



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
VERITATE SOLA NOVIS INPONENTUR VIRILISTOGA. 1948

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN VIANDAS TROPICALES



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Tesis presentada para optar por el Título de Master en  
Agricultura Sostenible  
(Mención Producción)**

**Título: Efecto de alternativas órgano minerales sobre  
la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente  
lavado y el rendimiento del plátano 'FHIA-21' en  
sistema extradenso**

**Autor: Ing. Alberto Espinosa Cuéllar**

**Tutores: Dr C. Joaquín Machado de Armas  
MSc. Danneys Armario Aragón**

**Consultantes: Dr C. Luis A. Ruiz Martínez  
MSc. Yoel Beovides García**

**2009**

## *Dedicatoria*

*Dedico esta tesis a mi hijo Javier Espinosa Girado porque siempre esta en mi pensamiento. A mis padres, mami para ti un beso bien grande. Por la paciencia, confianza y el amor entregado.*

## *Agradecimientos*

*Mi principal agradecimiento a mis tutores Dr. Joaquín Machado de Armas y MSc Danneys Armario Aragón, por la extraordinaria labor, por el apoyo por la confianza que me ofrecieron.*

*A mis padres, mis hermanos y familia quienes confiaron en que lograría mi objetivo y supieron apoyarme en todo momento.*

*A mis técnicos, y todos los que se vieron implicados en la revisión una y otra vez de las tablas y discusiones.*

*A la Revolución y a Fidel por permitirme llegar a superarme profesionalmente.*

*“A todos, sepan que nunca podré pagarles tanta dedicación. Reciban todos un millón de gracias”.*

## *Pensamiento*

*“Todos somos muy ignorantes. Lo que ocurre es que no todos ignoramos las mismas cosas”.*

*Albert Einstein*

## **RESUMEN**

El trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes combinaciones órgano minerales en las que se incluye humus de lombriz, estiércol ovino y ceniza con varias dosis de NK, sobre la calidad del suelo pardo mullido medianamente lavado y en el rendimiento del plátano 'FHIA-21' en un sistema extradenso, para ello se desarrollaron tres experimentos, en un diseño completamente al azar con cuatro réplicas. La aplicación de humus de lombriz y estiércol ovino aumentó el contenido de materia orgánica, fósforo y potasio asimilables en el suelo, y ejerció efectos positivos sobre algunos indicadores del estado físico del suelo; igualmente se benefició la población microbiana. El área foliar arrojó valores superiores donde se aplicó el 100% de fertilización química, a su vez, en ese caso se presentó menor duración del ciclo vegetativo y productivo, y también la mejor relación cáscara-pulpa. Cuando se usaron alternativas orgánicas en combinación con la fertilización mineral, se incrementó el número de dedos y de manos por racimo, así como el rendimiento. En general, las mejores combinaciones fueron: humus de lombriz 3 kg + ceniza 5 kg + 25%NK, 10 kg de estiércol ovino + ceniza 5 kg + 25%NK y 75% NK + 5 kg ceniza. Desde el punto de vista económico, el mayor beneficio se obtuvo con 10 kg de estiércol ovino + ceniza 5 kg + 25% NK, al generar la mayor ganancia de \$148 139,38.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo.....	4
2.1.1. Sistemática.....	4
2.1.2. Origen y distribución.....	5
2.1.3. Importancia del cultivo.....	7
2.2. Comportamiento de la producción y el consumo de plátanos y bananos .....	7
2.3. Estudio de altas densidades de siembra en plátanos.....	9
2.4. Requisitos nutricionales del cultivo del plátano.....	11
2.4.1. Investigaciones realizadas sobre la fertilización mineral en plátanos.....	12
2.4.2. Algunos resultados obtenidos sobre la fertilización orgánica. .	14
2.4.3. La nutrición de los plátanos en altas densidades.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio .....	21
3.2. Experimentos desarrollados.....	21
3.3. Caracterización del suelo y período de montaje del experimento..	23
3.4. Muestreo del área experimental.....	24
3.5. Análisis químicos .....	25
3.6. Análisis físicos .....	25
3.7. Análisis microbiológicos.....	27

3.8. Evaluaciones realizadas en la planta .....	27
3.9. Evaluaciones realizadas post cosecha .....	29
3.10. Análisis económico .....	30
3.11. Análisis estadístico .....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Análisis del efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas del suelo utilizado .....	31
4.2. Análisis del efecto de los tratamientos sobre las propiedades físicas del suelo utilizado .....	35
4.3. Análisis del efecto de los tratamientos usados sobre las propiedades microbiológicas del suelo .....	40
4.4. Análisis de los indicadores de crecimiento y desarrollo .....	45
4.5. Análisis de los indicadores del rendimiento .....	54
4.6. Discusión de los resultados económicos .....	65
5. CONCLUSIONES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6. RECOMENDACIONES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
7. BIBLIOGRAFIA.....	70
8. ANEXOS	

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cultivo del plátano es una importante fuente de alimento para gran parte de la población mundial, localizado fundamentalmente en países subdesarrollados de Asia, África y América Central y del Sur. Su producción anual se estima en alrededor de unos 18 millones de toneladas (FAO, 2004).

En la actualidad se emplean tecnologías de producción basadas en las siembras con altas densidades de plantas por área, lo cual constituye una alternativa para la producción del cultivo del plátano, dando lugar a la obtención de altos rendimientos para un ciclo productivo (Álvarez, 2004).

Los suelos Pardos con carbonatos (según la clasificación establecida por el Instituto de Suelo en 1975) se encuentran bien extendidos en el territorio nacional ocupando alrededor del 16% de los suelos agrícolas del país. La degradación en ellos continúa hasta valores que alcanzan el 76,8 % de la superficie agrícola del país, por lo que existen suelos con poca a muy poca productividad, dando lugar a que los cultivos no puedan alcanzar los rendimientos potenciales. En estos casos se hace necesario aplicar las medidas de mejoramiento de los suelos con vista a aumentar su productividad (Rodríguez, 2006).

En la agricultura mundial existe una tendencia a usar alternativas de fertilización que mejoren las condiciones agroproductivas de los suelos y permitan alcanzar adecuados rendimientos de los cultivos.

Existen varias fuentes de abonos orgánicos que pueden ser utilizados por sus reconocidos aportes al mejoramiento de los suelos y nutrimentos con

muy buenos resultados, entre ellos se encuentran, el humus de lombriz, la biotierra y el *compost*, los cuales pueden usarse en combinación con pequeñas dosis de fertilizantes químicos.

Las limitaciones existentes en el país con los fertilizantes químicos, cuyos suministros de estos solo llegan a suplir alrededor del 25% de las necesidades nutricionales del cultivo, obligan a tener en cuenta otras variantes de fertilización (Rodríguez, 2006).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, dado al conocimiento de las bondades con que cuentan estos materiales orgánicos y la aplicación de diferentes combinaciones órgano-minerales, estos pueden llegar a constituir una alternativa para la fertilización del plátano 'FHIA-21' en un sistema de siembra extradenso, con lo cual se mejoraría la calidad del suelo, es por ello que se propone la siguiente hipótesis para la realización de este trabajo:

**Hipótesis:**

Mediante la utilización de alternativas órgano minerales se puede mejorar la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y a la vez, obtener rendimientos adecuados en el plátano 'FHIA-21' en sistema extradenso.

**Objetivo General**

1. Determinar el efecto de alternativas órgano-minerales sobre la fertilidad del suelo pardo mullido medianamente Lavado y los componentes del rendimiento en el plátano 'FHIA-21' en sistema extradenso.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la influencia de alternativas de fertilización órgano-minerales sobre indicadores químicos, físicos y microbiológicos de un suelo Pardo mullido medianamente lavado, en un sistema extradenso del clon de plátano 'FHIA-21'.
2. Evaluar la influencia de las alternativas órgano-minerales sobre los componentes del rendimiento en el plátano 'FHIA-21' en un sistema extradenso.
3. Valorar el efecto de las alternativas órgano-minerales estudiadas sobre la calidad del fruto y el beneficio económico en un sistema extradenso del clon de plátano 'FHIA-21'.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del cultivo

#### 2.1.1. Sistemática

La primera clasificación científica de los plátanos y bananos (*Musa* spp.) fue realizada por Linneo en 1783, nombrando *Musa sapientum* a todos los bananos de postre, caracterizados por tener frutos dulces en su estado maduro y su consumo fresco (Robinson, 1996); aunque esta clasificación no fue utilizada para diferenciarlo del grupo de los plátanos.

La clasificación actual de los plátanos:

Clase: *Monocotiledóneas*

Orden: *Zingiberales*

Familia: *Musaceae*.

Género: *Musa*

Sección: *EuMusa*

Especies: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*

El género *Musa* esta dividido en cuatro secciones, *CalliMusa*, *AustraliMusa*, *EuMusa* y *Rhodochlamys*. 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 plátanos evolucionaron en la India y en menor medida en el archipiélago Malayo e islas del Sur del Pacífico (AB, grupo menor en

India; AAB y ABB, centro principal en India, grupo menor en Malasia; ABBB, se conocen algunos clones del sudeste Asiático y Papua Nueva Guinea) (Stover y Simmonds, 1987).

Estos grupos genómicos diferentes contribuyeron a la diversidad de los bananos comestibles, en existencia hoy (MusaDoc, 2000).

### **2.1.2. Origen y distribución**

Se considera la península Malaya en Asia como probable centro de origen primario del género *Musa*, 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 su introducción en 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).

Los plátanos son grandes monocotiledóneas herbáceas en la familia *Musaceae* del orden *Zingiberales*. Los tipos comestibles son partenocárpicos y frecuentemente infértiles, mientras que sus precursores ancestrales salvajes tienen semillas, son virtualmente incomedibles y poseen pobres cualidades agronómicas.

La mayoría de los tipos comestibles que son derivados de estas dos especies son triploides ( $n= 33$ ), aunque se conocen diploides y tetraploides. La ploidía y la contribución relativa de ambas especies a una variedad dada es especificada por un sistema de letras donde la contribución haploide de *M. acuminata* y *M. balbisiana* es anotada con una A o una B respectivamente (Simmonds, 1973).

El plátano requiere temperaturas relativamente altas, entre 21 y 29° C, con una media de 27° C, su mínima absoluta es de 15° C y su máxima de 37° C, exposiciones a temperaturas mayores o menores causan deterioro y lentitud en el desarrollo del fruto y daños en el mismo.

Las Musáceas tienen un área foliar extensa, es por ello que consumen grandes cantidades de agua. En estudios realizados en el clon 'Dominico-Hartón' con un área foliar permanente de 14 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> se estimó un consumo diario de 26 litros de agua en días soleados, 17 litros en días seminublados y 10 litros en días completamente nublados (Cayon, 2004).

El plátano es muy sensible tanto al exceso como al déficit de agua en el suelo, por lo cual es necesario tomar medidas para regular los niveles de humedad durante el año. Los requerimientos hídricos para crecer normalmente son altos pero está condicionado por el clon, la radiación solar diaria, la densidad poblacional, la edad del cultivo y el área foliar (Cayón, 2004); (Belalcázar, 1991) plantean que el consumo del agua por las plantas de plátano es muy variable, pues ni la radiación solar ni el área foliar permanecen constantes, e incluso proponen que en zonas y épocas

en que la precipitación o el agua almacenada sean inferiores a 5 mm. día<sup>-1</sup> es necesario aplicar riego suplementario.

Según el Instructivo Técnico para el cultivo de plátanos y bananos en Cuba, el régimen de riego depende del tipo de suelo, en suelos rojos es cada tres días y en suelos pardos, éste se realiza cada siete días (MINAG, 2004).

### **2.1.3. Importancia del cultivo**

Los bananos son actualmente el fruto más importante del mundo; desde los finales de los 80s, la producción anual ha excedido la de uva y está cercana a los 70 millones de toneladas anuales. Sólo el 10% de la producción entra al mercado internacional y es un importante renglón económico para muchos países. El 90% se consume localmente, por lo que constituye un importante complemento alimentario y de sustento de pequeños agricultores en muchos países de América Latina, Asia y África, que lo consumen fresco, hervido, frito o en forma de cerveza (FAO, 1990). Las estadísticas mundiales referidas a la producción de frutas indican que plátanos y bananos ocupan los primeros lugares en importancia, siendo la India el país de mayor producción con unos 16 millones de t.año<sup>-1</sup>. Es la fruta de mayor consumo per cápita en Argentina y en EE.UU. (MusaDoc, 2004).

## **2.2. Comportamiento de la producción y el consumo de plátanos y bananos**

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

En el continente africano es considerado un alimento básico para más de 100 millones de habitantes, fundamentalmente en los altiplanos de África del Este y en 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 (250 kg por habitantes). En los altiplanos del Este de África también se hace cerveza de banano con bajo contenido de alcohol (INIBAP, 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 escala de producción que no sobrepasa el 1% del total del continente; muestra de ello es que durante el año 2000 la cifra alcanzó el 37% de su producción total, obteniendo por este concepto 73 000 millones de Francos (MusaDoc, 2004). Esa misma fuente añade que gran parte del resto de su producción es dedicada al comercio interregional a países de África Occidental y Central como Burkina Faso, Mali, Senegal, Gabón, Congo y Guinea Ecuatorial. Sin embargo, en países vecinos como Ghana el 81% de la producción de este cultivo se destinó al consumo nacional.

La India es el mayor productor mundial y el volumen que consume es similar a la cifra que se exporta en el mundo todos los años; Malasia ocupa el segundo lugar, éstas producciones son una fuente importante de empleo. En América Latina y el Caribe se produce plátano para exportar, pero sólo representa el 35% de la producción total, por que se cultivan grandes cantidades para el consumo local exclusivamente. Es una gran

fuelle de ingresos para los pequeños productores por la venta de plátanos y bananos así como de empleo para los trabajadores agrícolas de la región (MusaDoc, 2004).

A nivel mundial se producen 72 464 562 toneladas de bananos por año y unas 33 407 921 de plátanos. En Cuba se producen 460 000 toneladas de bananos y 770 000 toneladas de plátanos cada año (FAO, 2006).

### **2.3. Estudio de altas densidades de siembra en plátanos**

En un estudio realizado a 1 310 msnm en Colombia, con el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB*), se llegó a la conclusión que la densidad de población, está condicionada por las distancias de plantación y por el número de plantas por cada sitio de producción e influye en los componentes del desarrollo y producción (Belalcázar *et al.*, 1994; Cayón, 2004).

En trabajos realizados por Belalcázar (1991) se demostró que el empleo de altas densidades, inciden en mayores rendimientos por unidad de área sin demeritar la calidad de las cosechas, lo cual favorece a los ingresos y rentabilidad de las plantaciones para el agricultor. Mahalakamini *et al.*, (2003) expresan que en la medida en que utilicen las altas densidades conjuntamente con la selección de clones de alto rendimiento se contribuirá a la disminución de los costos de producción de las plantaciones dedicadas a este cultivo.

