ab
6-H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	2.06a	80.00a	100.00a	8.17a	7.05 ab
7-H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	2.13a	80.00a	99.05a	8.06a	7.01 ab
8-H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	1.89a	80.00a	100.00a	8.25a	7.03 ab
EE = ±	0.028	0.679	0.923	0.030	0.028
CV (%)	5.06	6.61	2.14	25.99	31.07

\* Prueba realizada por Dunnet C.

(a, b, c), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSD a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza; H-Humus

**Tabla 5.** Efecto de los tratamientos del experimento 2 sobre las propiedades químicas del suelo utilizando combinaciones de cachaza y ceniza.

Tratamiento	MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g*	K <sub>2</sub> O mg/100g*	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)*
1-T	1.82 a	58.95 b	29.57 b	7.97a	7.22a
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	1.29 b	52.56 b	26.09 b	7.94a	7.20a
3-C <sub>5</sub>	1.82 a	80.00a	56.81 b	7.88a	7.04 ab
4-NPK <sub>100%</sub>	1.21 b	80.00a	100.00a	7.35 b	6.60 b
5-Cz <sub>18</sub>	2.42a	69.35 b	60.35 b	7.64 ab	7.07ab
6-Cz <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	2.60a	80.00a	100.00a	7.71 ab	7.06 ab
7-Cz <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	2.73a	80.00a	100.00a	7.65 ab	7.02 ab
8-Cz <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	2.80a	80.00a	96.81a	7.69 ab	7.03 ab
EE = ±	0.036	0.802	1.968	0.034	0.029
CV (%)	3.30	6.40	2.22	30.26	30.48

\* Prueba realizada por Dunnet C.

(a, b, c), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSD a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza.

**Tabla 6.** Efecto de los tratamientos del experimento 3 sobre las propiedades químicas del suelo utilizando combinaciones de fertilizantes con ceniza.

Tratamiento	MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g*	K <sub>2</sub> O mg/100g*	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)
1-T	1.82a	58.95 b	29.57 b	7.97a	7.22a
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	1.29 b	52.56 b	26.09 b	7.94a	7.20a
3-C <sub>5</sub>	1.82a	80.00a	56.81 b	7.88a	7.04 ab
4-NPK <sub>100%</sub>	1.21 b	80.00a	100.00a	7.35 b	6.60 b
5-NPK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	1.22 b	80.00a	67.33 ab	7.54 ab	6.91 ab
6-NPK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	1.29 b	80.00a	100.00a	7.24 b	6.83 ab
7-NPK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	1.37 b	80.00a	100.00a	7.67 ab	6.97 ab
EE = ±	0.053	0.490	1.688	0.038	0.050
CV (%)	8.00	6.78	2.15	23.45	6.96

\* Prueba realizada por Dunnet C.

(a, b), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSD a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza.

#### 4.2) Análisis de los parámetros de crecimiento, desarrollo y rendimiento de los experimentos realizados.

Con respecto al perímetro del pseudotallo se puede apreciar en la tabla 8 que los tratamientos utilizados como controles quedaron por debajo en valores y en algunos casos difieren significativamente con respecto a los tratamientos en los que se aplicó cachaza, de igual manera ocurre cuando se aplica humus (Tablas 7 y 8) y cuando se utilizan dosis reducidas de fertilización química conjuntamente con la ceniza (Tab. 9).

El área foliar expresa valores superiores para aquellos tratamientos en los que se aplicó fertilización orgánica (cachaza y humus) con valores significativamente superiores a los controles para el experimento 1 y 2. En el caso del experimento 3 los valores de área

foliar son también superiores en los tratamientos con fertilización química sola o en combinación con ceniza con respecto a los controles testigo sin fertilización, testigo de la producción y ceniza sola.

**Tabla 7.** Parámetros de crecimiento, desarrollo y rendimiento del experimento 1.

Tratamiento	Parámetros analizados			
	Crecimiento y desarrollo		Rendimiento	
	Perímetro (cm)	Área Foliar (m <sup>2</sup> )	Peso del Racimo (Kg)	Nro. dedos del racimo
1-T	43.23 d	7.84 b	11.78 c	88.25 b
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	43.27 d	7.78 b	11.99 c	88.04 b
3-C <sub>5</sub>	45.15 bc	7.92 b	13.49 b	102.10a
4-NPK <sub>100%</sub>	45.81 bc	9.16 b	14.26a	104.30a
5-H <sub>7</sub>	44.87 d	9.22a	13.17 b	97.28a
6-H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	46.50ab	9.78a	14.43a	107.83a
7-H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	46.80 a	9.79a	14.68a	106.75a
8-H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	45.34 bc	9.99a	13.52 b	97.50a
EE = ±	0.080	0.120	0.082	0.679
CV (%)	34.19	8.28	12.17	12.26

(a, b, c), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Dunnet C a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza; H-Humus

Se observa la tendencia de que los tratamientos donde se aplica materia orgánica sola (cachaza y humus) o en combinación con fertilización química y ceniza presentan rendimientos superiores o iguales estadísticamente a la fertilización química con el 100 % de NPK, igualmente ocurren con el número de dedos por racimo. Si observamos la tabla 9 vemos que cuando se reduce la dosis de fertilización química y se acompaña de ceniza el peso del racimo no difiere significativamente de la fertilización con NPK 100% de manera similar ocurre con el número de dedos por mano que tiende a ser igual en estas combinaciones con respecto a la fertilización química sola.



