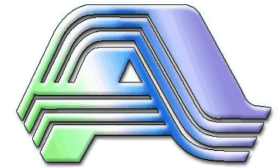




UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
POSTGRADO EN DESARROLLO RURAL



**EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN UN CULTIVO DE BANANO 'GRAN NAIN' (*Musa AAA*) EN UN SUELO LACUSTRINO DE LA CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA, LOCALIZADO EN PALO NEGRO (MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO ARAGUA)**

Trabajo de Grado para optar al título de *Magíster Scientiarum* en Desarrollo Rural,  
mención Administración de Empresas Agropecuarias

Ing. Henry Ramírez  
Tutora: Dra. Zenaida Lozano

Maracay, 14 de diciembre de 2012

Trabajo de Grado presentado como requisito final para optar al título de Magister Scientiarum en Desarrollo Rural, **Mención Administración de Empresas Agropecuarias.**

**Dra. Zenaida Lozano Pérez**

Tutor

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jehová Dios, por darme fortaleza y sabiduría para llevar a feliz término éste logro en mi vida.

A mi familia, especialmente a mi madre Inés Aponte, por su apoyo incondicional.

A la Agropecuaria Punta Larga, por seguirme brindando sus espacios y recursos y por su apoyo en mi crecimiento personal y profesional.

A mi tutora, Zenaida Lozano, por su disposición de asesorarme, y demás profesores de la Universidad Central de Venezuela, que me ayudaron a generar éste conocimiento, especialmente al profesor Gustavo Rodríguez.

## **DEDICATORIA**

Dedico éste logro con amor sincero a mi esposa y a mi hija, pues, ustedes son una gran fuente de inspiración que me impulsan a seguir luchando en mi vida a pesar de las adversidades.

Con amor y gratitud, para Tania y Mariannys. Las Amo.

## RESUMEN

Se evaluó técnica y económicamente la fertilización en un cultivo de banano con un compost generado con residuos de vástago de cambur en la Agropecuaria Punta Larga, ubicada en el Municipio Libertador, estado Aragua. Se conformaron 5 tratamientos de fertilización: T1 (100 % inorgánico); T2 (75 % inorgánico y 25 % compost); T3 (50 % inorgánico y 50 % compost); T4 (25 % inorgánico y 75 % compost) y T5 (100 % compost). El arreglo fue en bloques al azar con 4 repeticiones, cada uno en parcelas de 200 m<sup>2</sup> (10 m por 20 m) con 10 plantas como unidad de muestreo. Se evaluó el efecto de la sustitución parcial y total del fertilizante inorgánico por el compost sobre el desarrollo de la planta, productividad y sobre las propiedades del suelo. Se realizó un análisis económico de costos de cada alternativa de fertilización. Los mejores resultados técnicos se encontraron en T4 donde se obtuvo un mayor rendimiento del cultivo reflejado por las variables calibre del dedo y peso del racimo y además, aunque en todos los tratamientos se logró incrementar las variables químicas del suelo, los resultados más favorables se obtuvieron en el T4. Con respecto a la evaluación económica, los que reportaron los más altos beneficios netos fue el T4 seguido del T5, debido a que ambas alternativas obtuvieron los más bajos costos medios de producción. Además, fueron los que requirieron menos cantidades de producción y ventas para llegar al punto de equilibrio. Por tanto, el T4 presentó ventajas comparativas con respecto al resto, lo que brinda a la empresa una oportunidad para reducir el consumo de fertilizantes inorgánicos, disminuir costos, buen rendimiento y beneficios.

**Palabras claves:**, compost, vástago, inorgánico, beneficios netos, costos medios de producción, punto de equilibrio.

## ABSTRACT

Technically and economically evaluated fertilization in banana cultivation with compost waste generated with banana stem in Agriculture Punta Larga, located in the municipality of Libertador, Aragua. 5 were formed fertilization treatments: T1 (100% inorganic), T2 (75% inorganic and 25% compost), T3 (50% and 50% inorganic compost), T4 (25% and 75% inorganic compost) and T5 (100 % compost). The fix was in randomized blocks with four replications, each plot of 200 m<sup>2</sup> (10 m by 20 m) with 10 floors as the sampling unit. The effect of the total and partial replacement for the compost inorganic fertilizer on plant growth, productivity and soil properties. We performed an economic analysis of costs of each alternative fertilization. The best results were found in T4 technicians where there was a higher crop yield reflected by the finger gauge variables and bunch weight and also, although in all treatments were able to increase the soil chemical variables, the most favorable results were obtained in Q4. With regard to the economic evaluation, which reported the highest net profit was followed by T5 T4, because both alternatives obtained the lowest average production costs. Moreover, were the amounts required less production and sales to reach break even. Therefore, the comparative advantages presented T4 with the rest, giving the company an opportunity to reduce the consumption of inorganic fertilizers, reduce costs, good performance and benefits.

**Keywords:** compost, stem, inorganic, net profit, average production costs, break even.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	3
MARCO TEÓRICO.....	5
Antecedentes.....	5
Bases teóricas.....	7
Importancia del Cultivo de banano.....	7
Morfología de las estructuras vegetativas de banano y sus respuestas a factores ecológicos.....	7
Fertilización y aspectos nutricionales en banano.....	11
Requerimientos nutricionales del banano.....	11
Análisis foliares y niveles críticos de nutrientes en la hoja.....	11
Modelo actual de la producción de banano.....	13
La materia orgánica y su uso en el cultivo del banano.....	13
Efectos de los abonos orgánicos sobre el suelo.....	14
Abonos orgánicos y compostaje.....	15
Utilización del vástago de banano para la fabricación de abonos orgánicos.....	15
Importancia de los costos en el sistema de producción de banano.....	17
La producción y los costos.....	17
Funciones de producción.....	17
La función de producción y la curva de costos.....	18
Tipos de costo.....	20
Las curvas de costo y su forma.....	20
La relación entre el costo marginal y el costo total medio.....	22
Punto de equilibrio.....	23
El presupuesto parcial.....	24

	<b>Página</b>
El análisis marginal.....	25
El análisis de dominancia.....	25
La curva de beneficios netos.....	26
La tasa de retorno marginal.....	26
Criterios para la elección del método de producción más viable.....	26
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
Ubicación.....	28
Descripción del ensayo.....	28
Materiales utilizados.....	29
Criterio de selección del suelo a estudiar.....	29
Criterio de selección de las plantas.....	30
Procedimiento para la elaboración del compost.....	30
Tratamientos de fertilización.....	30
Establecimiento de las dosis inorgánicas y orgánicas para cada tratamiento	31
Establecimiento y forma de aplicación de las dosis de los tratamientos de fertilización.....	32
Labores culturales.....	32
Técnicas de muestreo en campo.....	33
Variables a evaluar y métodos analíticos.....	33
Variables Técnicas.....	33
Variables Económicas.....	35
Análisis Estadísticos.....	40
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
Variables técnicas.....	41
Caracterización inicial del suelo.....	41
Caracterización del compost utilizado.....	41
Efecto de los tratamientos sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento del cultivo.....	43
Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de elementos en el tejido foliar.....	50
Efecto de los tratamientos sobre las características físicas del suelo...	55
Efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo	59
Variables económicas.....	66
Costo de personal por cada tratamiento.....	66
Costo de insumos, fertilizantes inorgánicos y compost.....	69
Costos Totales (mano de obra e insumos) por tratamiento.....	71
Ingresos brutos.....	72
Ingresos netos.....	73



	<b>Página</b>
El presupuesto parcial.....	74
Análisis marginal.....	76
Análisis de la función de producción.....	78
Análisis del histograma de costo total.....	79
Análisis de la curvas de costos marginal y costo total medio.....	80
Relación entre el costo marginal y el costo total medio.....	82
Punto de Equilibrio.....	83
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	88
LITERATURA CITADA.....	89
ANEXOS.....	92

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Longitud del dedo central (cm) de la segunda mano en racimos de 6 a 9 manos en el clon 'Gran Enano'.....	10
2	Número de dedos por mano para los clones 'Gran Enano'.....	10
3	Concentraciones de nutrimentos en la hoja de banano de acuerdo al rango de clasificación.....	12
4	Composición química del compost de residuos de banano.....	16
5	Ejemplo de un presupuesto parcial para un ensayo de control de malezas en un cultivo de maíz.....	24
6	Proporciones de mezcla entre el fertilizante inorgánico y el compost para cada tratamiento.....	31
7	Combinación de fuentes inorgánicas y orgánicas para satisfacer necesidades nutricionales en cada tratamiento.....	31
8	Caracterización química y física inicial del suelo.....	42
9	Contenidos nutricionales del compost.....	43
10	Pruebas de medias para las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo.....	44
11	Análisis de la varianza y pruebas de medias para las variables de la hoja.....	51
12	Pruebas de medias para las variables físicas del suelo.....	56
13	Pruebas de medias para las variables químicas del suelo.....	60
14	Calculo del costo de la mano de obra de la fertilización inorgánica para cada tratamiento.....	67
15	Calculo del costo de la mano de obra de la fertilización orgánica..	68
16	Calculo del costo de la labor Hércules.....	70
17	Costo total del personal para cada tratamiento.....	70
18	Costo de insumos de fertilizantes inorgánicos y orgánicos.....	71
19	Costos totales (mano de obra e insumos) para cada tratamiento..	72
20	Ingresos brutos para cada tratamiento.....	73
21	Ingresos netos para cada tratamiento.....	74
22	Presupuesto parcial.....	75
23	Análisis de dominancia de los tratamientos.....	76
24	Análisis de la tasa de retorno.....	77
25	Función de producción para cada tratamiento.....	78
26	Costos marginales y costos medio para cada tratamiento.....	81
27	Costos variables medios y contribución marginal para cada tratamiento.....	84
28	Punto de equilibrio para cada tratamiento.....	85

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Función de producción para el número de trabajadores y la cantidad de galletas.....	19
2	Curva de costo total para la producción de galletas.....	19
3	Las curvas de costos y su forma.....	21
4	Ubicación regional de la Agropecuaria Punta Larga.....	28
5	La curva de beneficios netos.....	77
6	Función de producción.....	79
7	Histograma de costos totales.....	80
8	Curvas de costo medio y costo marginal.....	82

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas que hoy día está atravesando la agricultura a nivel mundial es la poca disponibilidad de fertilizantes inorgánicos o sintéticos. Esta restricción al abastecimiento de fertilizantes ha ido aumentando en los últimos años, debido a la creciente demanda de alimentos a nivel mundial, lo que ha llevado a los agricultores de todas partes del mundo a cultivar más. Por ende, al crecer la demanda, las minas y fábricas de fertilizantes no han logrado satisfacer totalmente los requerimientos de estos insumos. FAO (2009) señala que el consumo mundial de fertilizantes aumentó aproximadamente 31 % entre 1996 y 2008, por ello, hay déficit en la disponibilidad, lo que encarece los precios a nivel mundial.

En Venezuela, los costos de producción de los distintos sistemas agrícolas, específicamente los del banano, se han elevado significativamente en los últimos años, debido a los altos precios de los fertilizantes inorgánicos y por ende a la escasez que existe en todo el país. Sin embargo, existe la alternativa de sustituir de manera parcial o total los fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos, lo que permitiría una disminución de los costos, el aprovechamiento de los residuos de las fincas y mayor conservación del medio ambiente. De hecho, en América Latina existen importantes áreas sembradas con banano, manejadas con abonos orgánicos, cuyos resultados han sido exitosos a lo largo del tiempo (Soto, 2008).

En el país no existen importantes sistemas de producción de banano manejados orgánicamente, debido a que existe la creencia en los agricultores que con dicho

manejo se reducen los rendimientos, afectándolos económicamente, es decir, pueden gastar menos pero sus ingresos también se reducen. En este sentido, técnicamente resulta complicado satisfacer con abonos orgánicos tradicionales los altos requerimientos del banano, cuyas necesidades de nitrógeno (N) y potasio ( $K_2O$ ) son de 350 y 700  $kg.ha^{-1}.año^{-1}$ , (INPOFOS, 1989), respectivamente, ya que se tendrían que aplicar cantidades muy altas de estos materiales orgánicos, debido al bajo contenido nutricional en la mayoría de ellos. No obstante, existe un abono orgánico cuyo contenido de nutrientes se encuentra por encima del resto, ya que en su preparación se emplea el vástago o raquis del racimo de banano.

En diferentes estudios se ha determinado que mezclar vástago de banano con bovinaza da como resultados un abono orgánico con contenidos nutricionales adecuados. De esta manera, las cantidades a aplicar de este abono orgánico podrían ser menores en comparación a las que se aplicarían con otros materiales, generando la factibilidad de la fertilización orgánica y es por ello que el presente trabajo considera realizar una evaluación técnica – económica del uso de un abono orgánico a partir de vástago de banano como alternativa de fertilización en el cultivo de banano (*Musa AAA*) en un suelo localizado en la planicie lacustrina del Lago de Valencia Palo Negro, municipio Libertador del estado Aragua.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar la factibilidad técnica y económica de producir banano usando un abono orgánico a partir de vástago de cambur como alternativa de fertilización para sustituir parcial o totalmente la fertilización inorgánica.

### Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la sustitución parcial y total del fertilizante inorgánico por orgánico sobre el desarrollo de la planta y su productividad.
- Evaluar el efecto de la sustitución parcial y total del fertilizante inorgánico por orgánico sobre las propiedades del suelo.
- Realizar el análisis económico de costos de cada alternativa de fertilización.
- Analizar el impacto de cada alternativa de fertilización sobre el sistema de producción de banano a la luz de los resultados técnicos y económicos.

## JUSTIFICACIÓN

Son pocos y dispersos los estudios sobre la viabilidad de fertilizar el banano usando total o parcialmente materiales orgánicos en Venezuela, lo cual constituye la principal causa de su escasa adopción por parte de la mayoría de los bananeros, a excepción de los conuqueros. Es por ello que esta investigación pretende evaluar técnica y económicamente la fertilización orgánica en el cultivo de banano, de manera que el productor pueda obtener una información con base científica y que pueda tomar sus propias decisiones en forma más confiable. Por otra parte, el compost a utilizar en este estudio, representa una innovación tecnológica como fuente de fertilización orgánica, ya que por poseer altos contenidos de nutrientes, se requieren menores cantidades en campo para satisfacer los requerimientos del cultivo de banano en comparación a las altas cantidades que se deben incorporar al suelo con otros materiales orgánicos cuya calidad nutricional es muy baja.

Además, en vista de la problemática nacional con respecto a la escasez de los fertilizantes inorgánicos, esta investigación podría representar una alternativa de fertilización de fácil obtención, ya que esta tecnología se desarrolla a partir del uso de equipos y herramientas muy sencillas, que al estar al alcance de un productor o una comunidad debidamente capacitada y organizada, puede consolidar un sistema de producción estable por la disponibilidad de la materia prima (vástago), mínimo impacto ambiental y sencillez en su procesamiento.