En evaluaciones realizadas Belalcázar (1991) en clones del grupo ABB, observó que los componentes del rendimiento no se afectaron significativamente por las densidades de siembra. No ocurriendo de igual

forma en cuanto al número de dedos y peso de los racimos, a pesar de estar en el rango de valores correspondientes al clon.

Trabajos sobre densidades de siembra en plátano reportan que el incremento en el número de sitios por hectárea de 714 a 1428 disminuyó el porcentaje de plantas florecidas de 92.6% a 79.6% a los 360 días después de la siembra. Para las distancias 3 x 3 m y 4 x 4m, en el primer ciclo de producción se cosechó el 100% de sitios.ha<sup>-1</sup> sembrados, pero en los ciclos siguientes la producción disminuyó (Añez *et al.*, 1989).

Con estos sistemas de altas densidades de plantación se puede hacer un uso más apropiado de la tierra y así aumentar la rentabilidad de los cultivos. En el caso particular del cultivo del plátano se presenta como una nueva alternativa para un solo ciclo de producción de manera que una vez efectuada la recolección del primer ciclo de producción, se proceda a eliminar la plantación y a establecer en la misma área una nueva siembra. Sin embargo las modificaciones morfológicas que se producen en las plantas se compensan con los altos rendimientos por área (Álvarez, 2004). El sistema de altas densidades, con manejo de las unidades productivas a un solo ciclo productivo, podría constituirse en una alternativa rentable, por cuanto ofrece al agricultor ventajas como, mayor rentabilidad, eficiencia y aprovechamiento de los factores de producción y de tierra, uso apropiado de la mano de obra, así como la reducción de los costos y aumento de las ganancias (MINAG, 2003).

## **2.4. Requisitos nutricionales del cultivo del plátano**

Según Hernández (2001) para el cultivo de bananos y plátanos se requieren suelos con buenas características desde el punto de vista físico, buena profundidad con texturas francas a ligeramente franco-arcillosos y excelente drenaje natural que permita una adecuada infiltración y retención de humedad. Desde el punto de vista químico se requiere un pH moderadamente ácido (5,5 y 6,5); en cuanto a este último aspecto, también se reporta la utilización de suelos con pH más cercanos a la neutralidad (6 y 7,5) (Ramos, 1999).

Estudios realizados en 19 países productores de bananos permitieron conocer que las dosis de fertilizantes recomendadas alcanzarían a  $211 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ,  $35 \text{ kg P. ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  y  $323 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$  (Ubiera y Cepeda, 2002). Esta misma fuente hace referencia que el K es muy importante ya que determinará el rendimiento de los frutos. Así, se recomienda desde un mínimo de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  cuando el nivel de este nutriente en el suelo es de alrededor de  $0.5 \text{ meq.100 g}^{-1}$ . Los resultados de algunos trabajos realizados en Costa Rica manifiestan una mejor respuesta económica que se consigue con dosis que varían entre  $600$  y  $675 \text{ kg de K}_2\text{O.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ , aun en suelos con relativo alto contenido de K (MusaDoc, 2002).

El potasio (K) es el catión más abundante en la célula de la planta de plátano, su papel en la misma es el transporte y acumulación de carbohidratos en el vegetal, de gran importancia en el llenado de las frutas (dedos) y con ello el aumento de los rendimientos (Hernández, 2001).

Para el caso del N, en la producción de plátano alrededor del mundo se utilizan dosis entre 100 y 600 kg N.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, dependiendo de las condiciones de suelo y las condiciones climáticas de cada zona. En la mayoría de las zonas plataneras de América Latina se utilizan dosis de alrededor de 300 kg N.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (Ubiera y Cepeda, 2002).

Se ha demostrado que la planta de plátano aprovecha los nutrientes presentes en el suelo poco después del transplante entre 2 y 3 meses, hasta el inicio de la floración. Luego de la diferenciación floral la planta sostiene su crecimiento y llena el racimo con los nutrientes almacenados (Cayón *et al.*, 2004). Por esta razón en el manejo de fertilizantes se recomienda aplicar nutrientes un poco antes de la floración, para luego concentrar los esfuerzos en el brote sucesión, comúnmente llamado "hijo" (MusaDoc, 2004).

#### **2.4.1. Investigaciones realizadas sobre la fertilización mineral en plátanos**

En cada cosecha se extraen del suelo altos volúmenes de elementos que hacen que el suelo sea más pobre cuando se cultiva que cuando permanece en barbecho; el suelo bajo cultivos pierde buena parte de su biodinámica debido al uso de agroquímicos; a las sales de los fertilizantes inorgánicos; a los altos volúmenes de agua de riego, que provocan lixiviación y percolación profunda de elementos nutritivos y lavado de bases, acidificando el terreno y causando toxicidad; todos estos factores contribuyen a la pérdida de la fertilidad y la biodiversidad del suelo (Orozco, 1999). 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 aplicación de nitrógeno a una plantación cuando lo requiere se traduce generalmente a favor del crecimiento vegetativo, aumentando la altura, el perímetro del seudotallo, el área foliar, así como 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 (Díaz, 2005).

En Cuba estudios realizados por García *et al.*, (1980; citado por Díaz, 2005) refieren, que los rendimientos máximos están asociados a dosis entre 75 y 300 g.plantón<sup>-1</sup> sin que se encuentren respuestas positivas a dosis mayores.

Marchal *et al.*, (1979; citado por López, 1998) señalan que el cultivo requiere 126.2Kg de N.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

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 género *Musa*. Indica además que del 15 - 17 % de los costos totales de la producción se deben a la fertilización (López, 1998).

El plátano es una de las plantas que más consume K. El coeficiente de eficiencia del mismo varía según los suelos.

El K es esencialmente necesario para el proceso de fotosíntesis. También es indispensable para el transporte de carbohidratos desde las hojas a las

diferentes partes de la planta. Sin K las aplicaciones de N y P son inútiles y podrían quizás ocasionar más daño que beneficio, un desequilibrio entre el K y N puede ocasionar enfermedad en el plátano (Brunet, 1988).

Las dosis varían mucho dependiendo de las condiciones edafoclimáticas en específico del tipo de suelo y el contenido de potasio original, así como el contenido de Calcio, Magnesio, Manganeso presentes en el mismo. Dumas (1960; citado por Díaz, 2005) recomienda dosis de 200 a 280g.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O anualmente. Pelegrin (1953; citado por Díaz, 2005) exhorta usar 40.kg<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O en plantaciones jóvenes y 450 para plantaciones en plena producción. Lavan (1978; citado por Díaz, 2005) reporta que para las condiciones de Israel se produjo un incremento del 11-28% al aplicar dosis de 480 a 960 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Kolmans y Vásquez (1999) y Pérez (2000) plantean 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.

#### **2.4.2. Algunos resultados obtenidos sobre la fertilización orgánica.**

Las recomendaciones sobre fertilización deben hacerse con base a un análisis de suelos para cada región y plantación en particular. Se considera que la aplicación de abonos de origen orgánico contribuye a restaurar la biodiversidad, la dinámica biológica y la fertilidad perdida por el suelo bajo permanente explotación agropecuaria (Orozco, 1999).

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 rizofera (Piccolo *et al.*, (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 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, etc.) (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 *et al.*, 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.

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 es importante en la recuperación, conservación y el mejoramiento de los suelos y su capacidad agroproductiva (Cabrera *et al.*, 2000). Al mismo tiempo, 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; Giner, 2004).

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  $44 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ , pudiéndose utilizar guano de murciélago, gallinaza, estiércol, cachaza, etc., 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 50-60 cm del plantón a ambos lados y la segunda, a los cinco o seis meses a voleo.

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 y puede variar en el suelo desde 1.5 hasta 4.5 %, esto representa entre  $45$  y  $135 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  de materia seca Kolmans y Vázquez (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).

Con materia orgánica los plátanos son más saludables. No por que reciben los nutrientes de la materia orgánica, pero por que la vida del suelo es cada vez más intensa y diversificada. Cada año siguiente, con más materia orgánica, necesitase menos abonos químicos y menos defensivos, hasta las plantas son casi sanas. La salud total depende de la biodiversidad de la vida del suelo (Primavesi, 2004).

En las condiciones climáticas imperantes en el trópico, es difícil aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo en forma permanente, debido a la alta temperatura y humedad, que originan una rápida oxidación de residuos animales y vegetales que llegan al suelo, pero es muy benéfico desde el punto de vista físico, químico y biológico conservar la materia orgánica existente mediante adición de residuos vegetales y excretas animales bien descompuestas, así como la incorporación de abonos verdes (Pérez, 2000).

La materia orgánica es de fácil descomposición, cuando se agrega al suelo, logrando un beneficio para la nutrición de cultivos. Aunque se ha trabajado este tema por varios investigadores y en diferentes cultivos, principalmente con uso de los biofertilizantes (Ruiz *et al.*, 2000; García *et al.*, 2001), no existe una amplia reseña sobre todas las posibles alternativas que se pueden utilizar hacia el desarrollo de una agricultura con amplio uso de este tipo de nutrición.

### **Humus**

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 Vázquez (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.

La composición de los estiércoles puede variar según la raza del animal, régimen alimenticio, etc. Igualmente, las otras fuentes orgánicas experimentan cambios en su constitución, según la variedad del cultivo, ambiente edafoclimático donde se produce y manejo dado, entre otros factores.

### **Estiércol**

La capacidad de utilizar el estiércol como biofertilizante, consiste en extraer de inmediato los nutrientes hidrosolubles en suspensión y llevarlos a un cultivo para su aprovechamiento. Las plantas los convierten nuevamente en forraje y así se evita, por un lado la contaminación y por otro la generación de un producto útil (Núñez, 2002).

El uso de biofertilizantes a partir de estiércol, otorga un reciclamiento de excelentes cosechas en suelos poco nitrogenados y promueve una mejora en las condiciones químicas del suelo (Galbiatti *et al.*, 1991).

Los contenidos de materia orgánica del suelo están relacionados de forma cuantitativa y directa con los componentes de desarrollo y rendimiento del cultivo (Cabrera *et al.*, 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 Vázquez 1999; Ruiz, 1999; Ruiz y Carvajal, 2008).

Los plátanos son una gran fuente de alimentos en el mundo, con el encarecimiento de los fertilizantes se buscan a diario alternativas que posibiliten el ahorro de los mismos y a su vez minimizar la erosión de los suelos por falta de fertilidad. Se han realizado estudios referidos a las altas densidades y en búsqueda de una explotación intensiva de la tierra, pero se deben estudiar todas las alternativas posibles para mantener la fertilidad del suelo y los rendimientos del cultivo.

#### **2.4.3. La nutrición de los plátanos en altas densidades**

Se ha demostrado que las limitantes nutricionales y el rendimiento potencial del banano están estrechamente relacionados con la disponibilidad de agua y con la densidad de plantación, ejemplo de ello fueron los estudios de siete años realizados en Hawai donde se demostró que con el aporte de N y K en plantaciones densas con suelos irrigados y naturalmente bien provistos de Magnesio, Calcio y fósforo; los

rendimientos alcanzaron las 100 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, esto demuestra que la obtención de altos rendimientos depende en gran medida del mantenimiento del vigor de las plantas durante todo el desarrollo, conjuntamente con otros factores que también influyen en el desarrollo del cultivo dentro de los que se destacan la temperatura, humedad y duración del día, lo cual se revierte en mayor tamaño del racimo expresado en un mayor número de manos, número de dedos o bananos por mano y por el tamaño de cada fruta (Cayón *et al.*, 2004).

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la nutrición del cultivo de los plátanos y bananos ya que se encuentra en pequeñas cantidades 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 de plátanos y bananos desde el punto de vista cuantitativo, debido a que este elemento la planta lo requiere con mayor cantidad, siendo las mismas superior al nitrógeno, así como de 3 -5 veces mayor que la necesidad de Calcio, de 7-15 veces mayor que el Magnesio (K>N>Ca>Mg>P) (García *et al.*, 1997; citado por Díaz, 2005).

El suelo puede suplir altas cantidades de K, pero como las cantidades son muy altas es indispensable tener planes de fertilización (Marchal *et al.*, (1979), citado por López y Espinosa, 1998).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

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

La investigación se desarrolló en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en los 22°35' LN y 80° 18' LO a 40 msnm, Municipio de Santo Domingo, Provincia de Villa Clara, Cuba. La localidad posee un régimen histórico anual de lluvias de 1352 mm con una humedad relativa del 80% y una temperatura media de 24,4° C. Los datos del comportamiento de las variables meteorológicas temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, evapotranspiración media, velocidad del viento, días de lluvia, humedad relativa correspondientes al período en que se realizó la investigación, así como el histórico de la localidad, se tomaron de la Estación Agrometeorológica 326 ubicada en el INIVIT (Anexo 1 y 12).

#### **3.2. Experimentos desarrollados**

Se desarrollaron tres experimentos los cuales fueron los siguientes:

**Experimento 1. Determinación del efecto del humus de lombriz sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano 'FHIA -21' en sistema extradenso.**

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
3. Testigo de producción 6kg estiércol ovino+25% NK planta<sup>-1</sup> (75g N y 180g K<sub>2</sub>O) en plantación y a los 6 meses: 3 kg estiércol ovino de manera superficial a los 50 cm del seudotallo

4. 100% NK planta<sup>-1</sup> (300 g N y 720g K<sub>2</sub>O)
5. 7kg humus de lombriz planta<sup>-1</sup>
6. 5kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
7. 3kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
8. 1kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>

**Experimento 2. Determinación del efecto del estiércol ovino sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano ‘FHIA -21’ en sistema extradenso.**

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
3. Testigo de producción(6kg estiércol ovino +25% NK planta<sup>-1</sup> (75g N y 180g K<sub>2</sub>O) en plantación y a los 6 meses: 3kg estiércol ovino de manera superficial a los 50 cm. del seudotallo
4. 100% NK planta<sup>-1</sup> (300g N y 720 g K<sub>2</sub>O)
5. estiércol ovino 18kg planta<sup>-1</sup>
6. estiércol ovino14kg+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
7. estiércol ovino 10kg+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
8. estiércol ovino 6 kg+25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>

**Experimento 3. Efecto de la fertilización química sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano ‘FHIA-21’ en sistema extradenso.**

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
3. Testigo de producción (6kg estiércol ovino +25% NK planta<sup>-1</sup> (75g N y 180g K<sub>2</sub>O) en plantación y a los 6 meses: 3kg estiércol ovino de manera superficial a los 50 cm. del seudotallo)
4. 100% NK planta<sup>-1</sup> (300g N y 720 g K<sub>2</sub>O)
5. 75% NK (225g N y 540g K<sub>2</sub>O) + 5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
6. 50% NK (150g N y 360g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>
7. 25% NK (75g N y 180g K<sub>2</sub>O)+5 kg de ceniza planta<sup>-1</sup>.

**3.3. Caracterización del suelo y período de montaje del experimento**

Los experimentos se desarrollaron en un suelo Pardo mullido medianamente lavado, (Hernández *et al.*, 2005), en el período comprendido entre el mes de Agosto de 2006 y de Diciembre del 2007. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, parcelas de 58 m<sup>2</sup> con 16 plantas cada una; de éstas, ocho fueron evaluadas para un total 32 plantas por tratamientos.