Los mejores resultados en cuanto rendimiento por experimentos fueron los tratamientos: para el experimento 2: Cz<sub>14</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> con 15.84 kg/planta; para el experimento 1: H<sub>3</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> con 14.68 kg/planta y para el experimento 3: NPK<sub>75%</sub>+C<sub>5</sub> con 14,57 kg/planta. Si comparamos el rendimiento del mejor tratamiento (Cz<sub>14</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub>) con los testigos utilizados vemos que aumentó el rendimiento por planta en un 34.47% con respecto al testigo sin fertilización, 32.11% con respecto al testigo de la producción (Cz<sub>6</sub>+NPK<sub>25%</sub>+Cz<sub>3</sub>), 17.42% con respecto a C<sub>5</sub> y 11,08% con respecto a NPK<sub>100%</sub>.

Resultados similares han obtenido García y Milián (1994) al evaluar alternativas de fertilización en plátano “Burro CEMSA” (ABB) en el sistema tradicional los cuales recomiendan la aplicación de 15kg de cachaza + 7,5kg de ceniza y 25% de NPK por planta lo que posibilitó incrementos del rendimiento entre 32 y 67.5 % de igual manera Milián y col., 1999, reportan similar combinación de fertilización como óptima en el banano “FHIA-18”.

**Tabla 8.** Parámetros de crecimiento, desarrollo y rendimiento del experimento 2.

Tratamiento	Parámetros analizados			
	Crecimiento y desarrollo		Rendimiento	
	Perímetro (cm)	Área Foliar (m <sup>2</sup> )*	Peso del Racimo (Kg)	No. de dedos del racimo
1-T	43.23 c	7.84 b	11.78 d	88.25 bc
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	43.27 c	7.78 b	11.99 d	88.04 c
3-C <sub>5</sub>	46.15 b	7.92 b	13.49 c	102.10a
4-NPK <sub>100%</sub>	45.81 b	9.16 b	14.26 bc	104.30a
5-Cz <sub>18</sub>	45.65 b	9.18 b	13.06 c	98.41 ab
6-Cz <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	47.86 a	9.93a	15.84a	106.35a
7-Cz <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	47.45a	10.01a	15.05 ab	102.46a
8-Cz <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	46.20a	10.50a	13.78 bc	97.12 abc
EE = ±	0.083	0.111	0.104	0.779
CV (%)	27.41	8.89	9.55	12.81

\* Prueba realizada por Dunnet C.

(a, b, c, d), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSD a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza.

**Tabla 9.** Parámetros de crecimiento, desarrollo y rendimiento del experimento 3.

Tratamiento	Parámetros analizados			
	Crecimiento y desarrollo		Rendimiento	
	Perímetro (cm)*	Área Foliar (m <sup>2</sup> )*	Peso del Racimo (Kg)	Nro. dedos del racimo
1-T	43.23 c	7.84 b	11.78 c	88.25 b
2-Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	43.27 c	7.78 b	11.99 c	88.04 b
3-C <sub>5</sub>	46.15 b	7.92 b	13.49 b	102.10a
4-NPK <sub>100%</sub>	45.81 bc	9.16 ab	14.26 ab	104.30a
5-NPK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	47.44a	9.19a	14.57a	105.57a
6-NPK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	46.68a	9.07 ab	13.95 ab	103.05a
7-NPK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	46.18 ab	9.56a	13.77 ab	97.98 b
EE = ±	0.083	0.097	0.072	0.826
CV (%)	28.49	10.15	12.36	12.30

\* Prueba realizada por Dunnet C.