Por último, es importante destacar que esta investigación obedece principalmente a una solicitud por parte de una unidad de producción Agropecuaria Punta Larga con el fin de generar el conocimiento al respecto y ser la pionera en explorar y experimentar el impacto técnico y económico del uso de alternativas de fertilización con abonos orgánicos.

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES

Con respecto al uso de materia orgánica en el cultivo de banano, en una serie de experimentos conducidos en Israel por Lahav y Turner (1992) encontraron que aplicaciones de hasta  $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de materia orgánica promovían el crecimiento, aceleraban la floración y acortaban el tiempo entre floración y cosecha. También obtuvieron incrementos en los rendimientos en un 33 %, pero siempre fue beneficioso aplicar fertilizantes inorgánicos con la materia orgánica. Los mismos autores señalan con base a otros experimentos que en plantaciones renovadas se ha llegado a aplicar  $20 - 30 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ , lo cual ha contribuido con el buen estado de las plantaciones.

Resultados contrarios fueron los encontrados por Bustamante (1982), quien concluyó después de dos años, que las aplicaciones de estiércol de vacuno carecieron de efecto para aumentar significativamente el peso promedio de los racimos, el número de manos y que por consiguiente, la producción no tendría aumentos satisfactorios que justifiquen los altos costos de aplicación, ya que requieren cantidades considerables por hectárea. Con la aplicación del estiércol no disminuyeron significativamente los días de floración a cosecha ni se aumentó el contenido de materia orgánica del suelo. Bustamante estimó que los principales beneficios de este tipo de materia orgánica es mejorar la capacidad de retención de humedad y la estructura del suelo.

En este mismo orden de ideas, Soto (2008), señala que una de las desventajas de usar abonos orgánicos se encuentra que la concentración de nutrimentos es muy baja e irregular, por lo que es difícil lograr una producción intensiva con el uso de abonos orgánicos solamente, debido a los elevados volúmenes que se requieren para suplir las necesidades del cultivo, por tanto, es necesario contar con una fuente abundante de materia prima. Además, se requiere mucha mano de obra para aplicarlos, lo que aumenta los costos totales.



Del mismo modo, Stoorvogel y Vargas, (1998), señalan que para mantener la fertilidad del suelo con abonos orgánicos implica conservadoramente la aplicación de alrededor de 60 a 80 Mg.ha<sup>-1</sup>, según el tipo y calidad de abono de que se trate. El manejo de estas cantidades, por su gran volumen, resulta inapropiado y de difícil aceptación por parte de los productores. A estas altas cantidades, además de su logística de manejo a nivel de finca, se debe agregar los altos costos de transporte y el gasto por concepto de la mano de obra involucrada en su aplicación.

En estudios provenientes de Estados Unidos y Europa, se ha demostrado que, en algunos casos, con la agricultura orgánica se obtienen rendimientos más bajos que los convencionales, pero sus ingresos son comparables ya que se llegan a obtener mejores precios con una baja utilización de insumos externos (Castañeda *et al*, 1994).

Por su parte, Estupiñan, (2008), estudió las fluctuaciones de los precios de los fertilizantes para ciertas empresas agrícolas donde su tendencia era seguir aumentando. Precios de fertilizantes más altos resulta en mayores costos de producción para los agricultores. Esta tendencia de incremento puede dar lugar a un aumento en la demanda por otro tipo de fertilizante si la relación costo beneficio del nuevo fertilizante es positiva para el agricultor. Una opción que ha surgido es que la composta puede sustituir o complementar el uso de fertilizante tradicional a nivel de fincas.

En cuanto al vástago de banano, López (1998) estableció que la incorporación de estos materiales al suelo permite disminuir en una buena cantidad la utilización de fertilizantes convencionales. Aproximadamente el 20 % de las necesidades del potasio (125 kg de K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) de una finca puede ser suplido con la incorporación de compost de raquis o vástago de banano.

## **BASES TEÓRICAS**

### **Importancia del Cultivo de banano**

Las musáceas comestibles constituyen el cuarto rubro alimenticio energético de importancia en el mundo y primero entre las frutas. En el ámbito nacional ocupan el primer lugar, al aportar 44 % del volumen total producido, siendo los estados de mayor producción Aragua, Carabobo, Trujillo, Barinas y Yaracuy. En Venezuela existe una superficie cultivada de banano de 40.000 ha aproximadamente, con un rendimiento promedio de 15,7 Mg.ha<sup>-1</sup> y una producción alrededor de 551.823 Mg (FEDEAGRO, 2009). Figueroa y Lupi (2003) señalan que el banano tiene un alto contenido de vitaminas (A, B<sub>6</sub> y C) y minerales (Ca, P), pero es particularmente conocido por su alto contenido de potasio (K), el cual se encuentra alrededor de 370 mg.100<sup>-1</sup>g de pulpa, haciendo del consumo de esta fruta una forma muy agradable de satisfacer los requerimientos diarios de K en la dieta humana, el cual oscila entre 2.000 a 6.000 mg K.día<sup>-1</sup>.

### **Morfología de las estructuras vegetativas de banano y sus respuestas a factores ecológicos**

**Sistema Radical:** este corresponde a un sistema fasciculado y fibroso, conformado por raíces primarias, secundarias y terciarias y los pelos absorbentes. Las raíces se originan de los nudos del cormo en grupos de tres a cuatro, y surgen mayormente de la parte superior y su número disminuye hacia la parte inferior del mismo. En cuanto a su consistencia, a edades tempranas son sumamente frágiles, pero luego con el tiempo se vuelven más resistentes, aún cuando continúan siendo flexibles. Pueden variar en número con el estado de salud de la planta, encontrándose en un cormo sano entre unas 200 y 300 raíces. En diferentes estudios se han podido detectar ciertas limitantes para el desarrollo y distribución del sistema radical en clones de *Musa*. Como resultados resaltantes Rodríguez, 2009 señala en el caso de suelos lacustrinos que las propiedades químicas del suelo que tienen mayores restricciones para el desarrollo y salud radical son el pH alcalino de los suelos (> 8,2), altos valores de conductividad eléctrica en el perfil (> 1,5 dS/m), altos valores de carbonato

de calcio (> 20% Equivalente de  $\text{CaCO}_3$ ) así como altos contenidos de calcio y magnesio en el suelo. Para las propiedades físicas, se encontraron algunas limitantes en cuanto a la resistencia a la penetración (> 600 kPa).

**Cormo y yemas laterales:** el banano posee un rizoma subterráneo (tallo verdadero de la planta), el cual tiene el punto de crecimiento en su parte superior. Yemas laterales que producen retoños o hijos los cuales, junto con el cormo madre, forman el pseudotallo. El pseudotallo consiste de plantas de eje único que representan hasta tres generaciones visibles. Cada punto de crecimiento produce alrededor de 40 hojas antes de hacerse productivo. En general, una vez que se inicia la cosecha la plantación entra en una fase de casi continua producción de fruta aun cuando la distribución de la cosecha puede presentar grandes variaciones estacionales (INPOFOS, 1989).

**Sistema foliar:** se originan en el meristemo terminal, localizado en la parte superior del cormo. La formación de la hoja se origina en el interior del pseudotallo. Dispuestas en forma espiral, la hoja consta de base o vaina foliar, pseudopécíolo, la nervadura central y el limbo o lámina. Las largas bases foliares se traslapan y forman un pseudotallo robusto que ofrece a la planta apoyo y la capacidad de almacenar reservas amiláceas e hídricas. Los parámetros más importantes del pseudotallo son la altura y la circunferencia. La altura de la planta de banano es la distancia entre el nivel del suelo y la "V" formada por las últimas 2 hojas emitidas. La circunferencia o perímetro puede medirse a diferentes niveles del pseudotallo y se marca con relación al suelo. Para el clon 'Gran Enano' una altura desde el suelo de un metro una planta vigorosa debería tener como perímetro 65 cm de diámetro. Esta variable se considera como un índice de gran valor para medir el vigor de la planta, ya que representa el número de hojas emitidas y el vigor de las mismas. Además, existe una relación estrecha entre el perímetro y el número de manos. Un pseudotallo con diámetros entre 90 a 95 cm, 75 a 80 cm y 70 a 65 cm se obtienen de 8,7 a 9 manos, de 7 a 8 manos y de 5,5 a 6 manos, respectivamente (Soto, 2008).

**Fruto y la longitud, numero de manos y diámetro de los dedos:** según Soto, (2008), es una baya partenocárpica capsular indehisciente. Su fruta es carnosa y suave, es de forma angulosa cuando joven y progresivamente cilíndrica a medida que va aumentando de grosor por la acumulación de almidón. El racimo es cosechado de 90 a 120 días después de la salida de la inflorescencia, cuando los frutos alcanzan un grado determinado, que corresponde a un estado cercano a la maduración. Una vez que el racimo ha alcanzado su máximo desarrollo en el momento previo a la cosecha, este consigue pesos entre 17,48 kg y 45,41 kg para un numero de manos de 6 y 11 respectivamente para el clon 'Gran Enano', siendo importante señalar también que en la etapa de floración de la planta madre son menores la altura, la circunferencia de los hijos que darán racimos de 7 a 8 manos, que en aquellos que producirán mayor numero. En condiciones excelentes del cultivo, los racimos pueden alcanzar los 50 a 60 kg para el clon 'Gran Enano'.

En cuanto a la longitud de los dedos, el mayor crecimiento se espera en el intervalo que va desde 4 días antes de la floración a 6 días después de ésta; en ese lapso, la longitud pasa de 5 cm a la salida de la inflorescencia a 17 cm al sexto día de la floración. Luego se mantiene constante hasta los 30 a 40 días, etapa en que se determina la longitud total del dedo (Cuadro 1). Este crecimiento puede retardarse por un exceso o deficiencia de agua en el suelo y las condiciones ecológicas adversas que puedan detenerla son irreversibles ya que no pueden ser compensadas con condiciones óptimas desde ese momento hasta la cosecha.

Con respecto al número de dedos por mano y por racimo se determina en el momento de la diferenciación foliar. Mayor o menor número de dedos serán consecuencias del desarrollo de la planta y de las condiciones ecológicas que imperen en periodos anteriores a esta diferenciación. El número de dedos varía de acuerdo con la posición de las manos en el raquis como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 1. Longitud del dedo central (cm) de la segunda mano en racimos de 6 a 9 manos en el clon 'Gran Enano'.

Número de Manos	6	7	8	9	Promedio
Longitud Externa (LE)	23,39	24,16	24,26	24,50	24,08
Longitud Interna (LI)	15,57	16,10	16,22	16,50	16,16
LE:LI	1,5	1,5	1,5	1,48	1,49

Fuente: Soto (2008)

Cuadro 2. Número de dedos por mano para los clones 'Gran Enano'.

Número Mano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Número dedos por mano	23,9	21,2	18,2	17,2	16,8	16,2	15,5	15,9	16,7	16,8	17,2	195,6

Fuente: Soto (2008)

El diámetro de los dedos aumenta en forma rápida y el crecimiento se detiene prácticamente a los 28 – 38 días después de la brotación. En ese momento, tiene un diámetro de 16 mm y partir de ello se observa un cambio en el tipo de evolución, con un engrosamiento más lento pero uniforme y progresivo hasta la cosecha, en que puede alcanzar un diámetro de 33 mm.

El diámetro de los dedos en fruta a cosechar se denomina con el término de grado, que es el diámetro medido en treinta y dozavo de pulgadas que equivale a 0,79375 mm, la cual se hace con un instrumento denominado calibrador, que se abre según el grosor del dedo y que mide en líneas que van desde 0 hasta 30 líneas. Cada línea

corresponde a 1/32 pulgadas y es el parámetro que define el momento de la cosecha, puesto que es el factor dominante y limitante para la comercialización.

### **Fertilización y aspectos nutricionales en banano**

La planta de banano requiere, para su buen desarrollo y producción, entre otros factores importantes, una nutrición balanceada que le sea suministrada por el suelo y mediante aplicaciones foliares que respondan a sus requerimientos. El estudio tanto edáfico como foliar, sirve de sustento para diagnosticar el estado nutricional de una plantación y la fertilidad de sus suelos. Esta es una herramienta imprescindible si se tiene en cuenta las altísimas inversiones que implican la aplicación de fertilizantes y la trascendencia que estas tienen en la producción. No es aconsejable entonces hacer aplicaciones sin análisis previos que determinen el estado nutricional de la planta y la fertilidad del suelo, para saber exactamente cuales son los requerimientos del cultivo en cuanto a tipo de fertilizantes, cantidades y frecuencias de aplicación (Haddad,1994).

### **Requerimientos nutricionales del banano**

El crecimiento y la producción de fruta del banano requieren de altas cantidades de nutrientes minerales, los cuales a menudo son suministrados en forma parcial por el suelo. Al establecer un cultivo que rinda  $70 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de fruta fresca se requieren  $350 - 60 - 700 - 140 - 215$  – y  $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de Nitrógeno (N), Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), Magnesio (MgO), Calcio (CaO) y azufre ( $\text{SO}_4$ ), respectivamente; mientras que de microelementos se necesitarían  $0,9 - 0,5 - 0,2$  y  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de hierro (Fe), zinc (Zn) cobre (Cu) y manganeso (Mn), respectivamente (INPOFOS, 1989).

### **Análisis foliares y niveles críticos de nutrientes en la hoja**

Es importante señalar que para poder determinar si el plan de fertilización es el adecuado, hay que recurrir a los análisis foliares para comparar los resultados con los rangos de suficiencia de la concentración de nutrientes (Sierra, 1993). El análisis foliar es bastante utilizado en las zonas productoras de banano en el mundo, y es un

elemento indispensable en el diagnóstico de las necesidades nutricionales, a fin de determinar la fertilización más adecuada. Soto, (2008) elaboró un cuadro el cual resume los resultados obtenidos por diferentes investigadores sobre análisis foliares el cual se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Concentraciones de nutrimentos en la hoja III de banano de acuerdo al rango de clasificación.

Elementos	Nivel de clasificación	
	Deficiente	Adecuado
<b>Nitrógeno, N (%)</b>	< 2,6	2,6 -3,5
<b>Fósforo, P (%)</b>	0,08	0,18 – 0,29
<b>Potasio, K (%)</b>	2,5	2,7 – 4,5
<b>Calcio, Ca (%)</b>	<0,25	0,71 – 1,00
<b>Magnesio, Mg (%)</b>	< 0,18	0,18 – 0,36
<b>Azufre, S (%)</b>	0,20	> 0,30
<b>Hierro, Fe (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	45	70
<b>Cobre, Cu (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	< 11	11 - 24
<b>Zinc, Zn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	< 18	18 - 43
<b>Manganeso, Mn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	25	650
<b>Boro, B (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<10	20

**Fuente:** Soto (2008)

Soto (2008) señala, que el muestreo de tejido debe realizarse en la época de iniciación o emergencia floral y los tejidos a muestrear corresponden a partes de las hojas III y VII, contando las hojas a partir del ápice de la planta, según Método Internacional de Muestreo (MIR).