Se utilizó como material vegetativo el clon plátano ‘FHIA-21’ procedente de cormos previamente seleccionados y calibrados, el resto de las actividades culturales se realizaron según se establecen en el Instructivo Técnico para el cultivo del plátano (MINAG, 2004).

El humus de lombriz utilizado procedió de las áreas de producción de fertilizantes alternativos del INIVIT; a su vez, el estiércol se trasladó desde las instalaciones particulares pertenecientes a un obrero del Instituto el cual cuenta con una masa de ganado ovino semiestabulado. La ceniza empleada para los tratamientos se obtuvo del Centro del Acopio perteneciente al Complejo Agroindustrial (CAI) "George Washington".

Los materiales orgánicos (humus de lombriz, estiércol ovino y ceniza) se colocaron en el fondo del surco al realizarse la plantación. Por su parte los fertilizantes químicos se aplicaron en un radio de 50 cm alrededor de la planta, y se fraccionaron a los 45, 90, 135 y 180 días después de la plantación.

#### **3.4. Muestreo del área experimental**

Se tomaron cuatro muestras por parcela de cada tratamiento en un radio entre 40-50 cm con respecto al seudotallo de la planta a una profundidad de 30 cm lugar donde se encuentra el mayor número de raíces, las mismas se homogenizaron hasta formar una que fue la representativa para los respectivos análisis. En el caso de las muestras del campo inicial se tomaron cinco puntos en el mismo de forma transversal, se homogenizaron y se entregaron al laboratorio de química agrícola.

Para el análisis químico las muestras se secaron al aire y se desmenuzaron los agregados lo más finamente posible (con un mortero). Se paso la muestra finamente desmenuzada por un tamiz de 0,5 mm de diámetro. Se recogió la tierra fina lista para el análisis.

Previo al análisis físico la muestra (simple o compuesta) se secó al aire y se desmenuzaron los agregados con un rodillo. Se pasó la muestra desmenuzada por un tamiz de 2 mm de diámetro, y se recogió debajo la muestra fina preparada para los análisis.

Para los análisis microbiológicos se realizó la lectura de las poblaciones presentes en las placas de Petri. Las muestras de suelo fueron tomadas en cada réplica al inicio de la plantación cuando no existía cultivo para poder valorar la población microbiana y durante al cosecha a una distancia de 30 cm del seudotallo y una profundidad de 20-25 cm, se secaron al aire y se tamizaron en dependencia de la técnica a utilizar. Para todos los casos se tomaron muestras por tratamiento.

### **3.5. Análisis químicos**

Las determinaciones químicas se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Estación Territorial de la Caña de Azúcar (ETICA) ubicada en el municipio Ranchuelo, Villa Clara, utilizándose los siguientes métodos

- materia orgánica según Walkley y Black (NRAG 837) (1980)
- pH en solución de KCL y en H<sub>2</sub>O (1 N) (NRAG 878) (1980)
- fósforo y potasio asimilables según Oniani, con solución extractiva H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N. El fósforo se determinó electro-fotocolorimétricamente y el potasio por fotometría de llama (NRAG 892) (1980).

### **3.6. Análisis físicos**

Se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) por los métodos siguientes:

*Coefficiente de permeabilidad:* Se determinó según el método de Henin *et al.*, (1958) citado por Cairo y Fundora (1994) donde se calcula el log 10 del coeficiente K para cada muestra con la utilización de un infiltrómetro según la fórmula:  $K = e \cdot V / H \cdot S$

Donde, K- coeficiente de percolación.

e- altura de la columna de suelo (mm).

V- volumen en mm del agua percolada en una hora (mm<sup>3</sup>).

H- altura de la columna líquida o lámina de agua.

S- área de la sección transversal de la columna de suelo dentro del capilar (mm<sup>2</sup>).

*Factor de estructura (FE):* Se halla mediante la determinación de la arcilla dispersa (b) y la previamente dispersada, según el análisis mecánico (a) (Vageler y Alten; citado por Cairo, 2001)

$$FE = a - b/100 \cdot a$$

*Agregados Estables al Agua:* este método consiste en añadir 5 g de suelo en un erlenmeyer, verter 200 ml de agua destilada y dejar en reposo 30 minutos. Luego somete la solución a golpeo (40 golpes), durante 40 segundos y se pasa por el tamiz con diámetro de 0,2 mm Lo que queda en el tamiz son los agregados estables (Vageler y Alten; citado por Cairo, 2001)

*Límite Superior de Plasticidad (LSP):* se determinó por el método del Cono de Balancín de Vasiliev. Este método consiste en determinar la humedad de una pasta de suelo - agua cuando el cono de balancín penetra en ella 1 cm en 5 seg.

*Límite Inferior de Plasticidad (LIP):* se determinó por el método de los rollitos de Atterberg. Este método consiste en determinar la humedad de un rollito de pasta de suelo - agua de 3 mm cuando este se divide en roturas irregulares.

*Índice de Plasticidad (IP):* se determina por la diferencia numérica entre los límites superior e inferior.

### **3.7. Análisis microbiológicos**

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

Bacterias: Aplicando 1 ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "Glicerina Peptona Agar" (Anexo 8).

Hongos: Aplicando 1 ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "Agar Rosa Bengala" (Anexo 9).

Actinomicetos: Aplicando 1ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "almidón Amoniacaal Agar" (Anexo 10).

### **3.8. Evaluaciones realizadas en la planta**

Altura de la planta (cm): Distancia que existe entre la base de la planta y la curvatura que se produce al ser emitida la pámpana.

Perímetro del seudotallo (cm): Circunferencia del seudotallo evaluado a un metro de altura.

Número de hojas en floración: Conjunto de hojas activas en la etapa de floración con más del 75% de su limbo sin afectación (Orellana *et al.*, 2002).

Número de hojas en cosecha: Conjunto de hojas activas en el momento de la cosecha con más del 75% de su limbo sin afectación (Orellana *et al.*, 2002).

Área Foliar: Según la fórmula propuesta por Murray (1960)

$$Af = (l*a)*K*N$$

Af: Área foliar

l: largo del limbo de la hoja

a: ancho del limbo de la hoja

K: Factor de 0,80

N: número de hojas

Cálculo del Índice de área foliar: Área de la hoja verde por unidad de área de la tierra. (Watson, 1947)

$$IAF = \frac{Af}{Av}$$

Av: Espacio equitativo que le corresponde a cada planta en el campo.

Ciclo vegetativo: Período de tiempo transcurrido entre la realización de la siembra y momento en que se produce la emisión floral o pámpana.

Ciclo productivo: Período de tiempo transcurrido entre la realización de la siembra y momento en que se produce la culminación del llenado del dedo o cosecha.

Número de manos: Número manos que componen el racimo.

Número de dedos por racimos: Número de frutos que componen el racimo.

Rendimiento por planta (Kg): Peso medio de los racimos obtenidos por tratamiento.

Rendimiento por área ( $t.ha^{-1}$ ): Toneladas de frutos obtenidos por tratamiento de forma global.

### **3.9. Evaluaciones realizadas post cosecha**

Peso del dedo central de la segunda mano (g): El peso de la fruta se determinó pesando el dedo de forma individual en una balanza electrónica Mettler (Simmonds, 1980).

Longitud del dedo central de la segunda mano (cm): Se determinó midiendo la curvatura exterior del dedo con una cinta métrica, desde el extremo distal hasta el extremo proximal.

Circunferencia o Perímetro del dedo central de la segunda mano (cm): La circunferencia del dedo se determinó midiendo la fruta con una cinta en su punto más ancho.

Peso fresco de la pulpa del dedo central de la segunda mano (g): Peso de la pulpa, es determinó después de ser separado la pulpa de la cáscara pesándose ésta individualmente en una balanza electrónica Mettler.

Peso fresco de la cáscara del dedo central de la segunda mano (g): el peso de la cáscara, se determinó después de ser separado la cáscara de la pulpa pesándose esta individualmente en una balanza electrónica Mettler.

Relación Cáscara/ Pulpa del dedo central de la segunda mano en estado fresco: peso de la cáscara dividido entre el peso de la pulpa en estado fresco.

### **3.10. Análisis económico**

Para la valoración económica, se empleó la clasificación de los frutos en cada una de las categorías según lo establece en las normas de calidad vigente para la compra tanto a productores como a entidades productivas y se aplicaron las fórmulas siguientes (Zumaquero, 2002).

$$I = P \cdot P_v$$

I: Ingreso

$$G = I - C_t$$

P: Producción

$$C/\$ = C_t / I$$

P<sub>v</sub>: Valor de la producción

$$C/t = C_t / P$$

C<sub>t</sub>: Costo total

$$E_e = I / C_t$$

G: Ganancia

C/\$: Costo por peso

E<sub>e</sub>: Eficiencia económica

### **3.11. Análisis estadístico**

Se realizaron pruebas paramétricas, para ello se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS - 5. Se aplicó ANOVA de clasificación simple y la prueba de comparación de medias por Tukey (HSD) a  $p < 0.05$  y en los casos donde no se observó homogeneidad de varianza se utilizó Dunnett C'.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

El suelo es un componente importante en el crecimiento y sostén de las plantas, de sus propiedades dependerá el desarrollo de cada cultivo. Por ello se realizaron varios análisis químicos para conocer la influencia de los diferentes tratamientos en la composición del mismo.

El suelo original tiene un contenido bajo de materia orgánica, así como un pH ligeramente alcalino en KCl y en H<sub>2</sub>O. Investigaciones realizadas con anterioridad también arrojaron este tipo de resultados (López *et al.*, (1981), MINAG (1984); citados por Cairo y Fundora (1994)). Los contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O asimilables pueden catalogarse como muy altos, según los criterios de Fundora y Yepis (2000) (Anexo 2).

En las Tablas 1, 2 y 3 se pueden observar que en los tres experimentos, aunque se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al contenido de materia orgánica, ésta se mantuvo en la misma categoría de bajo contenido. No obstante, aquellos tratamientos que aportaban sólo fertilizantes de origen mineral (tratamiento 4, Tablas 1, 2 y 3) fueron los que menor contenido de materia orgánica mostraron; ello evidencia un efecto negativo de la fertilización química sobre este indicador y en consecuencia sobre la calidad el suelo. Estos resultados coinciden con otras investigaciones que demuestran que el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos dañan el suelo (Finck, 1985). Se aprecia que aquellos tratamientos donde se aportaron fuentes

orgánicas fueron los que en mayor grado aumentaron el contenido de materia orgánica del suelo acercándolo a la categoría de mediano (Tablas 1 y 2, tratamientos 5, 6,7 y 8)(Anexo 4).

**Tabla 1. Efecto de la fertilización órgano mineral a partir del uso de humus de lombriz sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo**

Tratamientos	MO (%)	fósforo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . 100g <sup>-1</sup> )	potasio (mg K <sub>2</sub> O.100g <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)
1	2,54 b	36,05 c	27,40 e	8,08 a	7,36 a
2	2,50 b	43,92 bc	37,91 cd	8,15 a	7,34ab
3	2,84 a	38,58 c	32,72 de	8,25 a	7,22d
4	2,31 c	87,26 a	47,00 ab	8,02 a	7,20e
5	2,86 a	49,22 bc	43,33 bc	8,17 a	7,20 e
6	2,89 a	69,20 b	51,04 a	8,08 a	7,26 c
7	2,82 a	67,50 b	47,89 ab	8,22 a	7,27c
8	2,81 a	56,90 bc	45,07 ab	8,15 a	7,23d
ES (±)	0,029*	3,17*	2,34*	0,054ns	0,003*
CV (%)	2,15	11,30	15,98	1,33	0,13

\* (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0.05.

**Leyenda:**

1. Test. sin Fert.
2. Test. 5kg ceniza
3. 6kg estiércol + 25%NK+ 3kg estiércol
4. 100%NK
5. 7 kg humus de lombriz,
6. 5kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza
7. 3 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg de ceniza
8. 1 kg humus de lombriz+ 25%NK+ 5kg ceniza

**Tabla 2. Efecto de la fertilización órgano-mineral a partir de estiércol ovino sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo**

Tratamientos	MO (%)	fósforo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .100g <sup>-1</sup> )	potasio (mg K <sub>2</sub> O.100g <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCL)
1	2,54 d	36,05 d	27,40 e	8,08 a	7,36 a
2	2,50 d	43,92 d	37,91 c	8,15 a	7,33 b
3	2,84 bc	38,58 d	32,72 d	8,25 a	7,22g
4	2,31 e	87,26 a	47,00 ab	8,02 a	7,20 f
5	2,98 a	41,06 d	44,87 ab	8,15 a	7,24e
6	2,95 ab	81,25 a	46,01 b	8,15 a	7,28 d
7	2,82 bc	70,52 b	50,62 a	8,15 a	7,24 e
8	2,81 c	58,73 c	47,94 ab	8,15 a	7,31 c
ES (±)	0,029*	2.20*	1,60*	0,034 ns	0,003*
CV (%)	2.17	7.70	10,80	1,22	0,14

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25 %NK+5kg ceniza.

Los tratamientos donde se aplico fertilizantes órgano-minerales a partir de humus de lombriz y estiércol ovino no muestran diferencia desde el punto de vista estadístico o cualitativo en cuanto al pH en agua (H<sub>2</sub>O), el cual permaneció en la categoría de medianamente alcalino (Tabla 1 y 2).No siendo así donde se aplicó fertilización inorgánica, existiendo diferencias entre los diferentes tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, el pH (KCl) en todos los tratamientos permaneció en la categoría de ligeramente alcalino

a pesar de las diferencias estadísticas observadas entre ellos (Tablas 1, 2 y 3) (Anexo 3).

**Tabla 3. Efecto de la fertilización química sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo**

Tratamientos	MO (%)	fósforo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·100g <sup>-1</sup> )	potasio (mg K <sub>2</sub> O·100g <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCL)
1	2,54 b	36,05 d	27,40 e	8,08 c	7,36 a
2	2,50 b	43,92 cd	37,91 cd	8,15 b	7,33 b
3	2,84 a	38,58 cd	32,72 de	8,25 ab	7,22 d
4	2,31 c	87,26 a	47,00 ab	8,02 de	7,20 de
5	2,61 ab	47,68 c	49,38 ab	8,05 cd	7,16 e
6	2,62 ab	66,17 b	51,45 a	8,29 a	7,25 c
7	2,67 ab	46,70 c	43,67 bc	8,15 b	7,21 d
ES (±)	0,034*	2,27*	2,53*	0,05*	0,003*
CV (%)	2,68	8,68	17,32	1,22	0,12

\* (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0.05.

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 75%NK+5Kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK+5kg ceniza.

La aplicación de materiales orgánicos y combinaciones órgano-minerales en la fertilización del clon 'FHIA-21' plantado en altas densidades en los diferentes tratamientos estudiados, contribuyó a mantener alto el contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, especialmente del primero (Tablas 1 y 2). No

obstante, sus valores asimilables iniciales en el suelo utilizado ya eran altos (Fundora y Yepis, 2000).