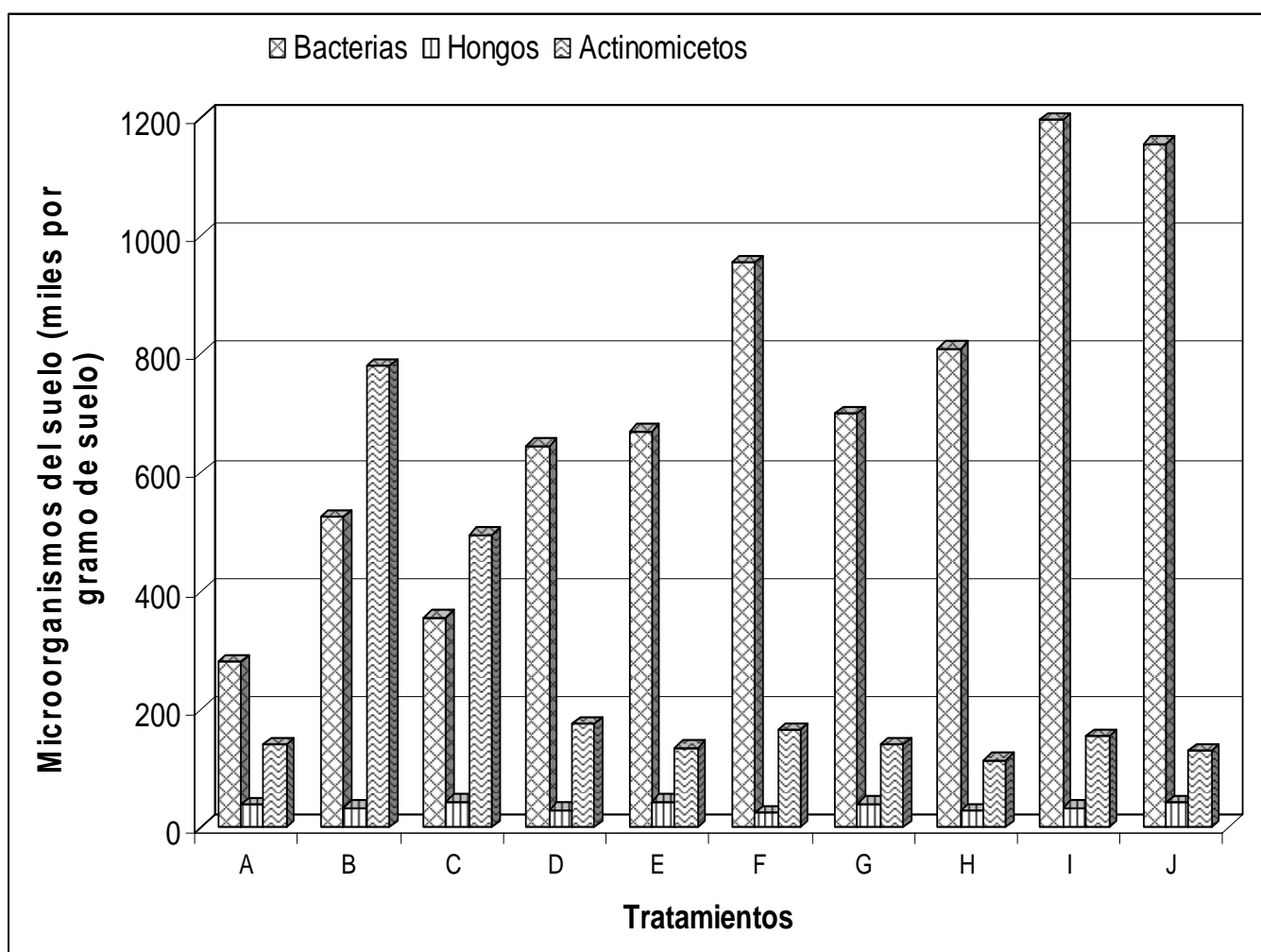
(a, b, c), medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSD a ( $p < 0.05$ )

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza.

También se puede apreciar en todos los casos analizados en los tres experimentos que existe una tendencia general a ser mayor el rendimiento en aquellas plantas que presentan un mayor perímetro del pseudotallo y una mayor área foliar (Simmonds, 1980).

#### 4.3) Efecto de algunos tratamientos sobre la población microbiana del suelo.

La labranza del suelo y el manejo del suelo no solo afectan directamente la agregación del suelo sino que también induce cambios en la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo, en sus condiciones físicas, químicas y en la población microbiana lo cual se puede corroborar al analizar la figura 1. Numerosos investigadores han tratado el tema: (Beare y col., 1994; Puget y col., 1995; Angers y col., 1996).



**Fig. 1.** Efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de microorganismos en el suelo.

Como se puede apreciar en todos los casos, con respecto al suelo sin cultivo, los tratamientos con materiales orgánicos solos o en combinación con ceniza y 25% de

NPK estimulan el crecimiento de las poblaciones de bacterias, no ocurriendo así con los hongos los cuales mantienen sus poblaciones a niveles muy similares en todos los tratamientos analizados lo cual puede ser consecuencia del pH del suelo que se mantiene cercano a la neutralidad ya que estos microorganismos dominan la comunidad microbiana en ambientes ácidos (Alexander, 1980).

La sola presencia del cultivo del plátano sin fertilización alguna al parecer estimula las poblaciones de bacterias y actinomicetos lo cual puede ser debido a los exudados radicales de este cultivo que aportan fuentes carbonadas y otros nutrientes que son utilizados en el metabolismo de éstos microorganismos. También se pone de manifiesto la estimulación del crecimiento de la población de bacterias que provoca el humus cuando se combina con ceniza y 25% de NPK. Según (Rivero, 1999) y (Alexander, 1980) los residuos frescos aportados al suelo comienzan un proceso de descomposición por parte de los organismos que habitan en él, constituyendo en primera instancia la fuente de energía que estos utilizan dependiendo el tamaño de la comunidad, del tipo de suelo, particularmente de características físicas, la materia orgánica y el pH. Por otra parte los suelos que mantienen un alto nivel de biomasa microbiana son capaces no solamente de almacenar más nutrientes, sino de reciclar más nutrientes a través del sistema. Varias capacidades anabólicas y catabólicas son ampliamente distribuidas dentro de las poblaciones del suelo y si éstas son perturbadas, entonces organismos de grupos taxonómicamente diferentes son capaces de reemplazarse unos a otros en los ciclos de descomposición sin aparentes pérdidas en el funcionamiento del sistema suelo (Kennedy y Smith, 1995).