### **Modelo actual de la producción de banano**

La meta para lograr un desarrollo sostenible en el campo agrícola es implementar un sistema de producción que sea ecológicamente sano, económicamente viable y socialmente justo. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de producción que exigen mayor competitividad han desencadenado en el uso indiscriminado de agroquímicos, cuyo empleo unilateral, se ha convertido en el modelo de producción dominante en casi todos los cultivos y no es un modelo de desarrollo justo, ni sostenible, del cual el banano no es la excepción (Briceño *et al.*, 2002). Es por ello que en los últimos años, en América Latina y El Caribe, se ha registrado una considerable reducción en la productividad del cultivo de banano y también se ha presentado un deterioro físico, químico y biológico de los suelos, como consecuencia principalmente del uso intensivo de agroquímicos (Rivero *et al.*, 2006). Se deben buscar modelos de desarrollo basados en una nueva racionalidad productiva, opuesta a la actual, que reduzca todo beneficio en términos de rentabilidad y maximización de la producción en el menor plazo. Es necesario que este nuevo modelo satisfaga las necesidades básicas y contemple el uso racional de los recursos, en consonancia con los procesos socioeconómicos y ecológicos como base integral (Briceño *et al.*, 2002).

Una de las alternativas para la recuperación de fincas es la utilización más frecuente y sistematizada de enmiendas orgánicas, producidas con material de desecho del mismo cultivo u otros del entorno. Entre las enmiendas más conocidas se encuentra el compost, el cual puede contribuir eficientemente a restituir la dinámica microbiológica y la fertilidad perdida en los suelos, proporcionando mejor estructura, reduciendo la erosión y consiguiendo una mayor absorción de agua y aportando nutrientes a la planta (Rivero *et al.*, 2006).

### **La materia orgánica y su uso en el cultivo del Banano**

La conservación de la materia orgánica del suelo es la clave para el manejo de un sistema de agricultura sostenible en muchas áreas del mundo, ya que ella es la fracción donde ocurren los procesos biológicos del suelo; de su contenido y calidad



dependen importantes propiedades físicas y químicas necesarias para soportar la vida de las plantas, la macro y la microfauna del suelo. Por esta razón, hay interés de incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo, con el fin de suplir, al menos en parte, los nutrimentos requeridos por la planta para su crecimiento y desarrollo incorporando abonos verdes, compost, estiércol, así como residuos de cosechas de diversos orígenes (Briceño *et al.*, 2002).

### **Efectos de los abonos orgánicos sobre el suelo**

**Efectos físicos:** el efecto floculante y cementante de la materia orgánica hace posible el mejoramiento de la estructura y la disminución de la densidad aparente y por lo tanto, se da un mejoramiento en el drenaje del suelo. La materia orgánica en la superficie del suelo, reduce el impacto de las gotas de lluvia, se reduce el escurrimiento superficial y la erosión; como balance existe más agua disponible para el desarrollo de las plantas (Soto, 2008).

**Efectos químicos:** la materia orgánica aumenta el intercambio de nutrientes del suelo a la planta, los almacena (en especial N, P, S) y los libera lentamente evitando así su pérdida. En ciertos casos, la liberación de ácidos orgánicos por medio de la materia orgánica en su proceso de descomposición, ayuda a reducir la alcalinidad del suelo. El fósforo extraíble y disponible, aumenta y la fijación disminuye, conforme aumentan las cantidades de abonos orgánicos adicionados (Berstch, 1995).

**Efectos biológicos:** la materia orgánica proporciona alimento a las lombrices, los hongos y los roedores, estos animales perforan el suelo y construyen canales que sirven para mejorar la aireación y desagüe. También sirve de sustrato alimenticio para diversos microorganismos y mesofauna del suelo la cual resulta en la liberación e inmovilización de nutrimentos.

### **Abonos orgánicos y compostaje**

Los abonos orgánicos tipo compost son los más conocidos en el mundo. En su preparación se pueden usar residuos de cosecha, estiércol de bovino (bovinaza), caprinos, equinos, así como una amplia gama de materiales propios de la finca, que en una combinación adecuada, producen un compost con buen contenido de nutrimentos, colonizado por microorganismos benéficos y buenas propiedades físicas que ayudan a mantener la estabilidad nutricional y la vida del suelo (Briceño *et al.*, 2002).

Entre las ventajas de producir compost destacan: un costo operacional potencialmente menor, uso beneficioso del producto resultante y disminución en la contaminación del aire y del agua. En los últimos años se ha incrementado el interés por el compost, basado en la necesidad del manejo de desechos como alternativa económica y beneficiosa al medio ambiente, lo que ha favorecido la investigación hacia la aplicación del mismo, no solo como mejorador de suelo y proveedor de nutrimentos, sino en general, como un factor que contribuye a lograr una agricultura sostenible (Rivero, 1999).

Por otro lado, si bien hay mucha literatura sobre la utilización de diferentes tipos de compost, existe muy poca información relacionada con el efecto de su aplicación en el crecimiento de las plantas, en la absorción de elementos en general y su impacto en el ámbito económico (Briceño *et al.*, 2002).

### **Utilización del vástago de banano para la fabricación de abonos orgánicos.**

Tomando en cuenta la gran cantidad de desechos orgánicos que la actividad bananera produce, entre ellos, vástagos y fruta de rechazo, ha surgido la inquietud de utilizarlos para fabricar compost. Se estima que por cada hectárea de banano se dispone aproximadamente de un potencial de 6 toneladas de peso fresco de raquis de fruta y 10 toneladas de peso fresco de fruta de rechazo. Incorporar raquis o vástago de banano como materia prima para elaborar compost, ha dado buenos resultados al elevar los contenidos nutricionales, específicamente potasio, ya que el

raquis contiene en promedio 13 % del mismo (Soto, 2008). En el cuadro 4 se muestra la composición química de un compost realizado con residuos de banano.

Cuadro 4. Composición química del compost de residuos de banano.

Nutrimento	Unidad	Niveles
		Mínimo – Máximo
<b>Nitrógeno</b>	%	1,23 – 3,28
<b>Fósforo</b>	%	0,20 – 0,45
<b>Potasio</b>	%	1,03 – 1,62
<b>Calcio</b>	%	0,33 – 1,93
<b>Magnesio</b>	%	0,24 – 0,46
<b>Azufre</b>	%	0,12 – 0,43
<b>Hierro</b>	mg.kg <sup>-1</sup>	12.001 – 17.900
<b>Cobre</b>	mg.kg <sup>-1</sup>	33 – 67
<b>Zinc</b>	mg.kg <sup>-1</sup>	47 – 82
<b>Manganeso</b>	mg.kg <sup>-1</sup>	236 – 349
<b>Boro</b>	mg.kg <sup>-1</sup>	35 – 55
<b>pH</b>		6,55 – 8,78
<b>Humedad</b>	%	25,4 – 66
<b>Materia Orgánica</b>	%	17 – 39,1
<b>Relación C/N</b>		5,33 – 8,06

**Fuente:** Soto (2008)

### **Importancia de los costos en el sistema de producción de banano**

Conocer los costos de la empresa, el cual se define como el esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo, es un elemento clave de la correcta gestión empresarial; para que el esfuerzo y la energía que se invierte en la empresa den los frutos esperados. No existen decisiones empresariales que no influyan de alguna forma en los costos de una empresa. Es por eso imperativo que las decisiones a tomarse, específicamente en aplicar una u otra alternativa de fertilización, tengan la suficiente calidad, para garantizar el buen desenvolvimiento de las mismas (Mankiw y Gregory, 2004).

Para que las decisiones sean el resultado de un análisis de las posibles consecuencias, deben estar acompañadas por dos importantes aspectos:

- 1) Conocer cuáles son las consecuencias técnicas de la decisión.
- 2) Evaluar las incidencias en los costos de la empresa.

Las empresas desean elegir el método de producción más eficiente, es decir, el que produce con los menores costos posibles. Por ello, el cálculo de los costos es uno de los instrumentos más importantes para la toma de decisiones por lo que no basta con tener conocimientos técnicos adecuados, sino que es necesario considerar la incidencia de cualquier decisión en este sentido y las posibles o eventuales consecuencias que pueda generar, por lo que su análisis, es importante en la planificación de productos y procesos de producción, la dirección y el control de la empresa y para la determinación de los precios (Samuelson y Nordhaus, 2004).

### **La producción y los costos**

A continuación se describirán aquellas consideraciones que se deben tomar en cuenta en un análisis de costos según (Mankiw y Gregory, 2004).

***Función de producción:*** para determinar que alternativa de fertilización refleja el mejor comportamiento con relación a la producción es necesario apoyarse en una herramienta muy utilizada en microeconomía la cual se denomina Función de

Producción, definiéndose esta como la relación que establece la máxima cantidad de producto que puede obtenerse con cada combinación posible de insumos, dada una tecnología o técnicas de producción.

A través del uso de la función de producción la empresa puede decidir la cantidad de factores a usar, por ejemplo la cantidad de insumos o fertilizantes a usar y la cantidad que se va a producir. Para comprender mejor estas decisiones se debe tomar en cuenta también el producto marginal de un factor. El producto marginal de un factor en el proceso de producción es el aumento que experimenta la cantidad de producción obtenida con una unidad adicional de ese factor. Dicho incremento puede ser creciente, constante o decreciente, aunque siempre positivo. Esta propiedad se denomina producto marginal decreciente. Por ello, la función de producción se vuelve más plana a medida que aumenta la cantidad del factor.

Una vez recolectados los datos, se realiza la función de producción, para la cual se coloca en el eje de las abscisas la cantidad de insumos y en el eje de las ordenadas la cantidad de producción obtenida.

***La función de producción y la curva de costos:*** Para realizar ahora una curva de costos total se debe graficar la cantidad producida en el eje de las abscisas y el costo total en el eje de las ordenadas para relacionar la cantidad producida y el costo total de producción. Se espera que la curva de costo total se vuelva más inclinada a medida que aumenta la cantidad producida debido al producto marginal decreciente, mientras que la función de producción se vuelve más plana a medida que aumenta la producción según Samuelson y Nordhaus (2004). En las figuras 1 y 2 se muestra la función de producción y la curva de costos de una fábrica de galletas.

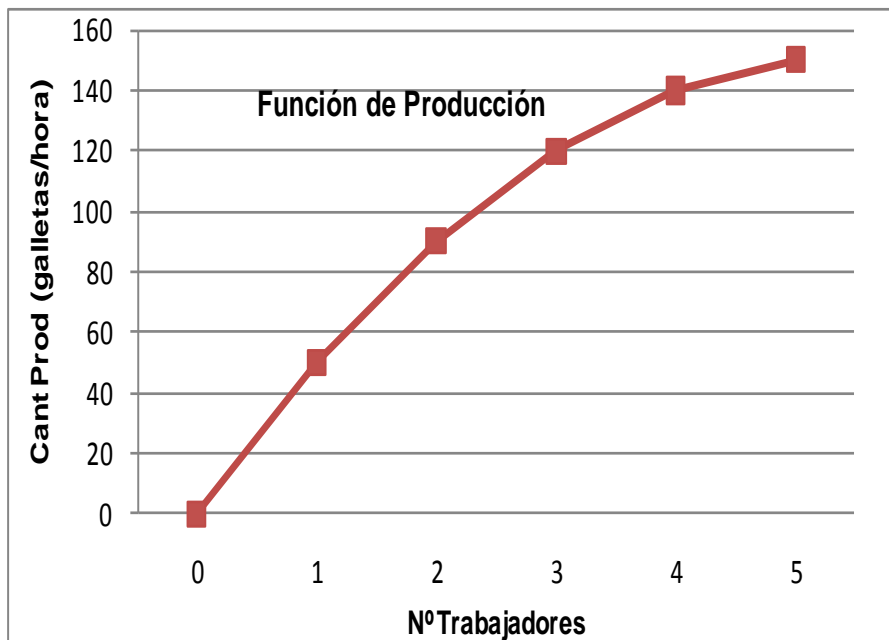


Figura 1. Función de Producción para el número de trabajadores y la cantidad de galletas producidas (**Fuente:** Samuelson y Nordhaus, 2004).

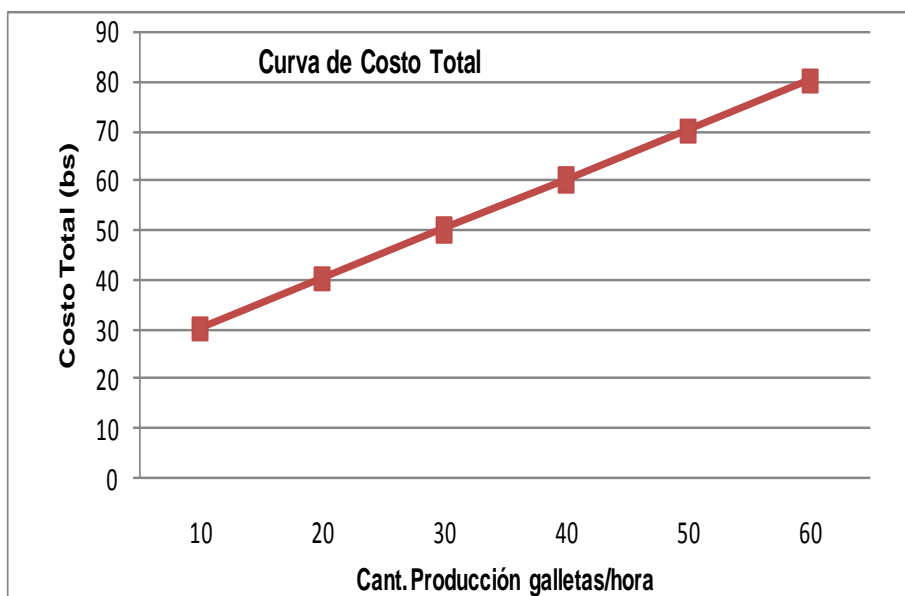


Figura 2. Curva de Costo Total para la producción de galletas (**Fuente:** Samuelson y Nordhaus, 2004)

**Tipos de costos:** es necesario clasificar los costos de acuerdo a categorías o grupos, de manera tal que posean ciertas características comunes para poder realizar los cálculos, el análisis y presentar la información que puede ser utilizada para la toma de decisiones. Según Samuelson y Nordhaus (2004), de acuerdo a su grado de variabilidad, se clasifican en:

- **Costos Fijos (CF):** costos que no varían cuando varía la cantidad producida
- **Costos Variables (CV):** costos que varían cuando varía la cantidad producida
- **Costo Total (CT):** Es la suma de los costos variables más los costos fijos.  
*Costo Total: Costo Variable + Costo Fijo.*
- **Costo Fijo Medio (CFMe):** costos fijos divididos por la cantidad de producción
- **Costos Variables Medio (CVMe):** costos variables divididos por la cantidad de producción.
- **Costo Total Medio (CTMe):** es el costo total dividido por la cantidad de producción.  $CTMe = \text{Costo Total} / \text{Cantidad}$ . También  $CTMe = CFMe + CVMe$
- **Costo Marginal:** aumento que experimenta el costo total cuando se produce una unidad más.  $\text{Costo Marginal} = \text{Variación Costo Total} / \text{Variación producción}$ .