En todos los experimentos donde se aplicó ceniza se observaron incrementos significativos en los niveles de potasio (Tabla 1). Sin embargo, en los experimentos con humus de lombriz y niveles de fertilizantes químicos más ceniza, se aprecian incrementos significativos tanto del fósforo como del potasio, respecto al testigo sin fertilizar (Tabla 2 y 3). Similares resultados reportan Vázquez *et al.*, (1994); por su parte, Rodríguez (2006) en trabajos realizados en suelos pardos plantados con bananos 'FHIA- 18' en altas densidades también observó este efecto.

Es muy significativo el incremento que se produce del potasio cuando éste se aplica de forma mineral, ya sea como KCl o ceniza, aumentado así el  $K_2O$  asimilable en el suelo en los tres experimentos realizados (Tablas 1,2 y 3).

#### **4.2. Análisis del efecto de los tratamientos sobre las propiedades físicas del suelo utilizado**

El uso de abonos orgánicos es una práctica muy utilizada en algunas zonas bananeras del mundo debido a su efecto positivo en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Lahav y Turner (1992) mencionan el uso de hasta  $500 \text{ t.ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  de materia orgánica.

En las Tablas 4, 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos en los tres experimentos realizados en cuanto a los indicadores de las propiedades físicas del suelo.

El suelo en el cual se desarrollaron los experimentos se puede catalogar por los indicadores de plasticidad como ligeramente plástico (Cairo y Fundora, 1994). En cuanto al estado estructural, clasifica como adecuado, de acuerdo a sus valores en el índice de permeabilidad, factor de estructura y agregados estables (Cairo, 2003) (Anexo 2).

**Tabla 4. Efecto de la fertilización órgano mineral a partir del uso de humus de lombriz sobre indicadores de fertilidad física del suelo**

Tratamientos	LIP (% hhss)	LSP (% hhss)	IP (% hhss)	Log 10K	FE (%)	AE (%)
1	32,73 c	49,62d	16,99 bc	1,66 d	67,08 e	65,41 d
2	33,25 c	50,64 c	17,43 ab	2,01b	70,76 c	68,36 c
3	31,63 d	49,73 d	17,95 a	1,70 d	68,79 d	64,77 e
4	33,18 c	49,99 d	16,72 cd	1,79 c	66,19 f	63,76 f
5	35,06 b	53,06 b	18,00 a	2,07 a	71,91 ab	70,70 a
6	36,90 a	52,65 b	15,69 e	2,04 ab	71,47 b	70,66 a
7	36,91 a	53,99 a	17,13 bc	2,04 ab	72,31 a	70,02 b
8	36,71 a	52,56 b	16,24 de	2,02 b	72,19 a	69,64 b
ES (±)	0,31*	0,13*	0,20*	0,015 *	0,19*	0,20*
CV (%)	1,80	0,52	2,30	1,64	0,55	0,59

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg Ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz+25%NK+,5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz+ 25%NK+ 5kg ceniza.

LIP (Limite Inferior de Plasticidad), LSP (Limite Superior de Plasticidad), IP (Índice de Plasticidad), Log 10K (Permeabilidad), FE (Factor Estructura), AE (Agregados Estables).

**Tabla 5. Efecto de la fertilización órgano mineral con la aplicación de estiércol ovino sobre indicadores de fertilidad física del suelo**

Tratamientos	LIP (% hhss)	LSP (% hhss)	IP (% hhss)	Log 10K	FE (%)	AE (%)
1	32,73 c	49,62 c	16,99 bc	1,66 c	67,08 d	65,41 c
2	33,25 bc	50,64 b	17,43 ab	2,01 a	70,76 ab	68,36 b
3	31,63 c	49,73 c	17,95 a	1,70 c	68,79 c	64,77 d
4	33,18bc	49,99 c	16,72 c	1,79 b	66,19 e	63,76 e
5	35,66 a	52,15 a	16,49 c	2,02 a	71,19 a	69,27 a
6	35,74 a	51,03 b	15,18 d	2,01 a	70,74 ab	68,81 ab
7	35,62 a	50,86 b	15,34 d	2,03 a	70,31 b	68,75 ab
8	34,86 ab	52,35 a	17,89 a	1,97 a	70,16 b	68,82 ab
ES (±)	0,63*	0,18*	0,18*	0,015 *	0,20*	0,20*
CV (%)	3,73	0,70	2,15	1,66	0,57	0,59

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25 %NK+5kg ceniza.

LIP (Limite Inferior de Plasticidad), LSP (Limite Superior de Plasticidad), IP (Índice de Plasticidad), Log 10K (Permeabilidad), FE (Factor Estructura), AE (Agregados Estables).

De manera general los tratamientos del 5 al 8 mejoraron los indicadores favorables en cuanto a las propiedades físicas del suelo. La utilización del humus de lombriz en cualquiera de las dosis comparadas logró aumentar el valor del límite inferior y superior de plasticidad, lo cual es favorable para el manejo del suelo; igualmente incrementó la permeabilidad, el factor estructura y los agregados estables (Tabla 4).

**Tabla 6. Efecto de la fertilización química sobre indicadores de fertilidad física del suelo**

Tratamientos	LIP (% hhss)	LSP (% hhss)	IP (% hhss)	Log 10K	FE (%)	AE (%)
1	32,73 c	49,62 c	16,99 c	1,66 cd	67,08 c	65,41 b
2	31,63 d	50,64 a	17,95 a	1,70 c	68,79 b	64,77 b
3	33,25 bc	49,73 bc	17,43 b	2,01 a	70,76 a	68,36 a
4	33,18 bc	49,99 bc	16,72 cd	1,79 b	66,19 de	63,76 c
5	34,19 a	49,62 c	15,45 e	1,77 b	65,31 f	61,00 e
6	33,79 ab	50,16 ab	16,50 d	1,79 b	66,68 cd	62,94 d
7	33,70 ab	49,03 d	15,24 e	1,61 d	65,77 ef	63,64 cd
ES (±)	0,25*	0,50*	0,13*	0,01*	0,18*	0,23*
CV (%)	1,53	0,66	1,59	1,79	0,55	0,72

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 75%NK+5Kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK+5kg ceniza.

LIP (Limite Inferior de Plasticidad), LSP (Limite Superior de Plasticidad), IP (Índice de Plasticidad), Log 10K (Permeabilidad), FE (Factor Estructura), AE (Agregados Estables).

Entre las mejoras en el estado estructural del suelo (Tabla 4, 5 y 6) se observa que con el empleo de la fertilización orgánica u órgano-mineral se produce un aumento del índice de la permeabilidad dando lugar en todos los experimentos a un cambio de categoría (López *et al.*, 1981) al pasar de adecuado a excelente exceptuando cuando se utilizó el tratamiento 3 (Tabla 4) y 8 (Tabla 5) (Anexo 5).

En cuanto al factor estructura y agregados estables no hay cambios cualitativos, sin embargo, se observa un aumento desde el punto de vista cuantitativo, generalmente con diferencias significativas entre los tratamientos. Los mejores valores se encontraron en los tratamientos 7 y 8 cuando se empleó el humus de lombriz combinado con niveles de fertilizante mineral, sin diferencias estadísticas con el 5. Cuando se utilizan 18 kg de estiércol ovino (Tabla 5), se obtiene el mejor porcentaje para el factor estructura y el de agregados estables.

La Tabla 6 muestra un efecto positivo de la ceniza sobre el LIP y el LSP, lo cual aumenta el rango de tempero, ello favorece el manejo del suelo y permite el trabajo con mayores niveles de humedad. El testigo de producción (3) muestra diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos, con una permeabilidad de 2,01 y un 70,76 % de factor estructura. Esto puede estar asociado al efecto beneficioso que produce la materia orgánica aplicada en el momento de la siembra y a los seis meses.

Estos resultados confirman la importancia de la materia orgánica por ser un indicador de la fertilidad química del suelo y por su importante función

en el comportamiento físico de éste, debido a que favorece la formación y estabilidad de los agregados más que ningún otro factor (Vicente, 2003).

A su vez, se corroboran los resultados expuestos por Giner (2004), cuando destaca que al emplear enmiendas orgánicas se mejora la capacidad de retención del agua, se influye sobre la porosidad de los suelos compactados, disminuye la densidad aparente del suelo; estos aspectos permiten un mayor desarrollo del sistema radical de las plantas y por tanto una mejor absorción de los nutrientes presentes en el suelo (León, 2003). Todo ello según Cabrera *et al.*, (2000) incide directamente en la parte biológica (planta) dando lugar a condiciones óptimas para su nutrición en general y con ello, a un aumento de los rendimientos agrícolas.

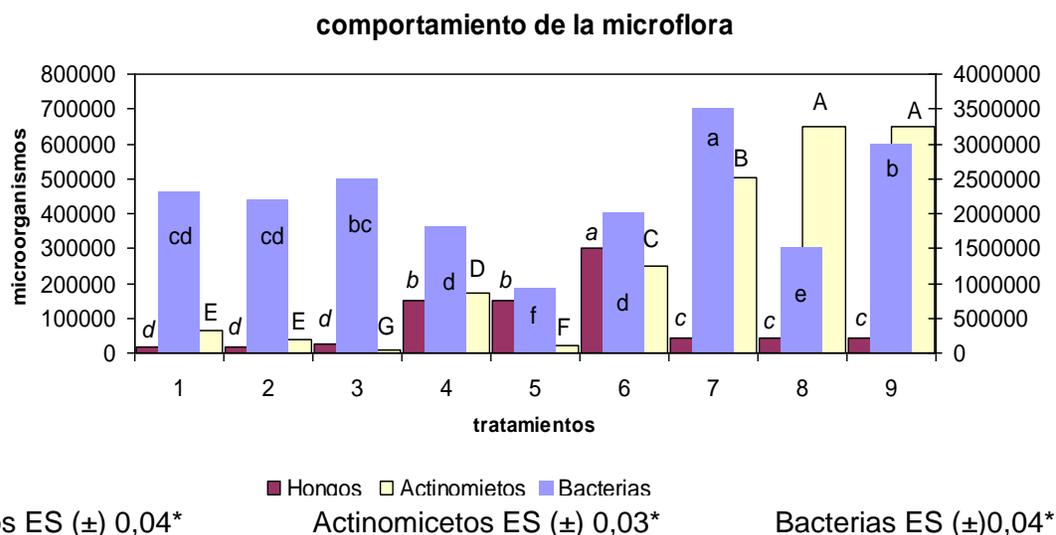
El empleo de diferentes fuentes de fertilización orgánica en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos, es un aspecto que en los últimos años ha sido reportado en varias investigaciones como de vital importancia para los agroecosistemas (Goya, 1999; Vilariño, 2000; León, 2003; Morales, 2003; Rodríguez, 2003; del Pino, 2005 y Rodríguez, 2006).

#### **4.3. Análisis del efecto de los tratamientos usados sobre las propiedades microbiológicas del suelo**

En cuanto a la población microbiana en el suelo y el comportamiento de la microflora en el mismo, los mejores tratamientos fueron aquellos en los cuales se aplicó materia orgánica, lo que aumentó la población de hongos, bacterias y actinomicetos.

En la variante donde se utilizó humus de lombriz como alternativa, los mejores resultados se observan con la utilización de 3kg, 5kg de humus de lombriz+25 %NK+ 5kg de ceniza, con diferencias significativas en comparación con el testigo de producción en cuanto a la población de bacterias y actinomicetos. (Fig.1).

**Figura 1. Comportamiento de la microflora del suelo a partir de la aplicación de humus de lombriz**



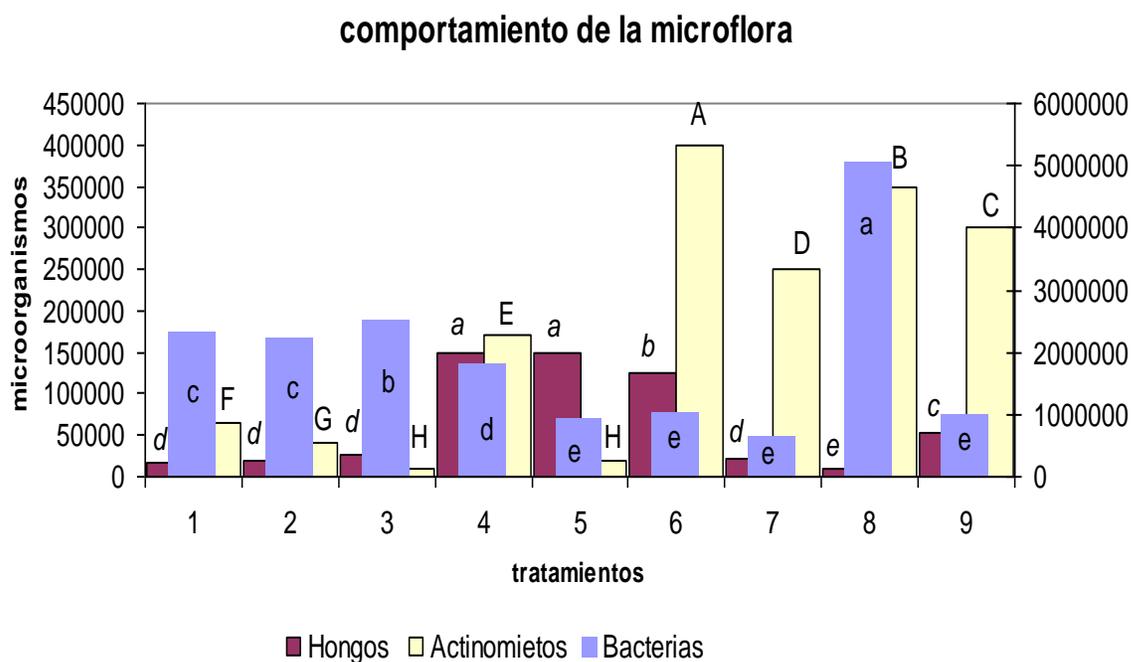
\* (a,b,c,d,e) medias con letras en cursiva no comunes difieren por Dunnet´C para p<0.05 (hongos).  
 \*(A,B,C,D,E) medias con letras mayúsculas no comunes difieren Dunnet´C para p<0.05 actinomicetos).  
 \* (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes difieren por Dunnet´C para p<0.05(bacterias).

**Leyenda:**

1- Muestra de campo, 2- Test. sin Fert., 3- Test.5kg ceniza, 4- 6kg estiércol+ 25%NK+ 3kg estiércol, 5-100% NK, 6- 7 kg humus de lombriz, 7- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 8- 3 kg humus de lombriz+25%NK+,5kg de ceniza, 9 – 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

En el experimento 2 los mejores resultados corresponden al tratamiento E10(10kg estiércol+25%NK+5kg ceniza), en el cual muestra un incremento en la población de estos microorganismos, seguido de los tratamientos 6 y 9 (Fig. 2).