#### **4.4) Valoración económica de los resultados obtenidos.**

El mejor tratamiento desde el punto de vista económico resultó ser la combinación 14kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25% NPK obteniendo el mayor rendimiento agrícola (57,02 t/ha), las mayores ganancias (\$ 34033,44) y el menor costo por peso de ingreso (\$ 0,23) y por tonelada de rendimiento (183.17).

Todos los tratamientos se acercan a la media nacional de 12-14 kg/planta (Armario, 2006) e incluso llegan a superarla seis de ellos (NPK<sub>100%</sub> - 14.26 kg/planta,

H<sub>5</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> - 14.42 kg/planta, NPK<sub>75%</sub>+C<sub>5</sub> - 14.57 kg/planta, H<sub>3</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> - 14.68 kg/planta, Cz<sub>10</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> - 15.06 kg/planta y Cz<sub>14</sub>+C<sub>5</sub>+NPK<sub>25%</sub> - 15.84 kg/planta).

En el caso del tratamiento con fertilización química NPK 100% es el de mayores costos económicos y desde punto de vista ambiental representa un foco de contaminación sobre todo para el manto freático lo cual repercute sobre la salud del ser humano además de disminuir la calidad del suelo (Barak y col., 1997).

El testigo de la producción (Cz<sub>6</sub>+NPK<sub>25%</sub>+Cz<sub>3</sub>) es superado en cuanto a rendimiento por diez tratamientos sin embargo supera las ganancias del tratamiento donde se aplicó NPK 100%. Además él mismo, es mejor en cuanto a rendimiento que los tratamientos testigo sin fertilización, Testigo con ceniza 5kg, 18kg de cachaza y 7kg de humus.

**Tabla 10.** Valoración económica de los tratamientos aplicados.

Tratamientos	Costos Totales	Ingresos Totales	Ganancia	Rend. (t/ha)	Costo / Ton = Costo Total / Rend.	Costo / Peso = Cost.Total / Ing.	Eficienc. Econ.= Ing. / Cost.	Eficienc. Econ.= Costos / Ing.
T	7933,58*	33078,24	25144,66	42,41	187,08	0,24	4,17	0,24
Cz <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +Cz <sub>3</sub>	9825,28	37879,92	28054,64	48,56	202,32	0,26	3,86	0,26
C <sub>5</sub>	8115,10	33696,00	25580,90	43,20	187,85	0,24	4,15	0,24
NPK <sub>100%</sub>	12938,64	40042,08	27103,44	51,34	252,04	0,32	3,09	0,32
H <sub>7</sub>	11011,10	37009,44	25998,34	47,45	232,07	0,30	3,36	0,30
H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	11621,28	40519,44	28898,16	51,95	223,71	0,29	3,49	0,29
H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	10725,28	41193,36	30468,08	52,81	203,08	0,26	3,84	0,26
H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	9829,28	37964,16	28134,88	48,67	201,95	0,26	3,86	0,26
Cz <sub>18</sub>	9243,10	36672,48	27429,38	47,02	196,59	0,25	3,97	0,25
Cz <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	10445,28	44478,72	34033,44	57,02	183,17	0,23	4,26	0,23
Cz <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	10141,28	42288,48	32147,20	54,22	187,05	0,24	4,17	0,24
Cz <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NPK <sub>25%</sub>	9837,28	38694,24	28856,96	49,61	198,30	0,25	3,93	0,25
NPK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	11912,45	40912,56	29000,11	52,45	227,11	0,29	3,43	0,29
NPK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	10647,47	39171,60	28524,13	50,22	212,02	0,27	3,68	0,27
NPK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	9381,28	38666,16	29284,88	49,57	189,25	0,24	4,12	0,24

T-Testigo sin fertilización; Cz-Cachaza; C-Ceniza; H-Humus.

\* Todos los valores económicos están expresados en moneda nacional.

## 5. Conclusiones

1. La aplicación de NPK 100 % disminuyó el porcentaje de materia orgánica en el suelo en contraste con la aplicación de fuentes orgánicas (cachaza y humus) sola o combinada con fertilizante químico y ceniza, la aplicación de ceniza aumentó los niveles de fósforo y potasio asimilables en el suelo.
2. El mejor tratamiento en cuanto a rendimiento por planta resultó ser 14kg de cachaza + 5 kg de ceniza + 25% NPK superando al testigo sin fertilización en un 34.47%, al testigo de la producción (Cz<sub>6</sub>+NPK<sub>25%</sub>+Cz<sub>3</sub>) en un 32.11%, a la aplicación de 5kg de ceniza en un 17.42% y en un 11,08% a la fertilización química 100%.
3. El crecimiento de las poblaciones de bacterias se estimuló con los tratamientos organo-minerales destacándose positivamente las combinaciones 3kg de humus + 5 kg ceniza + 25% NPK y 1kg de humus + 5kg ceniza + 25% NPK, los hongos mantuvieron poblaciones similares en todos los tratamientos debido al pH cercano a la neutralidad.
4. El mejor tratamiento de fertilización desde el punto de vista económico coincide con el de mayor rendimiento, 14kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25% NPK con 57,02 t/ha, la mayor ganancia \$ 34033,44; el menor costo por peso de ingreso (\$ 0,23) y por tonelada de rendimiento (183.17).