### **Las curvas de costos y su forma**

Para graficar las curvas del costo medio y marginal en el eje de las abscisas se colocan la cantidad que produce la empresa y en el eje de las ordenadas se colocan el costo medio y marginal. Las curvas de los distintos costos medio, marginal, fijo medio y variable medio tienen formas que son comunes a las curvas de los costos de muchas empresas de la economía. En la figura 3, se muestra el comportamiento típico de dichas curvas.

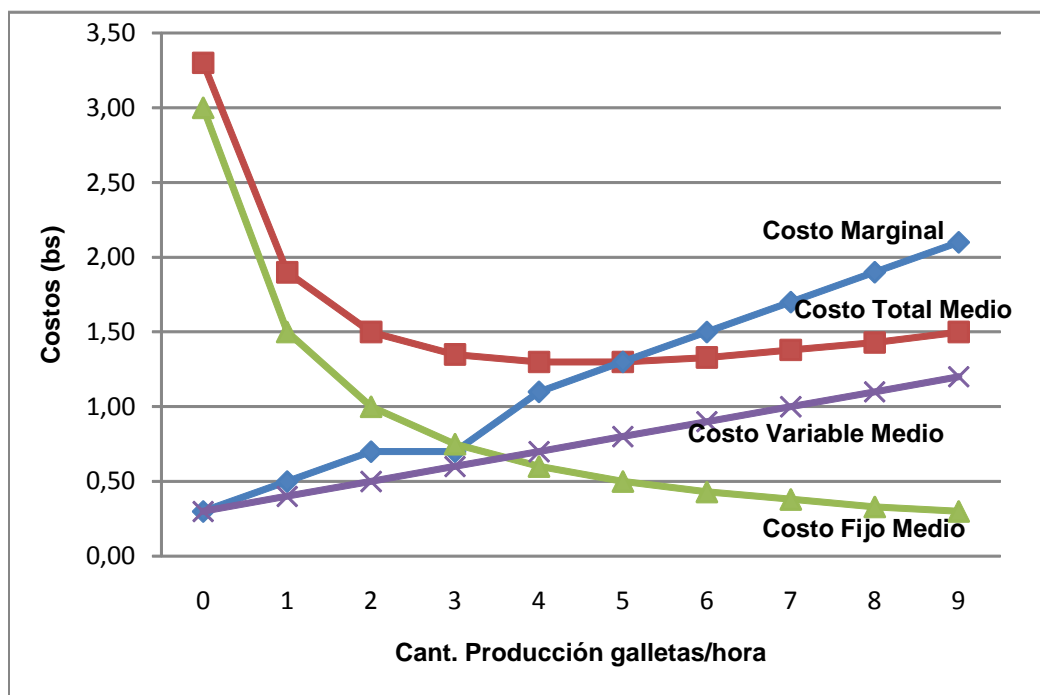


Figura 3. Las curvas de costos y su forma (**Fuente:** Samuelson y Nordhaus, 2004)

**Costo marginal:** en la figura 3 se observa que el costo marginal aumenta cuando se incrementa la cantidad producida, debido a la propiedad del producto marginal decreciente. Cuando se produce una pequeña cantidad de galletas, por ejemplo, tiene pocos trabajadores y no utiliza una gran parte de su equipo. Como puede utilizar fácilmente estos recursos, el producto marginal de un trabajador más es elevado, por lo que el costo marginal de mayor número de galletas es bajo. En cambio, cuando se produce una gran cantidad de galletas, hay más trabajadores y la mayor parte de su equipo se utiliza a pleno rendimiento. Sin embargo, la empresa puede producir más galletas añadiendo más trabajadores, pero estarían en un lugar abarrotado y es posible que tengan que esperar para poder utilizar el equipo. Por lo tanto, cuando la cantidad que se está produciendo ya es elevada, el producto



marginal de un trabajador más es bajo, por lo que el costo marginal de una galleta es más es alto.

**Costo medio:** se aprecia en la figura 3, que la curva del costo medio tiene forma de “U”. Este costo medio resulta de la suma del costo fijo medio y el costo variable medio. El costo fijo medio siempre disminuye cuando aumenta la producción, porque el costo fijo se reparte entre un número mayor de unidades. El costo variable medio aumenta cuando se incrementa la producción, debido al producto marginal decreciente. Como se muestra en la figura 3, en los niveles bajos de producción el costo total medio es alto porque los costos fijos solo se reparten entre unas cuantas unidades. A continuación disminuye conforme se incrementa la producción hasta 5 galletas por hora, en que el costo total medio desciende a 1,30 Bs. Cuando se produce más galletas, el costo total medio comienza a aumentar de nuevo porque el costo variable medio aumenta significativamente. El fondo de la forma de U corresponde a la cantidad que minimiza el costo total medio. Si se produce una cantidad mayor o menor a ésta, el costo total medio será superior al mínimo.

### **La relación entre el costo marginal y el costo total medio**

Siempre que el costo marginal es menor que el costo total medio, éste último es decreciente. Por otra parte, siempre que el costo marginal es mayor que el costo total medio, éste último es creciente, por lo que la curva del costo marginal corta a la curva de costo total medio en su punto mínimo. El fondo de la forma de U del costo medio, corresponde a la cantidad que minimiza el costo total medio. Esta cantidad se llama escala eficiente de la empresa, la cual se denomina como la cantidad de producción que minimiza el costo total medio. Si produce una cantidad mayor o menor que ésta, el costo total medio es superior al mínimo. Esta relación es fundamental, ya que significa que una empresa que busque el costo medio mínimo de producción, debe buscar el nivel de producción en el que los costos marginales sean iguales a los costos medios (Samuelson y Nordhaus, 2004).

### **Punto de Equilibrio**

Una empresa está en su punto de equilibrio cuando no genera ni ganancias ni pérdidas, es decir, cuando el beneficio es igual a cero. Para un determinado costo fijo de la empresa y conocida la contribución marginal de cada producto (diferencia entre el precio de venta y el costo variable medio. Contribución Marginal: Precio de Venta – Costo Variable Medio.), se puede calcular las cantidades de productos o servicios y el monto total de ventas necesarios para no ganar ni perder; es decir para estar en equilibrio. La fórmula para el cálculo para el punto de equilibrio según Blanco, (2006) es la siguiente:

- Punto de Equilibrio (cantidades):  $\text{Costo Fijo Total} / \text{Contribución Marginal}$
- Punto de Equilibrio (Ventas):  $\text{Costos Fijos} / (1 - \text{Costo Variable Total} / \text{Ventas Totales})$

Conviene hacer notar que en una empresa, a pesar de presentar un nivel aceptable de costos fijos totales, pudiera suceder que el encarecimiento de alguno de los componentes del costo directo de producción, como la materia prima o mano de obra directa, genere un pronunciado crecimiento de los costos variables totales a medida que crece la producción, haciendo que el punto de equilibrio se eleve marcadamente. En la medida en que el punto de equilibrio se sitúe en niveles bajos de producción, en esa misma medida se podrá asegurar que la empresa se podrá recuperar más fácilmente en el tiempo, de cualquier paro imprevisto de producción que se pudiera presentar (motivado por la falta de materia prima, huelga, rotura de una máquina, entre otros), tal y como lo señala (Blanco, 2006).

Existen otras herramientas para complementar un análisis de costos que ayudan a la formulación de recomendaciones para los agricultores a partir de datos agronómicos. Para este estudio, se usaron algunos procedimientos que están sustentados en el manual metodológico de evaluaciones económicas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988):

## El presupuesto parcial

Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. En el cuadro 5 se muestra un ejemplo de un presupuesto parcial para un ensayo de control de malezas en un cultivo de maíz.

Cuadro 5. Ejemplo de un presupuesto parcial para un ensayo de control de malezas en un cultivo de maíz.

	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>
<b>Rendimiento medio (kg/ha)</b>	1800	2160
<b>Beneficio bruto (\$/ha)</b>	3600	4320
<b>Costo de insumo a (\$/ha)</b>	0	500
<b>Costo de insumo b (\$/ha)</b>	400	0
<b>Costo mano obra (\$/ha)</b>	0	100
<b>Total costos que varían (\$/ha)</b>	400	600
<b>Beneficios netos (\$/ha)</b>	3200	3720

**Fuente:** CIMMYT (1988)

En el cuadro, las dos columnas representan 2 tratamientos alternativos. La primera fila presenta los rendimientos medios obtenidos. La segunda línea representa los beneficios brutos de campo y para ello es necesario conocer el precio de campo del producto que en el ejemplo es de 2 \$.kg<sup>-1</sup>. De esta manera se podrá comparar los beneficios brutos de cada tratamiento, pero también querrá tomar en cuenta los diferentes costos. Al considerar los costos relacionados con cada tratamiento, el agricultor solo debe preocuparse por aquellos que difieren entre los tratamientos, es decir, los costos que varían, como por ejemplo los insumos. El término "*presupuesto*

*parcial*" indica que éste no incluye todos los costos de la producción sólo los que son afectados por los tratamientos alternativos considerados. Por tanto, el total de costos que varían para cada tratamiento representa la suma de los costos que varían individualmente. La última línea del presupuesto parcial enumera los beneficios netos. Éstos se calculan restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos del campo. Así pues, el presupuesto parcial es una manera de calcular los costos totales que varían y los beneficios netos de cada tratamiento de un experimento en fincas.

### **El análisis marginal**

Otra herramienta importante para complementar un análisis económico es el análisis marginal, el cual es un método que se usa para comparar los costos que varían con los beneficios netos. Dicha comparación es importante para el agricultor puesto que le interesa saber el aumento de costos que se requiere para obtener un determinado incremento de los beneficios netos. La mejor manera de ilustrar esta comparación es hacer una gráfica donde cada tratamiento es representado por un punto de acuerdo con sus beneficios netos y el total de los costos que varían. Al unir los puntos se forma la curva de los beneficios netos que resulta útil para visualizar los cambios de costos y de beneficios que suceden al pasar de un tratamiento al que le sigue, en una escala de costos ascendentes. La curva de los beneficios netos también esclarece el razonamiento en que se basa el cálculo de las tasas de retomo marginales que comparan los incrementos de costos y beneficios entre los tratamientos. Antes de continuar con la curva de beneficios netos y el cálculo de las tasas de retomo marginales, un examen inicial de los costos y beneficios de cada tratamiento denominado análisis de dominancia puede servir para excluir algunos de los tratamientos y, como consecuencia simplificar el análisis.

- **El análisis de dominancia**

Se efectúa primero, ordenando los tratamientos de menor a mayor costo. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos más bajo. Esta herramienta de análisis es importante

porque hace ver que para aumentar los ingresos del agricultor, es importante centrarse en los beneficios netos, no en los rendimientos. A veces sucede que el valor del aumento de rendimiento no es suficiente para compensar el incremento de costos.

- **La curva de beneficios netos**

En una curva de beneficios netos, cada tratamiento se identifica con un punto, según sus beneficios netos y el total de los costos que varían. Las alternativas que no son dominadas se unen con una línea.

- **La tasa de retorno marginal**

El objeto del análisis marginal es revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. La manera de expresar esta relación es calcular la tasa de retorno marginal, que es el beneficio neto marginal (es decir, en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos), expresado en porcentaje. Las tasas de retorno marginales aparecen entre los dos tratamientos. No tiene sentido hablar de la tasa de retorno marginal de un tratamiento en particular pues ésta es más bien una característica de cambiar de un tratamiento a otro. Debido a que los tratamientos dominados no se incluyen en el análisis marginal, la tasa de retorno marginal siempre será positiva.

### **Criterios para la elección del método de producción más viable**

Para elegir entre los diferentes métodos de producción, específicamente entre las alternativas de fertilización se deben tomar en cuenta dos conceptos fundamentales, los cuales, son la base de este trabajo de investigación. Según Laza, (2006) éstos son:

***Eficiencia técnica:*** un método de producción es técnicamente eficiente cuando minimiza todos los requerimientos de factores de producción comparado con los métodos alternativos, para un mismo nivel de producción.

**Eficiencia económica:** un método de producción es económicamente eficiente cuando minimiza los costos de producción comparado con los métodos alternativos, para un mismo nivel de producción.

Primero se analiza la eficiencia técnica: si se encuentra una alternativa que minimice todos los requerimientos de factores, horas hombre e insumos, se tendrá resuelto el problema, dado que si es técnicamente eficiente, también lo será económicamente, ya que ante menores requerimientos de horas hombre e insumos que los métodos alternativos, para costos unitarios por factor iguales en todos los métodos, se obtiene el de mínimo costo. Pero resulta que a veces con el análisis de la eficiencia técnica no alcanza, puede suceder que no haya ninguna alternativa que minimice todos los requerimientos de factores a la vez (en alguno es superado por un método alternativo-, entonces se hace necesario calcular el costo total de todos los métodos y elegir el de mínimo costo, por lo que se debe hacer explícitamente el análisis de eficiencia económica. Se terminará eligiendo, entre todas las alternativas para fabricar un mismo producto, aquel método que minimice el costo por unidad, es decir el más eficiente económicamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El presente estudio se realizó en la finca Agropecuaria Punta Larga, ubicada en la vía carretera Palo Negro – Magdaleno, estado Aragua. Es una unidad de producción diversificada, que cuenta con 425 ha, de las cuales 160 ha están bajo la producción tecnificada de banano. Esta zona está caracterizada como Bosque Seco Tropical, con un promedio de precipitación de 1000 mm, temperatura media anual de 27 ° C, con una altura de 420 msnm y un suelo característicos de la planicie lacustrina de la Cuenca del Lago de Valencia (figura 4).



Figura 4. Ubicación regional de la Agropecuaria Punta Larga.

### Descripción del ensayo

El ensayo se realizó bajo un diseño de Bloques al Azar con 5 tratamientos de fertilización y 4 repeticiones. Cada bloque tuvo un área de 1000 m<sup>2</sup> (50 m por 20 m), dentro de la cual se ubicaron los 5 tratamientos, cada uno en parcelas de 200 m<sup>2</sup> (10

m por 20 m) con 10 plantas como unidad de muestreo (tal como lo sugiere Haddad *et al.*, 2005). El número de plantas totales fue de 200 para un área efectiva de 4000 m<sup>2</sup>. El ensayo se realizó dentro de un lote de 3,77 ha que cumplió con las siguientes características:

- Rendimiento dentro del promedio de la unidad de producción (65 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>).
- Sistema de riego por aspersion subfoliar que garantizó la distribución del agua de forma homogénea.
- Características edáficas representativas de la finca.
- Utilización de prácticas de control de plagas, enfermedades y malezas.