**Figura 2. Comportamiento de la microflora del suelo a partir de la aplicación de estiércol ovino**



hongos ES ( $\pm$ ) 0,043\*

actinomicetos ES ( $\pm$ ) 0,03\*

bacterias ES ( $\pm$ ) 0,045\*

\* (a,b,c,d,e)medias con letras en cursiva no comunes difieren por Dunnet´C para  $p < 0.05$  (hongos).

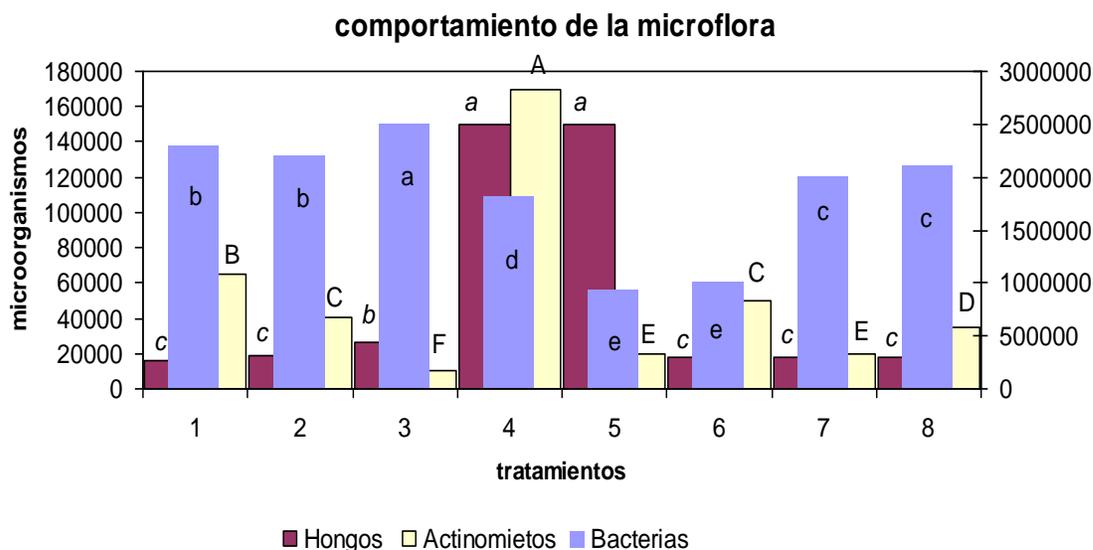
\* (A,B,C,D,E)medias con letras mayúsculas no comunes difieren Dunnet´C para  $p < 0.05$ (actinomicetos).

\* (a,b,c,d,e)medias con letras no comunes difieren por Dunnet´C para  $p < 0.05$ (bacterias).

### Leyenda:

1- Muestra de Campo, 2- Test.sin Fert., 3- Test.5kg ceniza, 4- 6kg estiércol+ 25%NK+ 3kg estiércol, 5- 100%NK, 6- 18kg estiércol, 7- 14 kg estiércol+25% NK+5kg ceniza, 8- 10kg estiércol+25%NK+5kg ceniza, 9- 6kg estiércol+25%NK+5kg ceniza.

**Figura 3. Comportamiento de la microflora del suelo a partir de la aplicación de fertilizantes químicos.**



hongos ES ( $\pm$ ) 0,042\*

actinomicetos ES ( $\pm$ ) 0,044\*

bacterias ES ( $\pm$ ) 0,044\*

\* (a,b,c,d,e)medias con letras en cursiva no comunes difieren por Dunnet´C para  $p < 0.05$  (hongos).

\*(A,B,C,D,E)medias con letras mayúsculas no comunes difieren Dunnet´C para  $p < 0.05$ (actinomicetos).

\* (a,b,c,d,e)medias con letras no comunes difieren por Dunnet´C para  $p < 0.05$ (bacterias).

### Leyenda:

1- Muestra de Campo, 2- Test. sin Fert., 3- Test.5kg ceniza, 4- 6kg estiércol+ 25%NK+ 3kg estiércol, 5- 100% NK, 6- 75% NK+5kg ceniza, 7- 50%NK+ 5kg ceniza, 8- 25%NK+5kg ceniza.

La reducción de fertilizantes químicos es una alternativa utilizada en varios cultivos para que el mismo sea más sostenible económicamente y a su vez no se comprometan los rendimientos de dicho cultivo; en este caso cuando aplicamos fertilización química NK podemos observar que la

bioestructura del suelo disminuye con respecto a aquellos tratamientos en los cuales se utilizaron alternativas orgánicas en combinación con fertilización NK. Siendo el de mejor resultado el testigo de producción con diferencias significativas en cuanto a la población de hongos y actinomicetos. (Fig. 3).

Resultados similares fueron reportados por Cepeda (1993) y Ruiz (1996) quienes demostraron que el suelo pierde su dinámica biológica debido al efecto nocivo generado por el uso de los agroquímicos, el impacto sobre el suelo de las láminas pesadas del agua procedente de los sistemas de riego, las cuales posteriormente provocan una lixiviación o lavado de bases, acidificando el suelo y con ello dan lugar efectos tóxicos en éste. También se incluye, la pérdida de materia orgánica por procesos de oxidación y de erosión, así como la tasa de extracción de nutrimentos por los cultivos que influyen en la disminución de la fertilidad del suelo. Debido a esto los abonos orgánicos o materia orgánica ganan un mayor protagonismo en los momentos actuales pues pueden restituir la dinámica biológica y/o, la fertilidad perdida.

Según resultados obtenidos por Kennedy y Smith (1995) 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 alteradas, 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.

#### **4.4. Análisis de los indicadores de crecimiento y desarrollo**

Varios autores entre ellos Simmonds (1980) han evaluado diferentes caracteres morfológicos de los plátanos y bananos como, perímetro del seudotallo, altura de la planta, área foliar como una vía tanto para diagnosticar el estado nutricional de las plantas y poder pronosticar el rendimiento futuro de las mismas.

Con respecto al perímetro del seudotallo y altura de la planta se puede observar (Tabla 7) que los tratamientos utilizados como controles presentan valores inferiores con respecto a aquellos donde se utilizó combinaciones órgano-minerales destacándose con los resultados más favorables las combinaciones correspondientes a los tratamiento 6 y 7 sin diferencias estadísticas entre ellos y sí, con el resto de los tratamientos.

**Tabla 7. El humus de lombriz y su efecto sobre altura y perímetro de la planta, número de hojas en floración y cosecha en una fertilización órgano mineral**

Tratamientos	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	altura (cm)	perímetro (cm)	No. de hojas en floración	No. de hojas en la cosecha
1	279,2 c	49,85 f	8,80 e	3,52 e
2	274,5 c	52,35 e	9,14 de	3,66 e
3	291,0 ab	53,70 de	9,43 bcd	4,19 d
4	291,0 ab	58,12 ab	10,16 a	5,35 a
5	282,0 bc	54,70 cd	9,06 de	4,76 bc
6	301,1 a	57,75 ab	9,80 ab	4,78 b
7	301,9 a	59,55 a	9,79 abc	4,77 b
8	293.7 a	56,57 bc	9,37 cd	4,57 c
ES = ±	2,13*	0,52*	0,09*	0,045*
CV (%)	1,45	2,67	2,80	2,84

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz+25%NK+,5kg de ceniza, 8- 1 Kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

En cuanto número de hojas a la floración y a la cosecha los mejores resultados se presentaron en el tratamiento 4, seguido del 6 y 7. Sin embargo los mayores valores de desfoliación correspondieron a los tratamientos control sin fertilizar y con cinco kg de ceniza por plantas.

**Tabla 8. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre indicadores del crecimiento y desarrollo con la aplicación de humus de lombriz**

Tratamientos	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	área foliar en floración (m <sup>2</sup> )	Índice de área foliar (IAF)	ciclo vegetativo (días)	ciclo productivo (días)
1	6,91 e	2,30 f	377 g	538 h
2	7,84 d	2,61 e	363 f	523 g
3	9,70 c	3,23 d	339 b	486 e
4	12,15 a	4,05 a	335 a	459 b
5	10,30 b	3,43 c	351 e	490 f
6	11,92 a	3,97 ab	346 d	454 a
7	11,63 a	3,87 b	343 c	463 c
8	9,82 bc	3,27 cd	352 e	475 d
ES = ±	0.12*	0.035*	0.50*	0.50*
CV (%)	3.30	2.99	0.40	0.29

\* (a,b,c,d,e,f,g,h) medias con letras no comunes en una misma columna

difieren por Tukey (HSD) para  $p < 0.05$

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz+25%NK+,5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

En la Tabla 8 se puede apreciar que con el tratamiento utilizado como control mineral con la aplicación del 100% de fertilización química (300gr.planta<sup>-1</sup> de nitrógeno y 720 de potasio), las plantas presentan un mayor área foliar e índice de área foliar (IAF) y un menor número de

días entre la siembra y floración (ciclo vegetativo) resultado que no difiere estadísticamente en cuanto al área foliar de los tratamientos 6 y 7 en los que se emplearon combinaciones órgano-minerales.

A su vez, las plantas con el ciclo productivo más corto pertenecen al tratamiento con cinco kg de humus de lombriz más una reducida dosis de fertilización mineral (6), resultado que difiere estadísticamente del resto.

En la Tabla 9 se observa que los tratamientos fertilizados con combinaciones órgano-minerales y 100% de la dosis de fertilizante mineral presentan los resultados más favorables en todos los aspectos sin diferencias significativas con los tratamientos 5, 6 y 7 en lo referente a perímetro del seudotallo y altura de la planta.

En cuanto al número de hojas en la floración tampoco existe diferencia estadísticamente significativa con los tratamientos donde se aplicaron 14 y 10 kg de estiércol ovino respectivamente y 25% de fertilizante mineral.

**Tabla 9. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre altura y perímetro, número de hojas en la floración y cosecha a partir de la aplicación de estiércol ovino**

Tratamientos	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	altura (cm)	perímetro (cm)	No. de hojas en floración	No. de hojas en la cosecha
1	279,20 bc	49,85 c	8,80 e	3,52 e
2	274,50 c	52,35 b	9,14 de	3,66 e
3	291,00 ab	53,70 b	9,43 cd	4,19 d
4	291,70 a	58,12 a	10,16 a	5,35 a
5	278,40 c	51,42 bc	9,48 cd	4,99 b
6	299,22 a	57,97 a	9,98 ab	4,87 bc
7	302,20 a	59,07 a	9,77 abc	4,77 c
8	293,20 a	57,05 a	9,60 bc	4,69 c
ES = ±	1,94*	0,61*	0,097*	0,56*
CV (%)	1,39	3,15	2,89	2,90

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK ,5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25%NK +5kg ceniza.

En el tratamiento donde se utilizó la combinación 14 kg de estiércol ovino +25% NK+ 5kg ceniza (6) presenta la mayor área e índice de área foliar, menor ciclo vegetativo y productivo (Tabla 10); lo que no difiere

estadísticamente del control mineral (4) y del 7 (10 kg se estiércol ovino) en cuanto a área foliar e índice de área foliar.

**Tabla 10. El estiércol ovino y su efecto sobre indicadores del crecimiento y desarrollo en la fertilización órgano mineral**

Tratamientos	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	área foliar en floración (m <sup>2</sup> )	Índice de área foliar (IAF)	ciclo vegetativo (días)	ciclo productivo (días)
1	6,91 e	2,30 e	377 f	538 h
2	7,84 d	2,61 d	363 e	523 g
3	9,70 c	3,23 c	339 c	486 e
4	12,15 a	4,05 a	335 b	459 c
5	11,32 b	3,77 b	362 e	504 f
6	11,95 a	3,98 a	330 a	442 a
7	11,76 ab	3,92 ab	329 a	445 b
8	10,14 c	3,38 c	342 d	471 d
ES = ±	0,12*	0,035*	0.32*	0.51*
CV (%)	3,38	2,94	2.82	0.30

\* (a,b,c,d,e,f,g,h)medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para  $p < 0.05$ .

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK ,5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino l+25% NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza.

Cuando se utilizan diferentes dosis de fertilización química más cinco kg de ceniza los mejores resultados en todos los indicadores se observan en el tratamiento control mineral (300 g de nitrógeno y 720 g de potasio por

planta) sin diferencia significativa con el tratamiento 6 en lo referente a la altura de la planta. Se observa también que en el indicador perímetro de seudotallo no existe diferencia estadística con los tratamiento 5 (75% de NK más ceniza) y 6 (50% de NK+25% ceniza) (Tabla 11).

**Tabla 11. La fertilización química su resultado sobre indicadores del crecimiento y desarrollo**

Tratamiento	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	altura (cm)	perímetro (cm)	No. de hojas en floración	No. de hojas en la cosecha
1	279,20 c	49,85 e	8,80 d	3,52 e
2	274,50 c	52,35 d	9,14 cd	3,66 e
3	291,00 b	53,70 cd	9,43 bc	4,19 d
4	293,00 ab	58,12 a	10,16 a	5,35 a
5	291,70 b	58,05 a	9,68 b	5,09 b
6	302,20 a	56,67 ab	9,56 b	4,66 c
7	296,5 ab	55,30 bc	9,46 bc	4,61 c
ES ±	2,36*	0,47*	0,087*	0,040*
CV (%)	1,63	2,45	2,58	2,56

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK+5kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza,7- 25%NK+5kg ceniza.

De forma general, las plantas mejor nutridas presentan mayores perímetros del seudotallo. Resultado que se corrobora con los obtenidos por Guijarro y García, (1977) al reportar que tanto la altura de las plantas, perímetro del seudotallo y área foliar de la tercera hoja son los caracteres

morfológicos cuantitativos que se ha de tomar para diagnosticar el estado nutricional de las plantas y del suelo. Por su parte otros autores como Brunet (1988) reportan una marcada relación entre los contenidos de potasio en el suelo y el grosor de pseudotallo.

**Tabla 12. Efecto de la fertilización química sobre el área foliar, IAF en la floración, ciclo vegetativo y productivo**

Tratamientos	Indicadores			
	crecimiento y desarrollo			
	área foliar en floración (m <sup>2</sup> )	Índice de área foliar (IAF)	ciclo vegetativo (días)	ciclo productivo (días)
1	6,91 f	2,30 f	377 f	538 f
2	7,84 e	2,61 e	363 e	523 e
3	9,70 cd	3,23 cd	339 c	486 d
4	12,15 a	4,05 a	335 b	459 a
5	10,99 b	3,66 b	331 a	466 b
6	10,12 c	3,37 c	349 d	482 c
7	9,55 d	3,18 d	339 c	487 d
ES = ±	0,10*	0,033*	0,40*	0,51*
CV (%)	2,94	2,96	0,32	0,29

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test. 5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK+5kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK +5kg ceniza.

En la Tabla 12 se expresa que cuando se utiliza el 100% del fertilizante se obtienen los mejores resultados en cuanto al área foliar, IAF y ciclo

productivo con diferencias significativas sobre los demás tratamientos, puede deberse a que la planta cuenta con todos los requerimientos nutricionales necesarios para un desarrollo vegetativo óptimo.