## **6. Recomendaciones**

1. Se recomienda aplicar la variante de fertilización (14kg de cachaza + 5kg de ceniza + 25 % NPK) para el banano "FHIA- 18" en un sistema de siembra extradenso en suelos Pardo con carbonatos.
2. Continuar investigaciones similares en otros tipos de suelos representativos de las áreas destinadas a este cultivo en el municipio.



## Bibliografía

- Alexander, M. 1980.** Introducción a la Microbiología del suelo. México. p. 27 – 85; 142 – 163.
- Álvarez, J. M. 2001.** Desarrollo del cultivo del plátano en Cuba hasta el 2002.- Reunión nacional de Plátano. Ciudad de la Habana. – MINAG. 18 p.
- Álvarez, J. M., 2004.** Instructivo técnico “Tecnología del futuro”. 20 p.
- Álvarez, J. M., 1997.** Introducción, evaluación, multiplicación y diseminación de los híbridos FHIA en Cuba. INFOMUSA. Montpellier. 6(2): 10-14.
- Álvarez, Mayté. 1995.** Los abonos verdes, una alternativa natural y económica para la agricultura. Cultivos tropicales. 16 (3): 9 -14.
- Amézquita, E. 1998.** Propiedades físicas de los suelos de los llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. Encuentro Nacional de labranza. Villavicencio. Colombia. 29p.
- Andews, S. S., Karlen, D. L. y Mitchell, J. P. 2002.** A comparison of soil quality indexing methods for a vegetable production system in northern California. Agriculture, Ecosystem and Environment 90: 25 – 45.
- Angers, D. A.; M. R. Bolinder; E. G. Carter; R. P. Gregorich; C. F. Voroney; C. Drury. 1996.** Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. Soil Tillage Research 12: 79-86.
- Araya, M., 2003.** Distribución y estratificación del sistema radical en Musa AAA (Subgrupo Cavendish CVS “Valery” y “Grand Naine”). Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Proceeding of an international symposium held in San José, Costa Rica , 3-5 de noviembre del 2003. p. 83 - 103.
- Armario, Danneys. 2006. Comunicación personal.
- Arrouays, D. y P. Pelissier. 1994.** Changes in carbon storage in temperate humic loamy soils after clearing and continuous corn cropping in France. Plant and Soil, 160: 215-223.
- Barak, P., Jobe, B.O., Krueger, A. R. Peterson, L. A. y Laird, D. A. 1997.** Effects of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. Plant and Soil. 197:61 – 69.
- Beare, M. H.; M. I. Cabrera; P. F. Hendrix; D. C. Coleman. 1994.** Aggregate – protected and unprotected organic matter pools in conventional tillage and no – tillage soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 787-795.

- Belalcázar, C. S. 1991.** El cultivo del plátano en el trópico: Manual de asistencia técnica No. 50. ICA, Cali, Colombia. 376pp.
- Besnard, C.; J. Chenu; P. Balesdent. 1996.** Fate of particulate organic matter in soils aggregate during cultivation. Eur. J. S. S. 47: 495-503.
- Caballero, A. R., J. E. Garandilla, Denia Pérez y Deisy Rodríguez. 2000.** Efecto de los abonos orgánicos en la explotación de huertos intensivos. Centro Agrícola. 27 (4): 18 - 22.
- Caballero, A. R., J. E. Garandilla, Denia Pérez, O. Pacheco y Mario Sánchez. 2001.** Efecto del humus de lombriz combinado con la fertilización en el cultivo del ají Chay . Centro Agrícola. 28 (4): 15 -18.
- Cabrera, S., Noemí Fernández, E. O. Abreu, R. Curbelo y A. Bernal. 2000.** La materia organica y el estado energético de los vertisoles. II: Incidencia en la capacidad agroproductiva del suelo. Programas y resúmenes. XII Seminario científico, noviembre 14 al 17, 2000. INCA. Cuba. 129 p.
- Cairo, C. P. 2001.** La fertilidad física y la agricultura orgánica en el trópico.138p. Cairo, P., 2002. Mejoramiento de la fertilidad de los suelos pardos grisáceos (inceptisoles) dedicados al cultivo del tabaco. Centro Agrícola. Santa Clara. 29(3):37 - 42.
- Cairo, P., Goya, S., Machado, J., Díaz, B., Chaviano, B. 2002.** Mejoramiento de la fertilidad natural de los suelos pardos grisáceos (Inceptisols) dedicados al cultivo del tabaco. Centro Agrícola. 29 (3): p. 37 – 42.
- Cairo. C. P. y O. Fundora. 1994.** Edafología. Ed Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana: 475 p.
- Corrales, G. I., Labarta L. P. y Guerra G. A. 2000.** Uso de la gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L.). Centro Agrícola. Santa Clara. 27(4): 47 - 57.
- Díaz, H. R. 2005.** Producción de compost y su efecto en el crecimiento y desarrollo del híbrido de banano “FHIA – 18”. T.D. UCLV. 59 p.
- Doran, J. W. y T. B. Parkin. 1994.** Defining and assesing soil quality. In Doran, J. W.; Colleman, D.C.; Bezdicek, D. F. y Stewart, B. A. (Eds). Defining soil quality for a sustainable enviroment. Special Publication. No. 35. SSSA. Madison.
- FAOSTAT, 2006.** Database result. Pág. 1 a 1.
- Fundora, O y Yepis, Olga. 2000.** Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y la limitación de la contaminación ambiental. XIII Forum Municipal de Ciencia y Técnica. Villa Clara.