## **MATERIALES UTILIZADOS**

### **Compost**

Realizado en la finca (mezcla vástago de banano y bovinaza ó estiércol de bovino).

### **Fertilizantes inorgánicos**

- Sulfato doble de potasio y magnesio (Sulpomag) (0 N – 0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 18 MgO – 22 SO<sub>4</sub>)
- Fertilizante complejo (13 N – 3 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 43 K<sub>2</sub>O)
- Fosfato diamónico (18 N – 46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0 K<sub>2</sub>O)
- Sulfato de Amonio (21 N – 0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0 K<sub>2</sub>O - 24 SO<sub>4</sub>)

### **Hércules**

Herramienta que sirve para descompactar e incorporar el fertilizante al suelo.

### **Plantas de banano**

Se utilizaron plantas del clon 'Gran Naim' (*Musa AAA*; subgrupo Cavendish).

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SUELO A ESTUDIAR**

Se eligió un área designada como el lote 31, el cual posee una superficie plana, riego por aspersion subfoliar, con una plantación sana de 4 años de establecida. Por otro lado, el lote 31, recibió en el año 2008 una fertilización con 326 – 50 – 707 - 226



kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno (N), Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Potasio (K<sub>2</sub>O) y azufre (SO<sub>4</sub>), respectivamente, distribuido en 3 aplicaciones usando como únicas fuentes inorgánicas (13-03-43) y Sulfato de Amonio en una relación de 2:1. Desde el 20 de julio del 2008 hasta el 27 de noviembre de 2009, este lote no se fertilizó, con el fin de obtener respuestas a los tratamientos de fertilización.

### **CRITERIO DE SELECCIÓN DE LAS PLANTAS**

Las plantas estudiadas fueron los hijos de sucesión de la planta madre, las cuales podían estar florecidas o no. Se seleccionaron los hijos provenientes de plantas sanas con una altura que osciló entre 80 a 120 cm.

### **PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPOST**

La preparación del compost objeto de estudio, consistió en mezclar estiércol de bovino con vástago de cambur en proporción 2:1. El vástago estaba picado en pedazos antes de mezclarlo, para acelerar el proceso de compostaje se le aplicó microorganismos del género *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans*; también del género *Pseudomonas fluorescens* y *putida*, *Trichoderma viride* y extractos de algas marinas, por medio de un producto comercial, que ayudaron a la descomposición.

El proceso de compostaje fue en presencia de oxígeno y adecuada humedad, por lo que se regaron y airearon las pilas constantemente hasta que la temperatura alcanzara a 80 °C y luego descendiera a 30 °C aproximadamente. Desde que son conformadas o mezcladas las materias primas, transcurrieron 70 días aproximadamente para obtener el material compostado y listo para aplicarlo al campo.

### **TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN**

Los tratamientos consistieron en mezclar diferentes proporciones del fertilizante inorgánico y del compost realizado con vástago de banano y estiércol de bovino (Cuadro 6).

Cuadro 6. Proporciones de mezcla entre el fertilizante inorgánico y el compost para cada tratamiento.

Tratamiento	Proporciones de las mezclas (%)	
	Fertilizante Inorgánico	Compost
T1	100	0
T2	75	25
T3	50	50
T4	25	75
T5	0	100

### ESTABLECIMIENTO DE LAS DOSIS INORGÁNICAS Y ORGÁNICAS PARA CADA TRATAMIENTO

A continuación se muestran las dosis orgánicas e inorgánicas a usar para satisfacer las necesidades del cultivo por tratamiento según los cálculos del método de restitución (Cuadro 7)

Cuadro 7. Combinación de fuentes inorgánicas y orgánicas para satisfacer necesidades nutricionales en cada tratamiento.

Tratam	Fuentes Inorgánicas (g.planta <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )				Total dosis g/planta/ciclo	Fuente Orgánica Compost (g.planta <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )
	Sulpomag	Fertilizante complejo	Fosfato Diamonico	Sulfato Amonio		
T1	28	112	3,25	44	187	0
T2	21	84	2,44	33	140	1.120
T3	14	56	1,63	22	94	2.250
T4	7	28	0,8	11	47	3.400
T5	0	0	0	0	0	4.500

**T1:** solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost

**T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost, **T5:** 100 % solamente con compost.

## **ESTABLECIMIENTO Y FORMA DE APLICACIÓN DE LAS DOSIS DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN**

Las cantidades de elementos nutricionales que se aplicaron al suelo fueron determinadas por el método de restitución, el cual consistió en restar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, según resultados del laboratorio, de los requerimientos nutricionales del cultivo para una producción de  $70 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ .

Posteriormente, se combinaron los fertilizantes inorgánicos junto con el compost para conformar los distintos tratamientos y satisfacer la cantidad de nutrientes faltantes según el método de restitución: **T1**: 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2**: 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3**: 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4**: 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5**: 100 % solamente con compost (cuadro 6).

La aplicación de cada tratamiento fue por separado, es decir, el fertilizante inorgánico se fraccionó en 6 partes con un intervalo de aplicación de 6 semanas para un total de 30 semanas, tiempo en el cual la planta estaba próxima a florecer; mientras que en el caso del compost, la cantidad a aplicar para cada tratamiento, se dividió en 2 partes, siendo la primera aplicación al comienzo del ensayo y la segunda 5 meses después. Es importante señalar que después de haber aplicado la primera dosis correspondiente a cada tratamiento, excepto en T1 (100 % inorgánico), inmediatamente se incorporó tanto el fertilizante inorgánico como orgánico en la base de la planta mediante el uso del Hércules. Las siguientes dosis tanto inorgánicas como orgánicas se dejaron en la superficie, tal como se hace convencionalmente en la unidad de producción.

### **Labores culturales**

Las labores culturales como el deshije, deshoje, amarre, embolse, desflore, control de malezas, riego, plagas y enfermedades, entre otros, se realizaron según el manejo convencional de la finca para todos los tratamientos.

### **Técnica de muestreo en campo**

En el **suelo** se realizó una caracterización inicial tomando 4 muestras compuestas en cada bloque o repetición. Las profundidades de muestreo se establecieron con base a una revisión previa con barreno donde se identificaron dos capas u horizontes con características diferentes: 0 – 20 y de 20 – 40 cm (8 muestras en total) para las variables químicas. Para las físicas, se realizaron cuatro (4) hoyos de 50 cm por 50 cm por 50 cm (una en cada bloque o repetición), tomando 2 cilindros en cada horizonte (16 cilindros en total).

Culminado el ensayo se tomó una (1) muestra compuesta en cada tratamiento y en cada repetición a las mismas profundidades para un total de 40 muestras compuestas para las variables químicas. Para las físicas, se realizó un muestreo similar al inicial, pero en cada tratamiento y repetición tomando 2 cilindros en cada horizonte, dando un total de 80 cilindros.

En cuanto al **compost**, se selecciono una pila madura, tomándose 3 puntos de material, 2 en los costados y 1 en el frente, para luego mezclarlos y obtener la muestra compuesta para su análisis.

Se tomó una muestra compuesta de **tejido vegetal** proveniente de 6 plantas para cada tratamiento y repetición. Para ello, se cortó en el momento de la floración la sección de la parte media de ambos semilimbos de la hoja número 3. (Prevel, 1975).

## **VARIABLES A EVALUAR Y MÉTODOS ANALÍTICOS**

### **Variables Técnicas**

**En el suelo:** se realizaron las siguientes evaluaciones a todas las muestras colectadas:

nitrógeno (% N p.p<sup>-1</sup>): por el método de Kjeldhal modificado; fósforo (mg.kg<sup>-1</sup>): por una extracción ácida con la solución Mehlich 1 y método colorimétrico vanadato-molibdato; pH: en suspensión suelo - agua en relación 1:1; conductividad eléctrica (CE ds.m<sup>-1</sup>) en suspensión suelo - agua en relación 1:1; contenido de materia

orgánica por el método de combustión húmeda sin calentamiento (Walkley – Black modificado); bases (K, Ca, Mg y Na) según el método USDA, (1972); microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu) extraídos con la solución Mehlich 1 y detectados por absorción atómica; azufre disponible ( $\text{SO}_4^-$ ) por el método de turbidimetría; todos por los métodos de rutina del Laboratorio General de Suelos de la Facultad de Agronomía (FAGRO – UCV); textura: por el método del hidrómetro, densidad aparente, distribución de tamaño de poros, modulo de ruptura y conductividad hidráulica saturada por los métodos rutinario del Laboratorio de Física de FAGRO – UCV, descritos en detalle por Pla (1983).

***En el compost:*** se realizaron las siguientes determinaciones:

Nitrógeno total (% N p/p) por el método para determinar nitrógeno total en fertilizante, fósforo (%  $\text{P}_2\text{O}_5$  p/p): análisis de fósforo total en todo tipo de fertilizante, ambos según AOAC, (1997); pH, conductividad eléctrica (CE  $\text{ds.m}^{-1}$ ) en relación suelo - agua en relación 1:1; contenido de materia orgánica (Walkley – Black); bases disponibles intercambiables (Ca, Mg, K y Na) y microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu) en digestión perclórica y detección por absorción atómica (método COVENIN, 1981).

***En la planta:*** se realizaron las siguientes determinaciones:

**Altura de la planta (cm):** Se midió con una cinta métrica, desde la base del pseudotallo del hijo hasta la inserción del pecíolo de la hoja más reciente, con una frecuencia mensual hasta el momento de la floración.

**Perímetro del pseudotallo (cm):** Con una cinta métrica, se midió el perímetro del pseudotallo a una altura constante de aproximadamente 1,0 m desde la base de la planta con una frecuencia mensual hasta el momento de la floración.

**Peso del racimo (kg):** En el momento de la cosecha, que fue después de 13 semanas a partir de la floración, se pesaron los racimos con un peso de reloj.

**Número de manos:** Se cuantificó el número de manos de cada racimo cosechado.

**Calibración (grado ó líneas). Una línea: 1/32 pulgada:** Se midió con un calibrador de reloj el número de líneas del dedo central de la segunda mano en cada racimo cosechado.

**Longitud del dedo central 2<sup>da</sup> mano (cm):** Se midió con una cinta métrica el largo del dedo central de la segunda mano de cada racimo cortado.

**Longitud última mano comercial (cm):** Se midió con una cinta métrica el largo del dedo central de la última mano de cada racimo cortado.

**Altura del hijo de sucesión al momento de la floración y cosecha (cm):** Se midió con una cinta métrica, desde la base del pseudotallo del hijo de la planta madre hasta la inserción del pecíolo de la hoja más reciente al momento de la floración.

**Análisis de tejido foliar:** las muestras de hojas se llevaron al Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología (FAGRO-UCV) y se secaron a 70 °C. Se analizaron tanto los macroelementos como microelementos: N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Mn, Cu, Zn, Fe, de acuerdo a los métodos empleados en este Laboratorio.

### **Variables Económicas**

Para realizar el análisis de costos, se tomó como base el Estado de Ganancias y Pérdidas al 31 de diciembre de 2010, donde aparecen los costos fijos, variables y los ingresos anuales. Dentro de los costos variables, se encuentran una serie de costos implicados en el proceso de producción de banano; entre ellos, la mano de obra relacionada con la fertilización y los costos de los insumos para fertilizar. Dichos costos fueron modificados según los costos de cada tratamiento. A su vez, se hizo lo mismo con los ingresos netos. A continuación se describe como se calcularon los costos relacionados con la fertilización y los ingresos:

**Costo de personal ( $Bs.ha^{-1}.año^{-1}$ )/tratamiento:** se cuantificó el costo de la mano de obra implicada para cada tratamiento, lo cual incluye el costo de la aplicación

inorgánica y orgánica en campo, junto con la labor del Hércules, excepto para el tratamiento T1.

- **Cálculo de la mano de obra en la fertilización inorgánica:** Para realizar dicho cálculo, se partió de un objetivo común, realizar 6 aplicaciones en campo a un intervalo de 6 semanas sobre una superficie de 160 ha. Por lo tanto, eran 26,66 ha que se tenían que fertilizar cada semana independientemente de la dosis por planta, a saber, (187, 140, 94 y 47 g.planta<sup>-1</sup>.ciclo<sup>-1</sup>), así como de la cantidad de fertilizantes kg.ha<sup>-1</sup> arrojada por cada tratamiento. Debido a que cada dosis influye en el rendimiento del jornal (sacos.día<sup>-1</sup>), la cantidad de jornales varió para cada tratamiento así como la cantidad de días que tenían que trabajar en la semana.
- **Cálculo de la mano de obra en la fertilización orgánica:** Al igual que en el caso de la fertilización inorgánica, se partió de un objetivo común, realizar en toda la finca, 160 ha, 2 aplicaciones orgánicas en un periodo de 5 meses o 20 semanas. En este caso, la fertilización orgánica constó de 2 fases. La primera fase consistió en el traslado en tractor de los sacos de compost desde el centro de procesamiento hasta el área de aplicación y la distribución de los sacos en el cable. La cantidad de jornales que se empleó en esta fase dependió exclusivamente de la cantidad de sacos a transportar; así, mientras más sacos se necesitaban por hectárea, más personal y tiempo se requirió. La segunda fase consistió en la aplicación del abono en la planta. Al igual que en el inorgánico, la cantidad de jornales varió según la dosis por planta, así como también el tiempo.
- **Cálculo del costo de la aplicación del Hércules:** Como se dijo anteriormente, esta labor se realizó solamente en la primera aplicación de fertilización para todos los tratamientos, excepto para el número 1 (100 % inorgánico). El Hércules debe realizarse en un periodo de 20 semanas, con el fin de que cuando se haga la segunda aplicación de fertilización orgánica, ya el primero esté incorporado. El rendimiento de un jornal es de 0,33 ha/día, por lo que para recorrer 160 ha en 20 semanas se necesitan 4 jornales trabajando los 6 días de la semana.

**Costo de insumos, fertilizantes inorgánicos y compost (Bs/tratamiento):** se cuantificó en el caso de los fertilizantes inorgánicos, cuanto cuesta fertilizar cada tratamiento según precio del mercado, para lo cual se multiplicó el total de kilogramos consumidos de acuerdo al plan de fertilización por cada tratamiento, multiplicado por el precio del mercado. En cuanto al compost, se cuantificó el total de kilogramos usados en cada tratamiento multiplicado por el costo de producción de la empresa.

**Costos Totales (mano de obra e insumos) por tratamiento (Bs):** se obtuvo mediante la suma de los costos por hectárea y costos totales (160 ha) tanto del costo del personal como de los insumos para cada tratamiento.

**Ingresos brutos por hectárea (kg de fruta por precio de venta):** se cuantificó el ingreso en bolívares para cada tratamiento multiplicando los kilogramos obtenidos por hectárea de banano, por su precio de venta.