En investigaciones realizadas por Belalcázar *et al.*, (1994), se demostró que para obtener un racimo de buen peso y calidad, las plantas de plátano deben mantener, como mínimo, seis hojas funcionales desde la floración hasta los 45 días de edad del racimo. Por su parte en cuanto a este indicador otros autores como Álvarez (1997) y Pino (1996) señalan la importancia de culminar el ciclo vegetativo con no menos de ocho hojas por planta, para que de esta forma, la planta cuente con un área fotosintética que le permita alcanzar rendimientos acordes con las potencialidades del clon.

El área foliar expresa valores superiores en el tratamiento control mineral (100% NK), sin diferencias significativas con aquellos en los que se combinó con 5 y 3 kg de humus de lombriz en ese orden, así como con aquellos en los que se empleó 14 y 10 kg de estiércol ovino con ceniza y bajas dosis de fertilizante químico.

En sistemas de alta densidad tienden a aumentar los días a la cosecha por el solapamiento y el autosombreo de las plantas. El análisis de los resultados de diversos estudios demuestra que el incremento en la duración del ciclo vegetativo es compensado con rendimientos mayores (Belalcázar, 1991). En este aspecto los tratamientos en que se aplicó material orgánico presentan menor duración del ciclo vegetativo y productivo con respecto a los controles a pesar de que en los sistemas en

altas densidades el cultivo tiende a elevar los días de ambos ciclos debido a la competencia por luz y nutrientes (Belalcázar, 2004).

#### 4.5. Análisis de los indicadores del rendimiento

Como se aprecia en la Tabla 13, cuando se reduce la dosis de fertilización química y se acompaña de una dosis de humus de lombriz el número de manos y de dedos, así como el peso del racimo, no difieren significativamente de cuando se emplea 100% de la fertilización química.

**Tabla 13. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre indicadores del rendimiento con la aplicación de humus de lombriz**

Tratamientos	No. de manos	No. de dedos	peso del racimo (kg)	rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
1	6,45 cd	70,67 c	16,15 c	45,75 c
2	6,32 d	70,72 c	16,00 c	45,33 c
3	6,20 d	70,52 c	16,47 bc	46,67 bc
4	6,87 ab	85,67 a	19,75 a	55,95 a
5	6,52 cd	77,15 c	17,22 bc	48,80 bc
6	7,20 a	85,12 ab	19,97 a	56,59 a
7	7,15 a	84,85 ab	20,37 a	57,72 a
8	6,77 bc	77,60 bc	17,65 b	50,00 b
ES ±	0,071*	2,09*	0,33*	0,94*
CV (%)	2,98	5,41	5,22	5,24

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

#### Leyenda:

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz +25%NK +,5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

Los mejores tratamientos fueron el 6, 7 y 4 en ese orden sin diferencias significativas entre ellos. Resultados similares obtuvieron Smith (1997) y Mahalakamini *et al.*, (2003), cuando demostraron la influencia positiva que ejerce el contenido de materia orgánica en la retención de humedad en el suelo y en la nutrición de la planta.

**Tabla 14. Efecto del humus de lombriz sobre el peso, longitud y perímetro del dedo en una fertilización órgano mineral**

Tratamientos	peso del dedo (g)	longitud del dedo (cm)	perímetro del dedo (cm)
1	134,22 e	15,22 d	13,11 e
2	134,30 e	17,60 d	13,02 e
3	146,73 d	18,80 c	14,12 ab
4	239,97 a	20,92 b	14,67 a
5	158,36 c	18,67 c	13,32 de
6	204,34 b	22,17 a	13,92 bc
7	198,50 b	20,29 b	13,81 bcd
8	146,73 d	18,65 c	13,50 cde
ES (±)	1,33*	0,21*	0,13*
CV (%)	2,21	3,33	2,63

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz +25%NK +,5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

En la Tabla 14 el tratamiento 4 fue significativamente superior a los demás en los indicadores peso y perímetro del dedo, a su vez la mejor longitud del dedo, corresponde a la combinación de 5 kg humus de lombriz + 25% NK + 5kg ceniza (6) con diferencias significativas sobre los demás tratamientos.

**Tabla 14.1. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre indicadores de calidad del dedo con la aplicación de humus de lombriz**

Tratamientos	peso fresco de la cáscara (g)	peso fresco de la pulpa (g)	relación cáscara/pulpa en estado fresco
1	65,14 g	69,08 e	0,94 e
2	63,65 h	70,65 e	0,90 d
3	68,22 f	78,50 d	0,87 bc
4	96,82 a	143,15 a	0,83 a
5	72,61 d	84,22 c	0,88 cd
6	93,50 b	110,84 b	0,84 ab
7	92,11 c	106,39 b	0,87 bc
8	70,12 e	78,75 d	0,89 cd
ES ( $\pm$ )	0,27*	1.22*	0,0065*
CV (%)	0,98	3,74	2,10

\* (a,b,c,d,e,f,g) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para  $p < 0.05$ .

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 7 kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 7- 3 kg humus de lombriz+25%NK+,5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza.

La relación cáscara -pulpa es un indicador de calidad importante en el momento de la cosecha de los plátanos y tiene mucha relación con el

peso de la cáscara y el peso de la pulpa. El tratamiento 4 mostró los mejores resultados en todos los indicadores con diferencias significativas sobre todos los tratamientos (Tabla 14.1).

**Tabla 15. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre indicadores del rendimiento con la aplicación de estiércol ovino**

Tratamientos	No. de manos	No de dedos	peso del racimo	rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
1	6,45 cd	70,67 b	16,05 c	45,75 c
2	6,35 cd	70,72 b	16,00 c	45,33 c
3	6,20 d	70,52 b	16,47 c	46,67 c
4	6,87 ab	85,67 a	19,75 a	55,95 a
5	6,57 bc	76,35 b	16,70 c	47,95 c
6	7,07 a	85,67 a	20,10 a	56,94 a
7	7,15 a	84,20 a	20,50 a	58,07 a
8	7,02 a	83,17 a	18,45 b	52,26 b
ES (±)	0,25*	1,40*	0,25*	0,09*
CV (%)	3,33	5,10	3,90	3,87

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino+25% NK+5kg ceniza, 7-10kg estiércol ovino+25%NK+5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino+25%NK+5kg ceniza.

Cuando se aplica estiércol ovino a plantaciones de plátanos se pueden obtener buenos resultados sobre el rendimiento (Tabla 15), los mejores

tratamientos fueron el 4, 6 y el 7 sin diferencias significativas entre ellos; en cuanto al valor, fue superior la combinación 7 con 58.07 t.ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 16. Efecto del estiércol ovino sobre el peso, longitud y perímetro del dedo en la aplicación de una fertilización órgano mineral**

Tratamientos.	peso del dedo (g)	longitud del dedo (cm)	perímetro del dedo (cm)
1	134,22 e	15,22 e	13,11 de
2	134,30 e	17,60 d	13,02 e
3	146,73 d	18,8 0c	14,12 b
4	239,97 a	20,92 b	14,67 a
5	154,88 c	18,39 cd	13,29 cde
6	204,15 b	21,66 a	13,71 bc
7	199,50 b	20,09 b	13,60 cd
8	158,54 c	18,57 c	13,39 cde
ES (±)	1,26*	0,19*	0.11*
CV (%)	2,10	17,57	2.29

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

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 18kg estiércol, 6- 14 kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino + 25% NK + 5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25%NK +5kg ceniza.

Respecto a la aplicación de estiércol ovino los parámetros de calidad del fruto, las Tablas 16 y 16.1 ilustran que el tratamiento 4 fue superior en

cuanto a peso y perímetro del dedo. Respecto a la longitud del dedo, el mejor fue el tratamiento 6 con diferencias significativas en ambas variables sobre los demás. Y en cuanto al peso de la cáscara y de la pulpa así como su relación el mejor fue el tratamiento 4 con diferencias estadísticas.

**Tabla 16.1. Efecto de la fertilización órgano mineral sobre indicadores de calidad del dedo con la aplicación de estiércol ovino**

Tratamientos	peso fresco de la cáscara (g)	peso fresco de la pulpa (g)	relación cáscara/pulpa en estado fresco
1	65,14 g	69,08 e	0,94 f
2	63,65 h	70,65 e	0,90 e
3	68,22 f	78,50 d	0,87 bcd
4	96,82 a	143,15 a	0,83 a
5	72,61 e	82,26 cd	0,88 de
6	93,76 b	110,39 b	0,85 b
7	92,14 c	107,36 b	0,86 bc
8	74,35 d	84,59 c	0,88 cde
ES (±)	0,20*	1,17*	0,01*
CV (%)	0,72	3,55	1,57

\* (a,b,c,d,e,f,g,h)medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para  $p < 0.05$ .

**Leyenda:**

1- Test.sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100%NK, 5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino +25%NK +5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25%NK +5kg ceniza.

Según resultados obtenidos en investigaciones realizadas por Mahalaskshmi *et al.*, (2003) la aplicación de materia orgánica y la fertilización correcta influyen en el largo y circunferencia de los dedos, y

demuestra además el efecto positivo de diferentes dosis de fertilización sobre estos indicadores del rendimiento.

**Tabla 17. Efecto de la fertilización química sobre indicadores del rendimiento**

Tratamientos	No. de manos	No de dedos	peso del racimo (kg)	rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
1	6,45 c	70,67 b	16,15 d	45,75 d
2	6,32 c	70,72 b	16,00 d	45,83 d
3	6,20 c	70,52 b	16,47 d	46,67 d
4	6,87 b	85,67 a	19,75 ab	55,95 ab
5	7,15 a	86,27 a	20,30 a	57,51 a
6	6,90 ab	83,65 a	18,72 bc	53,05 bc
7	6,92 ab	82,32 a	17,92 c	50,78 c
ES (±)	0,059*	2,10*	0,30*	0,85*
CV (%)	2,49	5,48	4,77	4,78

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK+5kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK+5kg ceniza.

En la Tabla 17 se muestran los resultados obtenidos a partir de la utilización de diferentes dosis de fertilizantes químicos en cuanto a número de manos, de dedos, peso del racimo y rendimiento, destacándose el

tratamiento 5, en todos los indicadores seguido por el 4; también el 6 y 7 no mostraron diferencias estadísticas en las variables número de manos y de dedos por racimo; todos los tratamientos químicos tuvieron buena respuesta.

Con el uso de 100% NK se observa que no existe diferencias con el mejor (75%NK) en los parámetros de peso del racimo y rendimiento por hectárea. En este experimento se pudo corroborar que el peso de los racimos se reduce con la producción en altas densidades, pero este factor es compensado con la presencia de un mayor número de racimos por área (Belalcázar *et al.*, 1994).

El crecimiento de la pulpa y cáscara varían durante el llenado de los frutos como consecuencia de la dinámica de los diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren, los resultados de las mismas se muestran en las Tablas 18 y 18.1 donde el tratamiento 4 fue el de mejores resultados significativamente superior a todos los tratamientos en este experimento.

**Tabla 18. Efecto de la fertilización química sobre indicadores de calidad del dedo**

Tratamientos.	peso del dedo (g)	longitud del dedo (cm)	perímetro del dedo (cm)
1	134,22 e	15,22 e	13,11 c
2	134,30 e	17,60 d	13,02 c
3	146,73 d	18,80 b	14,12 b
4	239,97 a	20,92 a	14,67 a
5	207,02 b	21,02 a	14,20 b
6	196,75 c	18,52 bc	14,02 b
7	142,49 d	18,05 cd	14,31 ab
ES ( $\pm$ )	1,38*	0,14*	0,10*
CV (%)	2,27	2,34	2,03

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

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK+5kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK+5kg ceniza.

**Tabla 18.1. Efecto de la fertilización química sobre el peso de la cáscara, la pulpa del dedo y la relación entre ellas**

Tratamientos	peso fresco de la cáscara (g)	peso fresco de la pulpa (g)	relación cáscara/pulpa en estado fresco
1	65,14 f	69,08 f	0,94 e
2	63,65 g	70,65 ef	0,90 d
3	68,22 d	78,50 d	0,87 bc
4	96,82 a	143,15 a	0,83 a
5	94,06 b	112,96 b	0,83 a
6	90,36 c	106,39 c	0,85 ab
7	66,66 e	75,82 de	0,88 cd
ES ( $\pm$ )	0,31*	1,26*	0,0058*
CV (%)	1,11	3,80	1,89

\* (a,b,c,d,e,f,g) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para  $p < 0.05$ .

**Leyenda:**

1- Test. sin Fert., 2- Test.5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK+5kg ceniza, 6- 50%NK+ 5kg ceniza, 7- 25%NK+5kg ceniza.

De forma general en aquellos tratamientos en que se utilizó alternativas orgánicas en combinación con la fertilización mineral incrementaron el número de dedos y el número de manos del racimo trayendo consigo un incremento en los rendimientos.

Se observa la tendencia de que los tratamientos donde se aplica materia orgánica (humus de lombriz, estiércol ovino) o en combinación con

fertilización química presentan rendimientos sin diferencias estadísticamente a la fertilización química con el 100 % de NK, igualmente ocurren con el número de dedos por racimo. Independientemente del tratamiento utilizado se puede observar que existe una significativa correlación entre las plantas con mayor perímetro del seudotallo con las que presentan mayor rendimiento ( $r=0,85^*$ ;  $0,84^*$  y  $0,86^*$ ). Resultado que se corrobora con los obtenidos por Simmonds (1980) el cual observó que los mayores rendimientos correspondieron a las plantas con mayor perímetro del seudotallo.

Al comparar el rendimiento del mejor tratamiento (10kg de estiércol ovino+ 25%NK) con los testigos utilizados se observó un aumento del rendimiento por planta en un 27,0% con respecto al testigo de fertilización, y de un 24,4% en comparación con el testigo de la producción.

Resultados similares reportan García y Milián (1994) al evaluar alternativas de fertilización en plátano 'Burro CEMSA' (ABB) en el sistema tradicional los cuales recomiendan la aplicación de 15 kg de cachaza + 7,5 kg de ceniza y 25% de NPK por planta, lo que posibilitó incrementos del rendimiento entre 32 y 67,5 %. De igual manera, Milián *et al.*, (1999) encontraron una combinación de fertilización óptima en el banano 'FHIA-18'.

En aquellos tratamientos en que se utilizó material orgánico se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a peso del dedo al igual que ocurrió con la relación cáscara- pulpa, resultados similares se obtuvieron en aquel tratamiento que se aplicó la dosis máxima de fertilizante químico.

De igual forma existió un aumento de los rendimientos lo cual confirma lo obtenido en experimentos conducidos en Israel (Lahav, 1992) donde se encontró incrementos de un 33% en la productividad con el uso de 80 t.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de materia orgánica combinada con la aplicación de fertilizante químico.

Existen varias hipótesis que confirman una estrecha relación entre la fertilidad del suelo con los rendimientos obtenidos en plantaciones de plátanos y bananos (Van Asten, 2004).