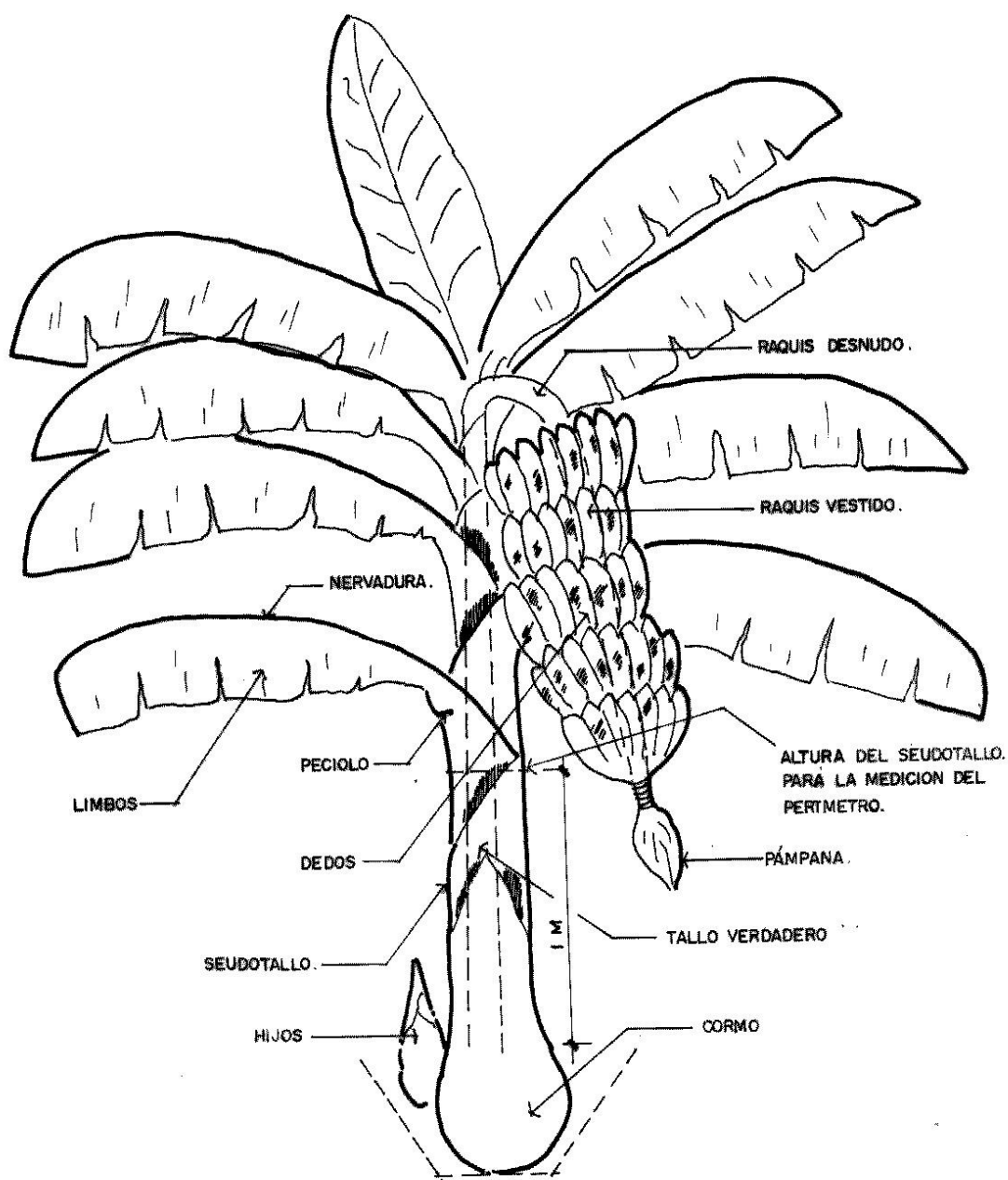
- Gallardo, L. J. F. 1994.** Dinámica de la descomposición orgánica en sistemas conservacionistas. Memorias del VII Congreso de Ciencia del Suelo de Colombia, 31-37.
- García R. y O. Milián. 1994.** La ceniza como una fuente alternativa de fertilizante potásico para el plátano Musa ABB. Parte I. Efecto sobre el crecimiento y desarrollo. Informe UPEB 17(98): 56 – 59.
- García, Margarita, 1997.** Los abonos verdes, una alternativa natural y económica para la agricultura. Tesis presentada en la opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana. 117 p.
- García, R., R. Guijarro y O. Milán. 1998.** Empleo de fuentes alternativas para la producción de bananos y plátanos en Cuba. Producción de Banano Orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del Taller Internacional realizado en Costa Rica. p. 89 - 105.
- Giner, G. J. F. 2004.** Las sustancias húmicas, incidencia en la fertilidad de los cultivos. Agrícola Vergel. 23 (269): 264-269.
- Gregorich, E. G.; C. F. Drury; B. H. Ellert; B.C. Liang. 1996.** Fertilization effects on physically – protected light fraction organic matter. SoilSci. Soc. Am. J. 60: 427-476.
- Hillel, D. 1998.** Environmental Soil Physics. Academy Press. London.
- ICA, 1991.** Campaña de protección del cultivo del plátano. Ministerio de Agricultura. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA Informa. XVII (1) p 32.
- IFA, 1996.** Plant Nutrient for Food Security. International Fertilizer Industry Association, FAO World Food Summit. November 1996.
- INIBAP. 1999.** International Networking Banana and Plantain: INIBAP Annual Report 1998. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
- INIBAP, 2004.** International Network for the Improvement of Banana and Plantain: Montpellier, Francia .Musa Doc. 2004. ISBN: 2 - 910810 – 69 - 0.
- Islam, K. R. y R. R. Weil. 2000.** Soil quality indicator properties in mid – Atlantic soil as influenced by conservation management. J. Soil Water Conserv. ( Ankeny) 55: 69 – 78.
- Jaramillo, D. F. 2002.** Introducción a las ciencias del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias de Medellín, Colombia. 613 p.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., J. W., Cline, R. G., Harriss, R. F. y Schuman, G. E. 1997.** Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61: 4 – 10.
- Kennedy, A. C. y Smith, K. L. 1995.** Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. Plant Soil 170, 75-86.