**Ingresos netos por hectárea (Ingresos brutos – costos totales) por tratamiento (Bs):** se cuantificó el ingreso neto en bolívares para cada tratamiento, restando los ingresos brutos menos los costos totales, es decir, la suma de los costos fijos y variables para cada tratamiento. Para ello, se modificó dentro de la estructura de costos de la empresa los costos en estudio, es decir, insumos y mano de obra para cada uno de los tratamientos.

**El presupuesto parcial:** se realizó con los costos de producción que fueron afectados por los tratamientos alternativos como los insumos inorgánicos e orgánicos y la mano de obra.

#### **Análisis marginal:**

- **Análisis de dominancia:** se ordenaron los tratamientos con los costos totales de menor a mayor. Posteriormente se determinó si algún tratamiento era dominado para sacarlo del análisis.



- **Curva de beneficios netos:** se realizó una curva donde en el eje de las abscisas se colocaron los costos y en el de las ordenadas los beneficios netos para cada tratamiento. Las alternativas que no fueron dominadas se unieron con una línea.
- **La tasa de retorno marginal:** se procedió a calcular la tasa de retorno marginal dividiendo el beneficio neto marginal y el costo marginal, expresada en porcentaje.

**Análisis de la Función de producción:** para realizar la curva de función de producción, se colocó en el eje de las abscisas la cantidad de insumos y en el eje de las ordenadas la cantidad de producción obtenida. Posteriormente, se estableció la relación entre la máxima cantidad de producto que puede obtenerse de banano ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) con cada combinación posible de insumos orgánicos e inorgánicos (T1, T2...T5), dada una tecnología o técnicas de producción. De esta manera se supo cual de las alternativas o tratamientos expresó los mayores rendimientos.

**Análisis de la curva de costos:** para realizar la curva de costos totales, se graficó la cantidad producida ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) en el eje de las abscisas y el costo total, es decir, la suma de los costos de la mano de obra e insumos (Bs) en el de las ordenadas para relacionar la cantidad producida y el costo total de producción junto con las demás curvas de costos, a saber, costo marginal y costo medio. Se esperó que al graficar, se lograra visualizar los comportamientos típicos de las curvas del costo marginal y costo medio, con el fin de identificar el punto donde se cortarían ambas curvas. Ese punto correspondería a la cantidad de producción ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) que minimizaría el costo total medio con respecto al resto de los niveles de producción. Posteriormente, esa cantidad de producción se correspondió con una de las 5 alternativas de fertilización o tratamientos.

**Punto de equilibrio:** El procedimiento para calcular el punto de equilibrio, consistió en modificar en el Estado de Ganancias y Pérdidas, los costos implicados en el ensayo; a saber, costos variables (insumos y mano de obra) y los ingresos (kg de fruta por precio de venta). Cada tratamiento generó costos variables e ingresos

distintos, los cuales sustituyeron a los que existían en el Estado de Ganancias y Perdidas al 31 de diciembre del 2010, por tanto fueron 5 Estados de Ganancias y Pérdidas diferentes. Posteriormente, se compararon entre sí para determinar cual obtuvo el menor punto de equilibrio.

Las formulas utilizadas fueron las siguientes:

- Punto de Equilibrio (cantidades):  $\text{Costo Fijo Total} / \text{Contribución Marginal}$ .
- Punto de Equilibrio (Ventas):  $\text{Costos Fijos} / (1 - \text{Costo Variable Total} / \text{Ventas Totales})$ .

### **Cálculos de las variables para el punto de equilibrio**

**Costo Fijo Total:** este costo se mantuvo igual para los 5 tratamientos al reflejado por la empresa al 31 de diciembre de 2010. Estos costos son independientes de la producción.

**Costo Variable Total:** dentro de los costos variables que maneja la empresa según el Estado de Ganancias y Pérdidas están sueldos y salarios, fertilizantes y herbicidas, mecatillo, material de empaque, consumo de gasoil, entre otros. En el renglón de sueldos y salarios se introdujo el costo de mano de obra para cada tratamiento así como también, para el renglón “otros fertilizantes” donde se introdujo el costo de los insumos (orgánico e inorgánico) usados para cada tratamiento.

**Ventas Totales:** las ventas de banano que aparecen en el Estado de Ganancias y Pérdidas al 31 de diciembre de 2010 provienen de una cantidad de banano en kilogramos obtenidas por todo un año multiplicado por un precio por kilo de fruta. Esa cantidad fue sustituida por las ventas anuales de banano que generó cada tratamiento, para lo cual, se multiplicó el mismo precio de venta usado en el año 2010 ( $2,36 \text{ Bs.kg}^{-1}$ ) por los kilos generados por cada tratamiento.

**Costo Variable Medio:** se obtuvieron dividiendo los costos variables entre la cantidad de producción.

**Contribución Marginal:** se obtuvo restando el precio de venta menos el costo variable medio.

**Selección del tratamiento más eficiente:** una vez que se realizó el análisis de la función de producción junto con el análisis de costos, se procedió a seleccionar aquel tratamiento que reflejó la mejor eficiencia técnica y económica.

### **Análisis Estadísticos**

Se utilizó el procedimiento ANOVA del SAS para Windows (versión 7.0), y la evaluación de pruebas de medias se realizó por Duncan al 5% de significación. A las variables que no cumplieron con los supuestos estadísticos (normalidad, aditividad, homogeneidad y aleatorización) se les aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis al 5% de significación, con el programa STATISTIX 7.0 para Windows. Por otra parte, se realizó también un análisis de correlación entre las variables del cultivo y del suelo, seleccionándose aquellas cuyo coeficiente de correlación ( $r$ ) estuvieran por encima de 0,50  $r^2$  y que explicaran lógicamente las variables de rendimiento ya que en muchos casos se encontraron contradicciones e interpretaciones incorrectas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se presentarán según el orden establecido en la metodología, por lo que se empezará por las variables técnicas (suelo, compost y variables de producción de la planta) y por último las variables económicas.

### **VARIABLES TÉCNICAS**

#### **Caracterización inicial del suelo**

A continuación se muestran los resultados de los análisis químicos y físicos del suelo antes de comenzar el ensayo (Cuadro 8).

La caracterización inicial evidenció que el suelo presentó características típicas de los suelos lacustrinos tales como contenidos altos de calcio, materia orgánica y nitrógeno, mientras que el resto de los elementos como el fósforo, potasio y microelementos, presentaron valores bajos. La textura del suelo fue franco arcillosa con pH moderadamente alcalino, sin problemas de afectación de sales. En cuanto a los parámetros físicos, también fueron característicos de los suelos lacustrinos, con espacio poroso total mayor a 50 %, porosidad de aireación mayor de 15 % sin limitaciones, densidad aparente muy baja, la conductividad hidráulica saturada alta y módulo de ruptura no limitantes, según los niveles señalados por Pla (1983).

#### **Caracterización del compost utilizado**

En el cuadro 9 se muestra la caracterización química del compost producido dentro de la unidad de producción partir de vástago de banano.

Cuando se compara los contenidos nutricionales del compost elaborado en la finca con otros compost, por ejemplo, el reportado por Soto (2008), se observa que el nitrógeno, el pH, la materia orgánica y la relación C:N son muy similares. No obstante, el fósforo, potasio, magnesio y los microelementos, excepto el hierro, son más altos. Esto deja ver que el compost generado en la unidad de producción presenta mejores características químicas, especialmente con el contenido de potasio, el cual es 2,25 veces más alto, lo que significa que para suministrar las cantidades requeridas de potasio por la planta, se necesitarían menos cantidad de compost por hectárea y por tanto más viable desde el punto de vista técnico.

Cuadro 8. Caracterización química y física inicial del suelo.

Características	Profundidad (cm)			
	0 – 20	Nivel	20 - 40	Nivel
<b>Arena (%)</b>	25,60		24,60	
<b>Limo (%)</b>	45,47		46,30	
<b>Arcilla (%)</b>	28,93		29,10	
<b>Clase textural</b>	FA	Media	FA	Media
<b>pH 1:1</b>	7,73	M. Alc	7,75	M. Alc
<b>CE ds.m<sup>-1</sup></b>	0,47	no salino	0,49	no salino
<b>MO(%)</b>	5,82	Alto	5,51	Alto
<b>Nitrógeno, N (%)</b>	0,24	Alto	0,23	Alto
<b>Fósforo, P (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,00	Bajo	1,25	Bajo
<b>Potasio, K (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	30	Bajo	40	Bajo
<b>Calcio, Ca (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	15.280	Muy Alto	35.882	Muy Alto
<b>Magnesio, Mg (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	50	Medio	55	Medio
<b>Azufre, SO<sub>4</sub> (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	41,9	Muy Alto	77,4	Muy Alto
<b>Sodio, Na (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	40	Bajo	55	Bajo
<b>Hierro, Fe (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,6	Bajo	4,2	Bajo
<b>Zinc, Zn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,6	Bajo	1,4	Bajo
<b>Cobre, Cu (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,6	Alto	1,8	Alto
<b>Manganeso, Mn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	1,6	Bajo	2,4	Bajo
<b>EPT(% v.v<sup>-1</sup>)</b>	65,95		65,90	
<b>EPr &gt; 15 (% v.v<sup>-1</sup>)</b>	16,08		16,09	
<b>DA (Mg.m<sup>-1</sup>)</b>	0,81	Muy baja	0,75	Muy baja
<b>Ksat (cm.h<sup>-1</sup>)</b>	7,00	Alta	10,87	Alta
<b>MR (kPa)</b>	117,92	NL	69,74	NL

MO: Materia orgánica; M. Alc: Moderadamente alcalino; FA: Franco Arcilloso; EPT: Espacio poroso total, EPr>15: Poros de radio equivalenete mayor a 15 micrometros; DA: densidad aparente; Ksat: conductividad hidráulica saturada; MR: modulo de ruptura; NL: no limitante.

Cuadro 9. Contenidos nutricionales (%) del compost.

<b>Características</b>	<b>Contenidos nutricionales</b>
<b>Contenido de materia orgánica (%)</b>	21,61
<b>pH</b>	8,61
<b>Relación C:N</b>	7,76
<b>Conductividad Eléctrica (ds.m<sup>-1</sup>)</b>	13,08
<b>Nitrógeno, N %</b>	1,6
<b>Fósforo, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %</b>	5,71
<b>Potasio, K<sub>2</sub>O %</b>	3,65
<b>Calcio, CaO %</b>	21,66
<b>Magnesio, MgO %</b>	2,32
<b>Sodio, Na %</b>	0,11
<b>Hierro, Fe %</b>	1,05
<b>Zinc, Zn %</b>	0,06
<b>Cobre, Cu %</b>	0,06
<b>Manganeso, Mn %</b>	0,11

Por otra parte, los contenidos de calcio son muy altos, debido a la utilización de estiércol de bovino, lo cual podría generar un mayor incremento en los contenidos de calcio del suelo.

#### **Efecto de los tratamientos sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento del cultivo.**

En el cuadro 10 se presentan los valores de crecimiento y rendimiento del cultivo para los diferentes tratamientos evaluados.

**Altura de la planta madre en el momento de la floración (cm):** Para la variable altura de la planta madre, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 10), aunque se distingue la diferencia de altura del T1 con el

resto. Sin embargo, el hecho de que no hubo diferencias estadísticas indica que la fertilización total o parcial con abono orgánico no afectó la altura de la planta con respecto a las fertilizadas con el fertilizante inorgánico. De hecho, la diferencia entre los tratamiento extremos 1 y 5 fue de apenas 16 cm.

Cuadro 10. Pruebas de medias para las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo.

PARÁMETROS	Tratamientos					Nivel de significancia P<0,05
	T1	T2	T3	T4	T5	
<b>APMF (cm)</b>	295,4	287,4	285,3	286,1	279,5	ns
<b>PPSMF (cm)</b>	72,3	70,0	69,3	69,8	67,7	ns
<b>AHF (cm)</b>	114,2 (a)	93,4 (b)	98,6 (b)	87,6 (cb)	78,9 (c)	*
<b>AHC (cm)</b>	184,1 (a)	175,8 (ba)	165,0 (bac)	160,9 (bc)	152,0 (c)	*
<b>PR (kg)</b>	34,3	33,2	33,2	37,4	33,6	ns
<b>NM (unidades)</b>	9,0	8,2	8,5	8,6	8,0	ns
<b>C2M (líneas)</b>	15,2 (bc)	16,2 (bac)	15,0 (c)	17,5 (a)	17,0 (ba)	*
<b>LDC (Pulgadas)</b>	10,1 (bc)	10,1 (bc)	10,0 (c)	10,3 (ba)	10,4 (a)	*
<b>CUM (líneas)</b>	11,8 (b)	13,0 (ba)	12,0 (b)	13,8 (a)	14,0 (a)	*
<b>LDUM (Pulgadas)</b>	8,4 (bc)	8,6 (ba)	8,4 (c)	8,6 (ba)	8,6 (a)	*

**APMF:** altura de la planta madre al momento de la floración; **PPSMF:** perímetro del pseudotallo de la planta madre al momento de la floración; **AHF:** altura del hijo de la planta madre al momento de la floración; **AHC:** altura del hijo de la planta madre al momento de la floración; **PR:** peso del racimo; **NM:** numero de manos; **C2M:** calibre del dedo de la segunda mano; **LDC:** longitud del dedo central de la segunda mano; **CUM:** calibre ultima mano; **LDUM:** longitud del dedo de la ultima mano; **ns:** Diferencias no significativas; \* Diferencias estadísticas significativas al 95% de probabilidad; **T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost; **T5:** 100 % solamente con compost.

**Perímetro del pseudotallo al momento de la floración (cm):** Esta variable se considera como un índice de gran valor para medir el vigor de la planta, ya que representa el número de hojas emitidas y el vigor de las mismas, (Soto, 2008). Para esta variable, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 10), aunque fue el T1 quien obtuvo el mayor perímetro del pseudotallo. No obstante, los valores fueron muy similares, incluso en los tratamientos extremos (T1 y T5). Según Soto (2008), señala que el clon 'Gran Enano' a una altura desde el suelo de 1 m, una planta vigorosa debería tener como perímetro 65 cm de diámetro. Todos los tratamientos, incluyendo el manejo con 100 % orgánico (T5), presentaron perímetros superiores a éste valor, por lo que los efectos de la fertilización orgánica no impactaron negativamente en esta variable, que se traduce en la obtención de plantas vigorosas para el clon bajo estudio.

**Altura del hijo al momento de la floración (cm):** Para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el T1 quien obtuvo la mayor altura del hijo y el T5 la menor altura del hijo al momento de la floración de la planta madre (Cuadro 10). Aunque el hijo fue mayor en el T1 por efectos de haberse abonado con 100 % del fertilizante inorgánico, y por ende a su rápida solubilización, se observa un grupo de tratamientos que contienen abono orgánico (T2 y T3) cuya altura presentada no fue mayor de 20 cm con respecto al T1, por lo que fertilizar usando parcialmente la fuente orgánica preparada en la unidad de producción, puede representar una alternativa atractiva.