#### **4.6. Discusión de los resultados económicos**

Para hacer un uso más apropiado de la tierra y para aumentar la rentabilidad de los cultivos, se ha recurrido al empleo de prácticas agronómicas y/o cultivares altamente productivos. Para el caso del cultivo del plátano se presenta una nueva alternativa, la cual esta relacionada con la siembra de altas densidades de población a un solo ciclo de producción, mediante la siembra de una, dos o tres plantas por punto, bajo una misma o diferentes distancias de siembras (Belalcázar *et al.*, 2004).

En la Tabla 19 se muestra el resultado obtenido del cálculo económico para cada uno de los tratamientos. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico resultó ser la combinación 10 kg de estiércol ovino + 5 kg de ceniza + 25% NK, obteniendo las mayores ganancias (\$148 139,38) y el menor costo por peso de ingreso (\$0,06), así como por tonelada de rendimiento (\$186,96). Seguido del tratamiento 75% NK + 5 kg de ceniza con una ganancia de \$ 147 210,17y un costo por peso de \$0,06.

En este experimento no solo se busca mejorar el suelo y hacer sostenible un agroecosistema de plátano sino también que sea económicamente factible. La plantación de plátanos en altas densidades es utilizada en todo el mundo.

Resultados similares se han obtenido por Martínez (2006) y se ha planteado que el aumento de las densidades de siembra en los cultivos permanentes, presenta una serie de ventajas de manejo agronómico que contribuyen a elevar la producción y rentabilidad de las plantaciones.

De forma general todos los tratamientos presentes en el experimento tuvieron una respuesta positiva en cuanto a la factibilidad económica, pero en aquellos en que se utilizó la vinculación de materiales orgánicos, no solo incrementaron el rendimiento, sino que también trajeron consigo una mejora en el suelo.

Otros datos de interés económicos se aprecian en los anexos 13,14 y 15

**Tabla 19. Valoración económica de los tratamientos aplicados para 1 ha.**

Tratamientos	costos totales	ingresos totales	ganancia	rend (t)	costo/ ton	cost. \$ <sup>-1</sup>	efic. econ.
T	9 516,18	129 531,13	119 015,13	45,75	207,95	0,07	13,50
E <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +E <sub>3</sub>	1 0648,18	128 501,88	117 853,70	45,33	234,90	0,08	12,06
TC	9 948,18	131 709,31	121 761,13	46,67	213,16	0,07	13,23
E <sub>18</sub>	1 0884,18	134 797,05	123 912,87	47,95	226,94	0,08	12,38
E <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 1160,97	156 291,58	145 130,61	56,94	196,01	0,07	14,00
E <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 0856,97	158 996,35	148 139,38	58,07	186,96	0,06	14,64
E <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 0552,97	145 089,53	134 536,56	52,26	201,93	0,07	13,74
H <sub>7</sub>	1 2652,18	136 807,68	124 154,71	48,80	259,26	0,09	10,81
H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 2336,97	155 453,82	143 116,85	56,59	218,00	0,07	12,60
H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 1440,97	158 158,59	146 717,62	57,72	198,21	0,07	13,82
H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	1 0544,97	139 680,00	129 135,03	50,00	210,92	0,07	13,24
NK <sub>100%</sub>	1 0546,27	153 921,92	143 375,65	55,95	188,49	0,06	14,59
NK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	1 0445,78	157 655,95	147 210,17	57,51	181,63	0,06	15,09
NK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	1 0269,07	147 004,41	136 735,34	53,05	193,53	0,07	14,31
NK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	1 0096,97	141 547,00	121 402,16	50,78	198,83	0,07	13,02

**Leyenda;** 1- Test. sin Fert., 2- 6kg estiércol ovino+ 25%NK+ 3kg estiércol ovino, 3- Test.5kg ceniza, 4- 18kg estiércol ovino, 5-14 kg estiércol ovino +25% NK+5kg ceniza, 6- 10kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza, 7- 6kg estiércol ovino +25%NK+5kg ceniza 8-7kg humus de lombriz, 9- 5kg humus de lombriz+25%NK+5kg ceniza, 10- 3 kg humus de lombriz+25%NK+5kg de ceniza, 11- 1 kg humus de lombriz+25%NK+ 5kg ceniza,12- 100% NK, 13- 75% NK+5kg ceniza, 14- 50%NK+ 5kg ceniza,15- 25%NK+5kg ceniza.

## 5. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos con alternativas orgánicas solos o combinados con fertilizantes químicos favorecieron los indicadores químicos del suelo y la aplicación de NK 100 % disminuyó el porcentaje de materia orgánica en el mismo.
2. Los tratamientos de fertilización donde se aplicaron materiales orgánicos solos o combinados con fertilizantes químicos ejercieron los mejores efectos sobre indicadores físicos del suelo como LIP, Permeabilidad, FE y AE.
3. El crecimiento de las poblaciones de microorganismos en el suelo se favoreció con los tratamientos órgano minerales.
4. Las combinaciones de fertilizantes orgánicos (humus de lombriz y estiércol ovino) incidieron favorablemente sobre el incremento del perímetro del seudotallo, el área foliar, el número de dedos por racimo y el rendimiento, con respecto a los testigos utilizados.
5. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico y en cuanto a rendimiento por planta fue 25% NK + 5 kg de ceniza combinado con 10 kg de estiércol ovino.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Valorar aplicar en los sistemas de plantación extradensos del clon de plátano 'FHIA-21' sobre suelo Pardo mullido medianamente lavado, la variante de fertilización 10 kg de estiércol ovino + 5 kg de ceniza + 25 % NK.
2. Continuar investigaciones con los tratamientos empleados en este trabajo en otros tipos de suelos representativos de las áreas destinadas a este cultivo en el país.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Álvarez J.1997. Introducción, evaluación, multiplicación y disseminación de los híbridos FHIA en Cuba. INFOMUSA 6(2): 10-14.

Álvarez J. M., 2004. Instructivo técnico "Tecnología del futuro". 20 p.

Añez B.; Tavira E.; Salas, J.A. 1989. Efecto de la distancia entre hileras sobre la producción de plátano. ACORBAT IX Reunión de la Asociación para la cooperación en investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (9), 1989, Mérida, Venezuela). Memorias. Eds. Bruno Añez, Carlos Nava, Luis Sosa, Ramiro Jaramillo. Maracaibo, Venezuela. pp. 457-471.

Belalcázar C. S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico: Manual de asistencia técnica No. 50. ICA, Cali, Colombia. 376pp.

Belalcázar C.S., M.I.Arcilla, J.A.Valencia, D.G.Cayón y G.Franco.1994. El plátano en Colombia: Altas densidades de siembra. INFOMUSA 3(1):12 15.

Belalcázar S., F. Rosales, J. Espinoza. 2004. Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de Producción. p. 55-63. Francia

Brunet R.1988. Aspectos del POTASIO en los suelos de Cuba.

Cabrera S., Noemí Fernández, E. O. Abreu, R. Curbelo y A. Bernal. 2000. La materia orgánica y el estado energético de los vertisoles. II: Incidencia en la capacidad agroproductiva del suelo. Programas y resúmenes. XII Seminario científico, noviembre 14-17. 2000. INCA. Cuba. 129 p.

- Cairo Cairo, P. 2003. La fertilidad física del suelo y la agricultura sostenible en los trópicos. UCLV. Memoria magnética.
- Cairo Cairo, P. 2001. La fertilidad física y la agricultura en el trópico. 138.p
- Cairo Cairo, P y O. Fundora. 1994. Edafología. La Habana. Ed. Pueblo y Educación. p. 474- 476.
- Cayón G., S. 2004. Ecofisiología y Productividad del plátano (*Musa AAB Simmonds*). XVI Reunión Internacional ACORBAT. Publicación Especial. Disponible on line: [http://musalit.inibap.org/pdf/IN050648\\_es.pdf](http://musalit.inibap.org/pdf/IN050648_es.pdf).
- Cayón G.; L. Valencia, H. Morales y A. Domínguez. 2004. Desarrollo y producción del plátano Dominico- Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en diferentes densidades y arreglos de siembra. Agronomía Colombiana 22(1):18-22.
- Cepeda Rey, J. 1993. Fertilización con abono orgánico. Seminario Taller Internacional sobre fertilidad y nutrición en banano y plátano. Santa Maria, Colombia. pp. 18-22.
- del Pino Toledo, Ivía. 2005. Estudio de la influencia de diferentes niveles de Gallinaza sobre la fertilidad de 5 tipos de suelos de importancia económica en Villa Clara. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- 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.
- FAO (Food and agriculture organization of the United Nations). 1990. FAO Statistical Databases. Agricultural Production result. Pág. 1 a 1.

- FAO. 2004. FAO Statistical Databases. Agricultural Production result. Pág. 1 a 1.
- FAO. 2006. FAO Statistical Databases. Agricultural Production “Crops primary”. Disponible on line <http://faostat.fao.org/>.
- Finck A. (1985) Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Ed. Reverté, S.A. 439 p
- 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.
- Galbiatti J.A,M. Benecase, J.Lucas.Junior,J.Jose Luis.1991. Efeitos da incorporacao de efluentes de biodigestor sobre alguns parámetros do sistema solo-planta em milho. Rev. Cientifica. Piracicaba, Vol. 19 #2.p 105-118.
- 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 R.; J. Simó; y Méndez. A. 2001. Tecnología para la producción de Compost *in situ*. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales, Folleto, 2 p.
- Giner G. J. F. 2004. Las sustancias húmicas, incidencia en la fertilidad de los cultivos. Agrícola Vergel. 23 (269): p 264-269.
- Guijarro R. P. y García, R. 1977.Influencia de la fertilización sobre el crecimiento y desarrollo del plátano fruta. Cienc. Agric. Año IV (1):11-19.

Goya Castro Sonia.1999. Propuesta para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio de Manicaragua. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.

Hernández A., Ascanio, M.O., Morales D.M., Cabrera, R.A. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA) revisado en <http://www.rutas.ucf.edu.cu> a las 3:15 pm -6 GMT, del 23 de abril del 2008.

Hernández E.; Casanova, A.; Bracho, G. 2001. Efecto de la Fertilización en Plátano sobre la composición de hojas frutos y sobre el Rendimiento. Disponible on line: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/>.

INIBAP, 2004. Internacional Network for the Improvement of Banana and Plantain: Montpellier, Francia. Musa Doc. 2004. ISBN: 2 - 910810 – 69 - 0.

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.

Lahav E y D. W. Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda ed. Boletín N°. 7. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 71 p.

- León G.J. 2003. Manejo Ecológico de un suelo Pardo Grisáceo (Iseptisol) degradado. Tesis presentada en opción al título de Master en Agricultura sostenible. Universidad Central de las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- López G.; Fuentes, E. y Vázquez.1981. Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de Suelos por Municipio a escala 1:25000 Ministerio de la Agricultura. Dir. Gral. de Suelos y Fertilizantes.
- López M. 1989. El Plátano. Editorial. Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana: Cuba. p. 235.
- López R. A. y J. Espinosa. 1998. Banana reponse to Potasium. Better Crops Internacional. 12 (1): p.3 – 5.
- López Z. M. 1997. El plátano. UCLV.
- Mahalaskshmi, M;N. Kumar y K. Soorianathasundaram. 2003. Efecto de la fertigación e irrigación sobre el rendimiento de las plantaciones del cv, Robusta sembrado a alta densidad. INFOMUSA 12(1): p.42 -44.
- Martínez G. 2006. Situación actual de los sistemas de producción de musáceas en Venezuela. En: Memorias del IX Congreso Venezolano de Fruticultura, Barquisimeto 24-27 de octubre, p. 99-108.
- Milián O., M. Hernández, R. García y L. Ruiz. 1999. Alternativas de fertilización plátano “FHIA – 18 “. Santo Domingo: INIVIT. 8 p.
- MINAG. 2004. Instructivo técnico para el cultivo del plátano.
- MINAG.1980. NRAG 837- 86. Suelos. Análisis químico. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.

- MINAG.1980. NRAG 878-87. Suelos. Análisis químico. Determinación de los índices del grado de acidez.
- MINAG.1980. NRAG 892-88. Suelos. Análisis químicos. Determinación de los contenidos de fósforo y nitrógeno total, % de materia orgánica y humus.
- MINAG. 1980. NRAG. Suelos. Muestreo agroquímico.
- Morales Sarmiento Mayelín, 2003. La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- Murray D.B. 1960. The effect of deficiencies of the major nutrients on growth and leaf analysis of the banana. Trop. Agric. (Trinidad) 37:97-106.
- MusaDoc. 2004. Bananos: alimento y riqueza. Hojas divulgativas. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Montpellier, France. ISBN: 2 – 910810 – 69 – 0.
- Núñez R. 2002. Como aprovechar el estiércol en el sector agrícola, Rev Agro 2000 # 33(Rev. Técnico Industrial Electrónica).
- Orellana Pérez P. Bermúdez I., Caraballosa, L. García Rodríguez y Veitía Rodríguez N. 2002. Evaluación de características agronómicas en clones híbridos de plátanos (*Musa spp.*) INFOMUSA 11(1) 34-35.
- Orozco R. J. 1999. Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo del banano. Pp. 82-88 in Producción de Banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado

- en EARTH, Guácimo, Costa Rica –2729 de Julio de 1998 (F.E. Rosales, S.C. Tripon y J. Cerna, eds). INIBAP, Montpellier, Francia.
- Pérez E. D. 2000. Características químicas de los suelos del noroeste de República Dominicana. Fersan, C. x A. Musa Doc 2000: ISBN: 2-910810-39-9.
- Pino J.A. 1996. Manejo sostenible para el combate de la Sigatoka negra. Informe de investigación. INIVIT. Cuba.
- Primavesi Ana.2004. Manejo del suelo para el cultivo del banano. CD/RUM MusaDoc.2004.
- Ramos C. 1999. Principales frutales de clima tropical y subtropical. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial. OCEANO / CENTRUM. pp. 671-680.
- Robinson J. C. 1996. Bananas and plantains crop production science in horticulture series, CAB International, University press Cambridge, UK, 238 p.
- Rodríguez Bello Martha.2003. Alternativas para el mejoramiento de los suelos ferralíticos rojos con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- Rodríguez Urrutia Alianny. 2006. Efecto de la aplicación de diferentes combinaciones órgano-minerales sobre la calidad del suelo Pardo con carbonatos y el rendimiento del banano, cultivar FHIA-18 en un sistema extradenso. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.