- Kolmans, E y Vázquez, D. 1999.** Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos de su aplicación. Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF. Ciudad de la Habana. Cuba. 148 p.
- Kumar, N., V. Krishnamoorthy, L. Nalina y K. Soorianathasundharam, 2004.** Nuevo factor para estimar el Área Foliar Total del banano. INFOMUSA. Montpellier. 11(2): 42 - 43.
- Le Bissonais, Y. 1996.** Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. European Journal of Soil Science, 47. 425 – 437.
- Lewasowski, A., M. Zumwinkle y A. Fish. 1999.** Assesing the soil system: A review of soil quality literature. Minesota Departament of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program, St Paul, MN.
- López, G.; E. Fuentes y H. Vázquez. Departamento de Suelo y Agroquímica. Junio 1981.** Ministerio de la Agricultura. Dirección general de suelos y fertilizantes. Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de suelos por municipio a escala 1/25000.
- López, R. A. y J. Espinosa. 1998.** Banana reponse to Potasium. Better Crops Internacional. 12 (1): 3 – 5.
- López, R. A., 1998.** Fertilización convencional en el cultivo del banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. Producción de Banano Orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del Taller Internacional realizado en Costa Rica. p. 63 - 81.
- López, Z. M., 1989.** El plátano. Ed. Pueblo y Educación. La Habana.
- López, Z. M., Mayo 1997.** El plátano. UCLV.
- Magdoff, F. 1997.** Calidad y manejo del suelo. Base científica para una agricultura sustentable. Consorcio Latinoamericano sobre agroecología y desarrollo. Grupo gestor Aociacion Cubana de la Agricultura Orgánica. La Habana. Cuba. 211 p.
- Meyer, J. H., Van Antwerpen R. y Meyer, E. 1996.** A review of soil degradations and management research under intensive sugar cane cropping. Proc. S. Afr. Sug. Tech. Ass. 70: 22 – 28.
- Milián, O., M. Hernández, R. García y L. Ruiz. 1999.** Alternativas de fertilización y conducción del plátano “FHIA – 18 “. Santo Domingo: INIVIT. 8 p.
- MINAG, 1994.** Instructivo técnico para el cultivo del plátano.
- MINAG, 1995.** Instructivo técnico de organoponico. Ciudad de la Habana. 54p.