**Altura del hijo al momento de la cosecha (cm):** Con respecto a esta variable, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el T1 presentó la mayor altura del hijo (Cuadro 10), observándose claramente una reducción de la altura del hijo a medida en que se va adicionando más abono orgánico. Cabe señalar, que en la altura de la planta madre no hubo diferencias estadísticas significativas mientras que si se observaron en la altura de sus hijos. Esto indica, que los hijos de las plantas madres han tenido más oportunidad y tiempo de aprovechar los nutrientes que se han estado liberando en el suelo provenientes de las distintas



combinaciones de fertilizantes desde que se aplicaron a la planta y por ende de expresar el verdadero efecto que éstos generan en el desarrollo, que en este caso es en los hijos.

En suelos lacustrinos, para plantas madres a cosecha, el hijo de sucesión puede tener una altura de 185 cm en promedio, (Lobo, *et al*, 2009), el cual es similar al obtenido con el T1. Sin embargo, al observar las pruebas de medias, el T2 presentó una altura no mayor a 8 cm de diferencia con respecto al T1, por lo que usar la fuente orgánica de forma parcial, no impacta de forma negativa en el desarrollo del hijo, representando una buena alternativa de fertilización.

**Peso del racimo (kg):** Con respecto al peso del racimo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Generalmente se espera que las plantas fertilizadas con abono inorgánico produzcan racimos con peso muy superiores a los abonados de forma orgánica, tanto de forma parcial como total. En este caso, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas, el tratamiento T4 produjo los racimos con mayores pesos, según las pruebas de medias (Cuadro 10), con una diferencia de 3 kg por encima de los racimos del T1. Lahav y Turner (1992), señalaron que aplicando  $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de materia orgánica combinado con fertilizantes inorgánicos se podían incrementar los rendimientos en un 33 %. En este caso, la diferencia encontrada entre el tratamiento T4 y T1 fue de apenas 9 %; sin embargo, es importante señalar que no se aplicaron 80 Mg sino  $13,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de compost. No obstante, en esta investigación se demuestra que es posible manejar buenos rendimientos cuando se combinan ambos tipos de fuentes en la nutrición para el cultivo.

Cuando se observan los tratamientos manejados con abono orgánico, en los cuales se obtuvieron pesos similares a los obtenidos con el fertilizante inorgánico, indica que estas alternativas no afectan negativamente la producción por lo menos en el primer año de haber aplicado el abono orgánico. Por otro lado, Soto (2008), indica que los pesos de los racimos para el clon 'Gran Enano' oscilan entre 17,48 kg y 45,41 kg, por

lo que todos los tratamientos, según las pruebas de medias, produjeron pesos dentro de este rango.

**Número de manos:** En cuanto al número de manos, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, aunque al analizar las pruebas de medias (Cuadro 10), se observan 3 grupos de tratamientos, donde el T1 fue quien obtuvo el mayor número de manos con 9,04 mientras que el T5 obtuvo 8,04 manos. Como puede observarse, las diferencias son muy bajas entre los tratamientos extremos.

Entre los tratamientos T1 y T4, a pesar de haber usado fuentes de fertilización diferentes, la diferencia fue de apenas 0,49 manos, lo que indica que fertilizar combinando fuentes orgánicas con inorgánicas no afecta negativamente, el número de manos en el racimo. Según Soto, (2008), el número de manos está relacionado con el perímetro del pseudotallo. Mientras este tenga entre 70 y 65 cm se obtiene una cantidad de 5,5 y 6 manos respectivamente. No obstante, a pesar de que el perímetro del pseudotallo del tratamiento T4 fue de 69,76 cm (Cuadro 10), el número de manos que produjo fue de 8,55 manos, es decir, por encima del estipulado por Soto (2008), lo que indica que bajo las condiciones del ensayo, usar el compost en un 75 % en la fertilización se favorece la producción de manos en el racimo de banano.

**Calibre del dedo central de la 2<sup>da</sup> mano (líneas):** Para esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 10). Al observar las pruebas de medias, se encontró que el mayor valor obtenido fue para el T4, con 17,50 líneas, seguido por el T5 con 17 líneas.

Es interesante destacar que los tratamientos con mayores proporciones de compost, arrojaron los más altos calibres en el dedo central. Por ello, el peso de los racimos del T4 fue el más alto, por lo que resulta favorable en el llenado de los dedos la combinación de 75 % y 25 % de compost y fertilizante inorgánico, respectivamente.

Se puede deducir, que a pesar de que el tratamiento T4 posee menor cantidad de fertilizante inorgánico con respecto al T1, el hecho de que se combine con el compost, puede haber ejercido un efecto favorable en la disponibilidad de los nutrientes a la planta al incrementar la retención de nutrientes en el suelo y evitar se laven por el efecto de la materia orgánica aportada por el compost, y a que no se pierdan los elementos, especialmente el nitrógeno por volatilización, gracias a la incorporación al suelo con el Hércules lo que repercute en un mejor llenado de la fruta. Por el contrario, agregando los nutrientes al suelo en forma 100 % inorgánica y sin incorporar al suelo, se podrían perder por volatilización y por escorrentía, por lo que la disponibilidad de nutrientes sería baja y por ende un bajo llenado de la fruta.

***Longitud del dedo central de la 2<sup>da</sup> mano (pulgadas):***

Para la variable longitud del dedo, también se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el T5, quien obtuvo el mayor valor (Cuadro 10).

Los tratamientos con mayor contenido de compost (T4 y T5), produjeron una mayor longitud del dedo central, indicando que al aplicar compost al suelo de forma combinada y total, se favorece el crecimiento de los dedos. Soto (2008), estableció una relación entre el número de manos con la longitud del dedo central de la segunda mano, donde la longitud de dedos en racimos de 8 manos es de 16,22 cm (6,38 pulgadas). En este caso, el tratamiento T5, a pesar de que generó 8 manos, la longitud del dedo fue de 26,44 cm (10,41 pulgadas), es decir, por encima de lo encontrado por Soto (2008), lo cual confirma que la aplicación de compost promueve el crecimiento de los dedos.

***Calibre del dedo de la última mano (líneas):*** Para la variable calibre del dedo de la última mano, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el T5 obtuvo el mayor calibre con 14 líneas (Cuadro 10).

Los T4 y T5 produjeron los mayores calibres de los dedos de la última mano, indicando que la aplicación del compost en un 75 % y 100 % favorece el llenado de los dedos. Es interesante que el tratamiento T1, en el cual se le suministró la nutrición al cultivo solo con fertilizante inorgánico, se obtuvo el menor grosor de los dedos, quizás por efectos de volatilización y lavado de los nutrientes.

Analizando el comportamiento de las variables número de manos y calibre, el tratamiento T1 favoreció el mayor número de manos, pero los tratamientos T4 y T5 favorecieron el llenado de los dedos lo que no ocurrió con el T1. Quizás, en las primeras semanas de la planta cuando se va formando el racimo dentro del pseudotallo, la planta encontró una mayor disponibilidad de nutrientes en el tratamiento T1, lo que favoreció la formación de un mayor número de manos. Sin embargo, al pasar las semanas, los elementos nutricionales fueron perdiéndose por lavado y por volatilización, hasta un punto en que eran insuficientes para llenar los dedos. Mientras que, las plantas donde el fertilizante inorgánico era menor pero con mayor proporción de compost, los nutrientes no estuvieron tan disponibles al momento de la formación de las manos, por efectos de la lentitud en la mineralización que caracteriza a los compost. No obstante, al pasar las semanas, la disponibilidad de nutrientes, por efectos de la mineralización y por la reducción de lavado y volatilización de los elementos era mayor, disponibles para la etapa en que la planta los necesitaba para llenar los dedos.

***Longitud del dedo de la última mano (pulgadas):*** También se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento T5 el que arrojó el mayor calibre de la última mano (Cuadro 10). Este mismo comportamiento se observó para la longitud del dedo central de la 2<sup>da</sup> mano, donde el T5 también obtuvo el mayor calibre.

Los tratamientos T4 y T5 presentaron mayor calibre de los dedos de la última mano, indicando que la aplicación de compost combinado con fertilizante inorgánico en un 75 y 25 % respectivamente y/o aplicado sólo, favorece el llenado de los dedos en la

última mano. Se destaca, que todos los tratamientos, presentaron longitudes de dedos por encima de los exigido por el mercado principal de Punta Larga, Central Madeirense, el cual es de 7,5 pulgadas (19,05 cm). Por lo tanto, las alternativas de fertilización con compost parcial o total no afectan negativamente la longitud de los dedos para su comercialización.

### **Efecto de los tratamientos sobre los contenidos de elementos en el tejido foliar.**

En el cuadro 11 se presenta el efecto que tuvieron los distintos tratamientos de fertilización sobre en los contenidos nutricionales del tejido foliar.

***Nitrógeno en la hoja (%):*** no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11). No obstante, fue el T3 quien obtuvo el mayor valor de nitrógeno en la hoja, quien además logró superar el nivel crítico señalado por Soto (2008), el cual es de 2,60 %. Para el resto de los tratamientos, los valores aunque están por debajo del nivel crítico están muy cercanos, por lo que se presume que no se hayan presentado deficiencias de N en la planta bajo ninguno de los tratamientos. Una de las probables causas de la poca absorción en algunos tratamientos, pudiera ser la volatilización del nitrógeno contenido en el sulfato de amonio. Para los tratamientos T2 al T5, a pesar de que hubo una incorporación inicial con el Hércules, las demás aplicaciones de nitrógeno fueron sobre la superficie del suelo, lo cual lo hace susceptible de perderse por volatilización. Por otra parte, aunque el nitrógeno es muy rápido absorberse en forma de nitrato, también es cierto que este transporte es favorecido por pH ligeramente ácidos (Camacho, 2003), condición que no se encontró en éste suelo, ya que el pH es moderadamente alcalino.

No obstante, de este comportamiento se deduce que el hecho que ningún tratamiento generó una diferencia significativa, indica que aquellas plantas fertilizadas usando compost de forma total y parcial no fueron diferentes en la absorción de nitrógeno a las plantas fertilizadas sólo con abono inorgánico. Es decir,

que el N aportado por el abono orgánico fue tan disponible para la planta como el aportado por el fertilizante inorgánico.

Cuadro 11. Análisis de la varianza y pruebas de medias para las variables de la hoja.

Parámetros	Tratamientos					Nivel crítico	Nivel de significancia
	T1	T2	T3	T4	T5	<sup>1)</sup>	P < 0,05
<b>Nitrógeno, N (%)</b>	2,50	2,45	2,64	2,41	2,40	<b>2,60</b>	ns
<b>Fósforo, P (%)</b>	0,33	0,48	0,44	0,43	0,43	<b>0,08</b>	ns
<b>Potasio, K (%)</b>	4,29	4,42	4,06	4,31	4,00	<b>2,50</b>	ns
<b>Calcio, Ca (%)</b>	1,29	1,10	1,20	1,57	1,33	<b>0,25</b>	ns
<b>Magnesio, Mg (%)</b>	0,63	0,61	0,69	0,71	0,62	<b>0,18</b>	ns
<b>Azufre, SO<sub>4</sub> (%)</b>	0,20	0,21	0,22	0,19	0,20	<b>0,20</b>	ns
<b>Sodio, Na (%)</b>	0,25	0,28	0,43	0,24	0,30	<b>0,005</b>	ns
<b>Hierro, Fe (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	133 (a)	131 (a)	127 (a)	110 (b)	122 (ba)	<b>45</b>	*
<b>Zinc, Zn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	4	3	4	3	4	<b>18</b>	ns
<b>Cobre, Cu (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	14	16	13	13	12	<b>11</b>	ns
<b>Manganeso, Mn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	13	13	12	14	12	<b>25</b>	ns

ns: Diferencias no significativas; \* Diferencias estadísticas significativas al 95% de probabilidad; **T1**: 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2**: 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3**: 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4**: 25 % con inorgánicos y 75 % con compost; **T5**: 100 % solamente con compost; <sup>1)</sup> Nivel crítico según Soto, (2008).

**Fósforo en la hoja (%):** para la variable % de contenido de fósforo en la hoja, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque según las pruebas de medias, el mayor valor encontrado fue para el tratamiento T2 (Cuadro 11), no obstante, en todos los tratamientos las plantas pudieron absorber el fósforo sin problemas, incluso superando el nivel crítico (Soto, 2008). Es importante señalar que en T1, se le suministró la cantidad requerida por la planta por vía inorgánica, mientras que para el resto de los tratamientos que contenían compost, se le suministró mayores cantidades de fósforo, por tener el compost dentro de su composición grandes cantidades de este elemento (Cuadro 9). Se sugiere que debido a esto, los tratamientos con compost presentaron más absorción de fósforo que en T1 aunque estadísticamente son iguales. Por otra parte, como el fósforo es poco móvil en el suelo, el hecho de que el compost y el fertilizante fueran incorporados acercándolo a las raíces, éstas lograron absorberlo con mayor facilidad. Otro factor que ayudó también a la disponibilidad de fósforo para la planta fue el buen suplemento de magnesio, ya que la carencia de éste restringe la transferencia de fósforo a la planta (INPOFOS, 1989).

No obstante, todos los tratamientos obtuvieron una absorción de fósforo por encima del nivel crítico, a pesar de que en el análisis de suelo inicial éste se encontraba en un nivel bajo (Cuadro 8), lo que indica que independientemente del manejo en la fertilización se producen buenos resultados en cuanto a este elemento. Por tanto, fertilizar con compost de forma total o parcial no genera deficiencias de fósforo en la planta.

**Potasio en la hoja (%):** Para la variable potasio en la hoja, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 11). No obstante, todos los tratamientos pudieron absorber dicho elemento en cantidades adecuadas, incluso por encima del nivel crítico. Por tanto, todos los tratamientos promovieron la absorción de potasio, incluyendo los abonados con compost, a pesar de contener un 3,65 % de potasio (Cuadro 9) y de encontrarse inicialmente en el suelo clasificado como bajo (Cuadro 8), lo cual indica que nutrir a la planta empleando esta fuente

orgánica no afecta negativamente la nutrición. De hecho, el tratamiento T4, presentó valores muy similares al T2 el cual recibió una mayor cantidad de nutrición potásica por vía inorgánica.

**Calcio en la hoja (%):** Para esta variable tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque fue el tratamiento T4 el que presentó mayor absorción de calcio en la hoja con 1,57 % (Cuadro 11). El calcio del suelo estuvo clasificado como muy alto (Cuadro 8) debido a las características intrínsecas de suelos lacustrinos. El compost también presentó contenidos altos de calcio debido a que en su composición se emplea estiércol de vacuno, lo cual genera altas cantidades de dicho elemento (Cuadro 9). Por ello, todos los tratamientos estuvieron por encima del valor crítico para calcio (Soto, 2008), lo cual indica que independientemente del manejo usado en la nutrición, todos favorecieron la absorción de calcio.