- Ruiz F, J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F. pp. 23-47.
- Ruiz L. A y Dignora Carvajal. 2008. Instrucciones técnicas para la biofertilización con micorrizas, azotobacter y fosforina en fruta bomba, guayaba y aguacate. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales, Folleto, p. 2.
- Ruiz L. A. 1999. Metodología para la micorrización de vitroplantas de plátano y malanga para la producción de MICOFERT en las UBPC y CPA. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales, Folleto, 2 p.
- Ruiz L. A; V. Medero y Magaly García. 2000. Los biofertilizantes, una alternativa para la fertilización de las viandas en Cuba. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales, Folleto, p.1.
- Simmonds N. W. 1973. Los plátanos. Editorial BLUME. Barcelona. España.
- Simmonds N. W. 1980. Los plátanos. Editorial Cubana. 531p.
- Smith P. 1997. Summary of multi-k field experiments conducted in 1996. Fruit Tress Bananas. Infomessage 3.
- Stevenson F. 1994. Humus Chemistry, Composition, Reactions. J. Wiley and Sons. New York.
- Ubiera A. A. y J. Cepeda. 2002. Evaluación de análisis foliar en el cultivo de banano y su relación a variables de suelos en fincas bananeras de República Dominicana. CD/RUM MusaDoc.2002.

- Uranga J. y J. A. Erburu.1999. El compostaje. Navarra Agraria. 11(3):56-64.
- Van Asten P. J. A., C. S. Gold, S. H. Okech, S. V. Gaidashova, W.K. Tushemereirwe y D. De Waele. 2004. Problemas de la calidad de los suelos en los sistemas de África Oriental y su relación con otros factores de pérdida de rendimiento. INFOMUSA 13(2) pp. 20-23.
- Vicente C. 2003. Origen de la materia orgánica 30 p.
- Vilariño Rodríguez Susana.2000. Alternativas para el manejo de los suelos pardos con carbonatos con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.
- Watson D.J. 1947.Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in NAR and LAI between species and varieties. Ann.Bot.11:41-76.
- Zumaquero P.O. 2002. Economía agropecuaria y desarrollo rural. Conferencia en Maestría en Agricultura Sostenible. UCLV Curso 2001-2002.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Datos climáticos promedios históricos del área reportados en la Estación Agrometeorológica No. 326 INIVIT, Santo Domingo provincia de Villa Clara

MESES	Temp. Media (°C)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Hum. Relat. Media (%)	Evap. Media (mm)	Precip. Media (mm)	Días con lluvia	Veloc. Vient. (Km/h)
Enero	20.8	27.5	14.8	80	4.5	40.0	6	7.7
Febrero	21.6	28.5	15.2	78	5.6	44.9	4	8.3
Marzo	22.8	29.8	16.5	75	6.3	66.4	6	9.1
Abril	24.2	31.2	17.6	73	7.4	62.9	5	8.5
Mayo	25.5	32.1	20.0	77	7.3	183.1	12	8.5
Junio	26.6	32.8	21.7	81	6.7	218.1	15	7.8
Julio	26.9	33.3	21.9	80	7.2	160.9	13	6.1
Agosto	26.9	33.4	21.9	81	6.8	155.6	15	6.5
Septiembre	26.2	32.7	21.8	84	6.1	195.9	16	5.5
Octubre	25.2	31.2	20.5	84	5.4	120.8	12	6.5
Noviembre	23.5	29.3	18.5	84	4.5	65.8	9	7.7
Diciembre	21.7	27.8	16.4	82	4.1	33.5	6	7.3

## Anexo 2. Características físicas y químicas del suelo en el área del experimento

Característica físico - química	Valor
Materia Orgánica (%)	1,82
fósforo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	58,95
potasio (mg K <sub>2</sub> O/100g)	29,57
pH (KCl)	7,22
pH (H <sub>2</sub> O)	7,97
Factor de estructura (%)	61,15
Plasticidad LIP (% hss)	37,87

## Anexos 3. Categorías de algunas propiedades químicas del 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)

#### Anexo 4. Categorías de algunas propiedades químicas del suelo

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

Fuente: López y col., (1981)

<b>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</b>		
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Categoría</b>
< 6	< 7	Bajo
6 – 11	7 – 14	Mediano
11 – 15	14 – 20	Alto
> 15	> 20	Muy alto

Fuente: Fundora y Yepis, (2000)

### Anexo 5. Algunas categorías de propiedades físicas del suelo

<b>LSP (% hbss) Método del balancín (Basi)</b>	<b>LIP (% hbss) Método de los rollitos (Atteberg)</b>	<b>IP(Índice de plasticidad)</b>	<b>Categoría</b>
< 50	< 20	< 15	No plástico
50 – 70	20 – 35	15 – 30	Ligeramente plástico
70 – 90	35 – 50	30 – 45	Plástico
> 90	> 50	> 45	Muy plástico

Fuente: López *et al.*, (1981)

<b>Permeabilidad (log k)</b>	<b>Categoría</b>
2.00 – 2.50	Excelente
1.50 – 2.00	Adecuado
1.00 – 1.50	Regular
< 1.00	Malo

Fuente: López *et al.*, (1981)

<b>Factor de estructura (%)</b>	<b>Categoría</b>
80 – 100	Excelente
65 – 80	Bueno
55 – 65	Regular
< 55	Malo

Fuente: López *et al.*, (1981)

**Anexo 6. Algunas categorías de propiedades físicas del suelo**

<b>Agregados Estables en agua (%)</b>	<b>Categoría</b>
> 70	Excelente
70 – 55	Bueno
55 – 40	Satisfactorio
40 – 20	No satisfactorio
< 20	Malo

Fuente: López *et al.*, (1981)

**Anexo 7. 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 8. Composición química del medio de cultivo “Glicerina Peptona Agar”**

Glicerina	2.0 g
Peptona	2.5 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.0 g
Ca CO <sub>3</sub>	0.04 g
Na Cl	3 g
Mg SO <sub>4</sub>	0.25 g
Fe SO <sub>4</sub>	0.01 g
Agar (1.5%)	15 g
Agua	1 litro
pH	7

**Anexo 9. Composición química del medio de cultivo “Agar Rosa de Bengala”**

Glucosa	10 g
Na NO <sub>3</sub>	1 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1 g
Rosa de Bengala	0.07g
Extracto de suelo*	1 litro
Agar (1.5%)	15 g

\*Extracto de suelo: 500 g de suelo fértil en 1200 ml de agua común, se pone en la autoclave por 1 hora, añadir y filtrar, llevar a 1 litro, pH de 6.8 a 7.0.

### Anexo 10. Composición química del medio de cultivo “Almidón Amoniacaal Agar”

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1 g
Ca CO <sub>3</sub>	3 g
Na Cl	1 g
Mg SO <sub>4</sub>	1 g
Almidón soluble	3 g
Agar (1.5%)	15 g
Agua	1 litro
pH	6.8 - 7.2

### Anexo 11. Caracterización química de los abonos orgánicos utilizados

	Estiércol	Humus de lombriz	Ceniza
pH	7,40	7.30	5.5
Nitrógeno (%)	1,20	2.90	1.27
Fósforo (%)	0,30	3.50	0.82
Potasio (%)	0,93	2,40	3.57
Materia Orgánica (%)	11,05	16,00	16.10
Relación C / N	15.00	14.,00	7.35

**Anexo 12. Datos climáticos del área, reportados en la Estación Agro meteorológica No. 326 INIVIT, Santo Domingo durante el período Agosto 2006 Diciembre 2007, en el cual se desarrolló el cultivo**

MESES	Temp. Media (°C)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Hum. Relat. Media (%)	Evap. Media (mm)	Precip. Media (mm)	Días con lluvia	Veloc. Vient. (Km/h)
<b>Año 2006</b>								
Agosto	26,8	33,4	22,5	82	6.40	121,4	13	8.70
Septiembre	26,5	33,5	22,4	82	6.20	153,3	17	4.80
Octubre	25,4	31,5	21,4	83	5.50	83,2	15	6.60
Noviembre	22,5	28,6	17,8	81	4.40	46,8	7	6.80
Diciembre	23,7	28,6	20,3	83	4.10	36,6	14	9.60
<b>Año 2007</b>								
Enero	22,6	29	17,3	78	4.90	4,6	3	9.40
Febrero	22,1	29,5	16,5	77	5.20	102,4	8	7.80
Marzo	22,7	28,8	22,7	76	6.40	59,6	7	11.1
Abril	23,7	30,9	23,7	74	7.30	37,8	5	9.40
Mayo	25,0	31,5	19,3	78	7.40	151,5	13	7.40
Junio	26,1	32,2	21,8	84	5.60	246,7	18	4.20
Julio	27,1	33,8	22,5	78	7.00	224,4	14	4.70
Agosto	26,7	32,3	22,8	83	6.40	190,5	22	4.60
Septiembre	25,9	32,3	22	84	6.20	139,8	17	4.60
Octubre	25,8	31,6	22,6	87	5.50	304,5	19	6.70
Noviembre	22,3	28,5	17,3	83	4.40	20,3	6	8.30
Diciembre	22,3	28,7	17,3	83	4.10	26,8	8	6.20

### Anexo 13. Ficha de costo para 1 ha de plátano extradenso

Elementos económicos comunes en los tratamientos.	Cantidad	U/M	Costo (MN)
Cant. obreros/ ha	1		
Salario / jornada		\$	10,28
Salario 24 días		\$	246,72
Salario 11 meses		\$	3454,06
Vacaciones (9.09%)		\$	313,97
Subtotal		\$	3768,03
Seguridad social (14%)		\$	527,52
Salario Anual total		\$	<b>4295,55</b>
Costo de 1 semilla		uno	1,00
Costo de semilla siembra		\$	3333,00
Costo de semilla resiembra		\$	200,00
Costo total de semillas		\$	<b>3533,00</b>
Dosis de aplicación Gesapax 80PH	1.6 - 2	kg.ha <sup>-1</sup>	
Dosis de aplicación Glifosato CS	1.5 - 4.17	l.ha <sup>-1</sup>	
Número de aplicaciones Gesapax 80 PH	3 aplicaciones		24,47
Número de aplicaciones Glifosato 36 CS	2 aplicaciones		34,01
Costo Gesapax 80 PH		kg	4,078
Costo Glifosato 36 CS		l	4,078
Costo Transportación 5 ton M/O para 20 km.		\$	60,00
Costo 1 ton ceniza	1	\$	0,00
Costo 1 ton estiércol	1	\$	0,00
Costo 1 ton humus	1	\$	100,00
Costo 1 ton KCL	1	\$	210,00
Costo 1 ton Urea	1	\$	221,00
Costo del riego	50	\$	1030,00
Sub total		\$	<b>1561,00</b>
Total de Gastos		\$	<b>9516,18</b>

### Anexo 14. Costos económicos que varían con la aplicación de la fertilización de cada tratamiento

Tratamiento	Transp. MO	Cant. ceniza(t)	Cant. estiércol(t)	Cant. humus(t)	Cant. Fert.	Costo ceniza	Costo estiércol	Costo humus	Costo Fert.	Costo total
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E <sub>6</sub> +NK <sub>25%</sub> +E <sub>3</sub>	792,00	20,00	36,00	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	340,79	1132,00
TC	432,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	432,00
<b>Subtotal</b>	<b>672,00</b>	<b>40,00</b>	<b>36,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,79</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>340,79</b>	<b>1012,79</b>
E <sub>18</sub>	864,00	0,00	72,00	0,00	0,00	0,00	504,00	0,00	0,00	1368,00
E <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	912,00	20,00	56,00	0,00	0,79	0,00	392,00	0,00	340,79	1644,79
E <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	720,00	20,00	40,00	0,00	0,79	0,00	280,00	0,00	340,79	1340,79
E <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	528,00	20,00	24,00	0,00	0,79	0,00	168,00	0,00	340,79	1036,79
<b>Subtotal</b>	<b>3024,00</b>	<b>60,00</b>	<b>192,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2,37</b>	<b>0,00</b>	<b>1344,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1022,37</b>	<b>5390,37</b>
H <sub>7</sub>	336,00	0,00	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00	2800,00	0,00	3136,00
H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	480,00	20,00	0,00	20,00	0,79	0,00	0,00	2000,00	340,79	2820,79
H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	384,00	20,00	0,00	12,00	0,79	0,00	0,00	1200,00	340,79	1924,79
H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	288,00	20,00	0,00	4,00	0,79	0,00	0,00	400,00	340,79	1028,79
<b>Subtotal</b>	<b>1488,00</b>	<b>60,00</b>	<b>0,00</b>	<b>64,00</b>	<b>2,37</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>6400,00</b>	<b>1022,37</b>	<b>8910,37</b>
NK <sub>100%</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39	0,00	0,00	0,00	1030,09	1030,09
NK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	240,00	20,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	689,60	929,60
NK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	240,00	20,00	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00	0,00	512,89	752,89
NK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	240,00	20,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	340,79	580,79
<b>Subtotal</b>	<b>720,00</b>	<b>60,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5,97</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2573,37</b>	<b>3293,37</b>
<b>Total</b>	<b>6456,00</b>	<b>220,00</b>	<b>228,00</b>	<b>64,00</b>	<b>11,50</b>	<b>0,00</b>	<b>1344,00</b>	<b>6400,00</b>	<b>4958,90</b>	<b>19158,11</b>

T-Testigo sin fertilización; E-Estiércol; C-Ceniza; H-Humus.

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

### Anexo 15. Valoración económica de los tratamientos aplicados teniendo en cuenta los ingresos por venta de semillas para 1 ha

Tratamiento	Ingresos por venta de plátanos	Ingresos por venta de semilla	Ingreso total	Costo total	Ganancia
T	109 531,13	20000	129 531,13	9 516,18	119 015,13
E <sub>6</sub> +NPK <sub>25%</sub> +E <sub>3</sub>	108 501,88	20000	128 501,88	1 0648,18	117 853,70
TC	111 709,31	20000	131 709,31	9 948,18	121 761,13
E <sub>18</sub>	114 797,05	20000	134 797,05	1 0884,18	123 912,87
E <sub>14</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	136 291,58	20000	156 291,58	1 1160,97	145 130,61
E <sub>10</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	138 996,35	20000	158 996,35	1 0856,97	148 139,38
E <sub>6</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	125 089,53	20000	145 089,53	1 0552,97	134 536,56
H <sub>7</sub>	116 807,68	20000	136 807,68	1 2652,18	124 154,71
H <sub>5</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	135 453,82	20000	155 453,82	1 2336,97	143 116,85
H <sub>3</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	138 158,59	20000	158 158,59	1 1440,97	146 717,62
H <sub>1</sub> +C <sub>5</sub> +NK <sub>25%</sub>	119 680,00	20000	139 680,00	1 0544,97	129 135,03
NK <sub>100%</sub>	133 921,92	20000	153 921,92	1 0546,27	143 375,65
NK <sub>75%</sub> +C <sub>5</sub>	137 655,95	20000	157 655,95	1 0445,78	147 210,17
NK <sub>50%</sub> +C <sub>5</sub>	127 004,41	20000	147 004,41	1 0269,07	136 735,34
NK <sub>25%</sub> +C <sub>5</sub>	121 547,00	20000	141 547,00	1 0096,97	121 402,16

T-Testigo sin fertilización; E-Estiercol; C-Ceniza; H-Humus.

\* Todos los valores económicos están expresados en moneda nacional

**Anexo 16. Resultados experimentales con aplicación de humus de lombriz.**



**Anexo 17. Resultados experimentales con aplicación de estiércol ovino.**



**Anexo 18. Resultados experimentales con la aplicación de fertilizantes químicos.**