- MINAG, 2000.** Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. Ciudad de la Habana. 147 p.
- Moyo, C. S., Frost, P. G. y Campbell, B. M. 1998.** Modification of soil nutrients and microclimate by tree crowns in a semiarid rangeland of south-western Zimbabwe. *Afr. J. Range For. Sci.* 15:16 – 22.
- Musa Doc, 2000.** International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Montpellier, France. ISBN: 2 – 910810 – 39 – 9.
- Musa Doc, 2004.** Bananos: alimento y riqueza. Hojas divulgativas. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Montpellier, France. ISBN: 2 – 910810 – 69 – 0.
- Ortega, N. P., 1993.** Efecto residual de la aplicación superficial localizada de cachaza y ceniza en los rendimientos de un quinto retoño de caña de azúcar en los suelos pesados. T. D. FCA. UCLV.
- Pérez, E. D. 2000.** Características químicas de los suelos bananeros de la línea noroeste de República Dominicana. *Fersan, C. x A. Musa Doc 2000*: ISBN: 2-910810-39-9.
- Plagiai, M., Vignozzi, N y S. Pellegrini. 2004.** Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.* 79: 131 – 134.
- Puget, P.; C. Chenu; J. Balesdent. 1995.** Total and young organic matter distribution in aggregate of silty cultivated soils. *Eur. J. SoilSci.* 46: 449-459.
- Rivero de Trinca, C. 1999.** Materia orgánica del suelo. Universidad Central de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. Alcance* 57: 3-22.
- Robinson, J. C., 1996.** Bananas and plantains crop production science in horticulture series, CAB International, University press Cambridge, UK, 238p.
- Rodríguez, F. P. 2002.** Caracterización química y microbiológica del humus de lombriz obtenido de diferentes residuales orgánicos. *Centro Agrícola.* 29 (4): 15-18.
- Ruiz, D. A. 2004.** Panorama actual de la Agricultura Orgánica. *Agricultura Orgánica.* Año 10, número 2.
- Segura, R. 2003.** Nutrición del cultivo del banano (AAA) con cuatro dosis de potasio. Informe anual 2002. Dirección de investigaciones de la corporación bananera nacional. 130 – 131.
- Sherman, T., 1997.** Efecto integral de la caliza fosfatada en dos suelos. T.D. CIAP. UCLV. Cuba.
- Simmonds, N. W. 1980.** Los plátanos. Editorial Cubana. 531p.

- Solvedilla, C. S., 2004.** Las exportaciones del paraíso del banano orgánico. INFOMUSA. Montpellier. 13(2): 47 – 48.
- Stevenson, F., 1994.** Humus Chemistry, Composition, Reactions. J. Wiley and Sons. New York.
- Uranga, J. y J. A. Erburu.1999.** El compostaje. Navarra Agraria. 11(3):56-64.
- Tarte, R., 1994.** Sostenibilidad y producción de banano para la exportación. INFOMUSA. UPEB. 17(98).
- Vázquez, Y. y col., 1994.** La ceniza como mejoradora de la fertilidad de los suelos cañeros en la provincia de Villa Clara. FCA. UCLV.
- Vicente, C. 2003.** Origen de la materia orgánica 30 p.
- Vilariño, R. Susana, 2000.** Alternativas para el mejoramiento de los suelos pardos con carbonato con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. T. M; UCLV.
- Zumaquero, P. O, 2002.** Economía agropecuaria y desarrollo rural. Conferencia en: Maestría en Agricultura Sostenible. UCLV. Curso 2001-2002.

Anexo 1. Morfología de la planta de banano.



**Anexo 2.** Caracterización química de los abonos orgánicos utilizados.

	<b>Cachaza</b>	<b>Humus de lombriz</b>	<b>Ceniza</b>
pH	7.5	7.3	5.5
Conductibilidad eléctrica	1.95	0.50	10.5
Nitrógeno (%)	1.76	2.01	1.27
Fósforo (%)	1.40	1.51	0.82
Potasio (%)	0.79	0.56	3.57
Calcio (%)	3.40	3.94	5.54
Magnesio (%)	0.35	0.47	0.94
Materia Orgánica (%)	54.82	32.93	16.10
Carbono (%)	31.80	19.09	9.34
Relación C / N	18.06	9.50	7.35

**Anexo 3.** Calibres de los cormos o chopos que se emplean como material de propagación vegetativa.

Calibre A: (superior a 2760 gramos)

Calibre B: (1840 – 2760 gramos)

Calibre C: (900 – 1840 gramos)

Calibre D: (900 – 500 gramos)

Calibre E: (500 – 300 gramos)

Calibre F: (300 – 100 gramos)

Calibre G: (100 – 50 gramos)





**Anexo 4.** Cultivo a los 6 meses (inicio de la floración).



**Anexo 5.** Cultivo próximo a la cosecha (15 días antes).



**Anexo 6.** Categorías de algunas propiedades físicas y químicas de suelo.

pH ( KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	Categoría
< 3.5	< 5.0	Muy ácido
3.5 – 4.5	5.0 – 5.5	Ácido
4.6 – 5.5	5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
5.6 – 6.0	6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.1 – 7.0	6.6 – 7.5	Neutro
7.1 – 8.0	7.6 – 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 – 8.5	8.1 – 8.5	Moderadamente alcalino
> 8.5	> 8.5	Alcalino

Fuente: López y col., (1981)

% de Materia Orgánica ( Método de Walkley y Black)	
% de M. O	Categoría
< 1.5	Muy bajo
1.5 – 3.0	Bajo
3.1 – 5.0	Mediano
> 5.0	Alto

Fuente: López y col., (1981)

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O (mg/ 100g ) por el método de Oniani para suelos no cañeros, sólo para otros cultivos		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Categoría
< 6	< 7	Bajo
6 – 11	7 – 14	Mediano
11 – 15	14 – 20	Alto
> 15	> 20	Muy alto

Fuente: Fundora y Yepis, (2000)