**Magnesio en la hoja (%):** Para la variable contenido de magnesio foliar, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 11). Todos los tratamientos estuvieron por encima del valor crítico en la hoja, a pesar de encontrarse en el suelo antes del ensayo niveles bajos (Cuadro 8), por lo que la aplicación de compost de forma total o parcial, no afecta negativamente la absorción de este nutriente en la hoja sino que por el contrario lo promueve.

**Azufre en la hoja (%):** No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable azufre en la hoja (Cuadro 11). No obstante, en el tratamiento T3 se presentaron los mayores valores, según las pruebas de medias. Debido a que no hubo diferencias estadísticas, se puede decir, que los diferentes manejos aplicados, presentan resultados similares en cuanto a la absorción de azufre en la hoja. Los tratamientos T2 y T3 estuvieron por encima del nivel crítico, indicando que la aplicación de 25 y 50 % de compost a la planta favorece la absorción de este elemento, inclusive mejor que el T1 el cual recibió las más altas cantidades de azufre vía inorgánica.



**Sodio en la hoja (%):** No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para esta variable (Cuadro 11). Los niveles de sodio en la hoja estuvieron por encima con respecto al nivel crítico, aunque, por ser tan altas, pudieran estar afectando negativamente a la planta, como pudo haber sucedido en el tratamiento T3 quien obtuvo el mayor valor de sodio en la hoja. De hecho, se pudo observar que la correlación del sodio en la hoja fue negativa con los parámetros de calidad del fruto, como peso del racimo, el calibre y la longitud de los dedos (Anexo 1). Pero cabe destacar, que al parecer, no es el compost el que genera estas altas concentraciones de sodio en la hoja, ya que el T1, que no recibió ninguna dosis de compost, también presentó valores altos de sodio en la hoja y por otra parte, el suelo, antes de iniciar el ensayo presentó niveles de sodio bajos (Cuadro 8). Quizás, aunque esos niveles de sodio fueron bajos, para la plantación de banano sean importantes. No obstante, en campo no se observaron síntomas de toxicidad por sodio, como clorosis marginal en hojas bajas y áreas necróticas (INPOFOS, 1989).

**Hierro en la hoja ( $mg.kg^{-1}$ ):** Para esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el T1, T2 y T3 quienes presentaron los valores más altos (Cuadro 11). A pesar de que el hierro en el suelo se encontraba bajo (Cuadro 8), era suficiente para las cantidades requeridas por la planta, por eso no se aplicaron microelementos al suelo vía fertilizante inorgánico, mientras que con el compost, por tener hierro en su composición (Cuadro 9), era inevitable que no se le aplicara hierro. Sin embargo, independientemente del caso, el hierro fue absorbido por la planta superando el valor crítico, por lo que las distintas alternativas de fertilización empleadas, no afectaron la disponibilidad de este elemento. Además, se encontró una correlación positiva (Anexo 1) entre el hierro foliar y la altura del hijo a floración donde fueron los tratamientos T1, T2 y T3 los que presentaron la mayor altura.

**Zinc en la hoja ( $mg.kg^{-1}$ ):** No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11). Aunque en el suelo el zinc era bajo (Cuadro 8), esas cantidades fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de la planta. No

obstante, ningún tratamiento logró absorber las cantidades necesarias para superar el nivel crítico, por lo que independientemente de la fertilización realizada, las plantas no pudieron absorber el zinc en cantidades adecuadas quizás, las bajas cantidades de zinc en la hoja fueron causadas por la interacción negativa con el fósforo del suelo y por la reacción alcalina de éste (Soto, 2008). Por otra parte, INPOFOS (1989), señala que los suelos calcáreos son particularmente susceptibles a las deficiencias de zinc ya que estos iones pueden ser reemplazados por iones de calcio.

**Cobre en la hoja ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ):** No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 11). A pesar de que el cobre en el suelo se encontró bajo (Cuadro 8), las cantidades requeridas por la planta son muy bajas, por lo que fue suficiente para satisfacer la demanda de éste microelemento. Todos los tratamientos, presentaron valores por encima del nivel crítico (Soto, 2008), por lo que la aplicación de compost de forma total o parcial, no influyó negativamente en la absorción de cobre.

**Manganeso en la hoja ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ):** No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 11). A pesar de que los requerimientos de manganeso por la planta son muy bajos y que el suelo tenía una cantidad suficiente para suplir las necesidades, las plantas no pudieron absorber el manganeso en cantidades adecuadas, ya que todos los tratamientos estuvieron por debajo del nivel crítico, quizás por el pH del suelo moderadamente alcalino (Cuadro 8), y que la absorción de éste elemento por la raíz se deprime en presencia de magnesio y calcio (Camacho, 2003), los cuales estuvieron clasificados como muy altos en el suelo según los análisis químicos. Además, el alto contenido de hierro en la planta pudo ocasionar carencias de manganeso en la misma (Soto, 2008).

#### **Efecto de los tratamientos sobre las características físicas del suelo.**

A continuación se muestra en el cuadro 12 el efecto de los distintos tratamientos de fertilización sobre las propiedades físicas del suelo.

Cuadro 12. Pruebas de medias para las variables físicas del suelo.

Variables	Prof (cm)	Tratamientos					P<0,05
		T1	T2	T3	T4	T5	
EPT (% v.v <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	0 - 20	58,06 (a) <sup>1)</sup>	53,74 (b)	62,27 (a)	53,15 (b)	54,68 (ab)	*
	20 - 40	60,58	55,10	59,77	59,73	59	ns
Pr> 15 μm (% v.v <sup>-1</sup> )	0 - 20	10,33	13,18	17,41	15,04	18,32	ns
	20 - 40	15,62	13,33	17,20	15,52	19,92	ns
Ks (cm.h <sup>-1</sup> )	0 - 20	10,86	30,80	6,50	19,87	28,01	ns
	20 - 40	10,65	13,11	8,25	13,43	11,44	ns
Da (Mg.m <sup>-3</sup> )	0 - 20	0,72	0,75	0,76	0,73	0,732	ns
	20 - 40	0,68	0,78	0,72	0,60	0,65	ns
MR (kPa)	0 - 20	43,50 (b)	30,25 (b)	76 (a)	42,25 (b)	33 (b)	*
	20 - 40	23	24	26,50	12,75	18,50	ns

**Prof:** Profundidad, **EPT:** espacio poroso total; **Pr>15:** Poros de radio equivalente mayor de 15 micrometros, **Ks:** conductividad hidráulica saturada; **Da:** densidad aparente; **MR:** modulo de ruptura. <sup>1)</sup> Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; **ns:** Diferencias no significativas; \* Diferencias estadísticas significativas al 95% de probabilidad; **T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost; **T5:** 100 % solamente con compost.

**Espacio poroso total (EPT, %):** Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para esta característica a la profundidad de 0 a 20 cm (Cuadro 12), siendo el tratamiento T3 el que presentó el mayor EPT.

El objetivo de la labor del Hércules es descompactar los primeros centímetros de suelo e incorporar la materia orgánica al mismo. Esta labor fue realizada a todos los tratamientos al inicio del ensayo excepto para T1. Los resultados de los espacios porosos fueron totalmente incoherentes con los tratamientos, ya que todos, excepto

el T3 estuvieron por debajo del T1 al cual no se le hizo dicha labor. En otras palabras, se esperaba que el tratamiento con menor porcentaje de espacio poroso fuera T1. Este comportamiento observado en ambas capas de suelo, se debe a que la porosidad total no es afectada de forma importante por la adición del compost ya que su aplicación es muy reciente, ni por la labor del Hércules debido a que es localizado y superficial y además los suelos lacustrinos naturalmente poseen valores altos (Cuadro 12) que oscila alrededor del 70 % (Rodríguez, *et al*, 2004). Por ello no se observó un comportamiento coherente de la porosidad con el manejo. De hecho, el EPT inicial (Cuadro 8) fue mayor a los encontrados después de culminado el ensayo, a pesar de que se aplicó la labor con el Hércules. Ni siquiera supero el espacio poroso del T1 al cual no se le hizo la labor.

**Poros de radio mayor de 15 micrómetros ( $Pr > 15 \mu m$ , %):** Para los poros mayores a  $15 \mu m$ , tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas, a ninguna de las profundidades evaluadas, ni se observó un comportamiento definido entre los tratamientos, producto de que la macroporosidad no fue afectada de forma importante por el compost ni por la labor del Hércules, sino que es una propiedad naturalmente alta en los suelos lacustrinos. De hecho, para todos los tratamientos, la macroporosidad estuvo por encima del valor crítico, que según Rodríguez y Lobo (2004), es de 12 %, excepto, el tratamiento T1, que estuvo ligeramente por debajo del valor crítico.

**Conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ,  $cm.h^{-1}$ ):** Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 12). Es importante destacar que desde un punto de vista agronómico, los tratamientos en los cuales se aplicó el Hércules presentaron valores más altos en comparación al T1 al cual no se le realizó dicha labor, indicando que la misma mejoró la velocidad de transmisión del agua dentro del suelo lo cual explica el desempeño adecuado en los parámetros de la fruta para estos tratamientos. Dicho resultado concuerda con lo señalado por Soto (2008), quien encontró que los abonos orgánicos mejoran el drenaje del suelo.

El tratamiento T3 obtuvo el valor más bajo de  $K_{sat}$  para ambas profundidades, a pesar de que también recibió la labor, e incluso los valores fueron más bajos que el valor de  $K_{sat}$  encontrado antes del comienzo del ensayo (Cuadro 8). Este valor de conductividad puede estar explicando el comportamiento marginal para algunas de las variables de rendimiento del T3 como el llenado de la fruta. No obstante, a pesar de ser el más bajo de todos los tratamientos, su velocidad sigue siendo alta, según Soto, (2008). Este comportamiento puede deberse a la naturaleza de los suelos lacustrinos, los cuales, pueden tener contrastes entre 2 capas que generan un cambio en la geometría de los poros que pueden constituir una limitante para la penetración de las raíces (Rodríguez y Lobo; 2004).

**Densidad aparente ( $D_a$ ,  $Mg.m^{-3}$ ):** No se encontraron diferencias entre tratamientos para la variable densidad aparente a ningunas de las profundidades evaluadas (Cuadro 12). Además, los resultados son atípicos, ya que no se muestra una relación entre los tratamientos y DA. Por ejemplo, el valor más bajo de densidad es del T1 al cual no se le aplicó la labor del Hércules, mientras que para el resto de los tratamientos, a pesar de habersele hecho la labor, sus densidades fueron mayores, cuando realmente se esperaba lo contrario. No obstante, la explicación de estos resultados aparentemente incoherentes, descansa en que éstas son densidades normales de suelos lacustrinos, que oscilan entre 0,4 y 0,7  $Mg.m^{-3}$ , clasificadas como muy bajas, y que no son afectadas de forma importante por algún tratamiento externo como el Hércules o la incorporación de un material orgánico.

**Módulo de ruptura ( $MR$ ,  $kPa$ ):** Para la variable MR, solo en la capa superficial (0 - 20 cm) se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 12). En el cuadro se aprecia que T2 presentó los valores más bajos. A pesar de que hubo diferencias significativas, a los efectos prácticos, todos los tratamientos presentaron valores muy bajos de MR, siendo el mayor de 76 kPa, lo cual no representa ninguna limitación para el desarrollo de las raíces de la planta, ya que el valor crítico limitante para musáceas es 600 kPa, según Rodríguez, (2009).

### **Efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo.**

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de medias para las variables químicas del suelo como resultado del efecto de los distintos tratamientos de fertilización aplicados.

**pH del suelo:** Para la variable pH del suelo se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 13), siendo T3 el que presentó el menor valor de pH. No obstante, todos los tratamientos estuvieron dentro de la clasificación de suelos como pH moderadamente alcalino, incluso para la profundidad de 20 a 40 cm (Cuadro 8). El tratamiento T5 arrojó el mayor valor con un pH de 7,70 posiblemente por efectos del alto pH que contiene el compost (Cuadro 9). Es importante destacar que se detectaron coeficientes de correlación positivos entre el pH de 0 a 20 cm de profundidad con las variables de rendimiento del racimo, como el calibre y la longitud de los dedos (Anexo 1). Estos resultados, coinciden con los encontrados por García (1994) en fincas estudiadas en los valles de Aragua.

**Conductividad eléctrica del suelo (CE,  $dS.m^{-1}$ ):** Se encontraron diferencias estadísticas significativas de CE entre los tratamientos en la capa de 0 a 20 cm (Cuadro 13), donde T5 presentó el valor más bajo de conductividad. Según las pruebas de medias, el T3 presentó el valor más alto de conductividad eléctrica con  $0,68 dS.m^{-1}$ , llegando a ser más alto incluso que el encontrado en la caracterización inicial del suelo (Cuadro 8). El hecho de tener el mayor valor de CE con respecto al resto de los tratamientos y ser el más cercano al crítico, el cual es  $1 dS.m^{-1}$  (Rodríguez y Lobo, 2004), pudiera sugerir que es parte de las causas de los valores bajos de calibre de los dedos encontradas para el tratamiento 3. Por otra parte, los tratamientos con mayor contenido de compost (4 y 5), presentaron los valores más bajos de salinidad a pesar de que el compost posee altos valores de conductividad eléctrica (Cuadro 9).

Cuadro 13. Pruebas de medias para las variables químicas del suelo.

Variables	Prof (cm)	Tratamientos					P<0,05
		T1	T2	T3	T4	T5	
pH	0 - 20	7,48 (cd)	7,58 (b)	7,46 (d)	7,54 (cb)	7,70 (a)	*
	20 - 40	7,57	7,62	7,64	7,65	7,72	ns
CE (dS.m <sup>-1</sup> )	0 - 20	0,53 (ba)	0,55 (ba)	0,68 (a)	0,45 (bc)	0,34 (c)	*
	20 - 40	0,66	0,52	0,46	0,39	0,35	ns
MO (%)	0 - 20	7,08	6,85	7,87	8,62	7,58	ns
	20 - 40	6,81	7,83	7,41	6,97	7,26	ns
N (%)	0 - 20	0,341 (b)	0,351 (b)	0,435 (a)	0,433 (a)	0,336 (b)	*
	20 - 40	0,303	0,349	0,41	0,29	0,295	ns
P (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	3,23	3,69	3,73	2,98	2,82	ns
	20 - 40	1,9	1,82	2,24	2,49	1,91	ns
K (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	130,4	119,15	142,25	100	91	ns
	20 - 40	113,8	63,8	122	98,5	97,8	ns
C (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	6.832	6.010	6.005	7.133	7.614	ns
	20 - 40	5.970	5.922	6.468	7.324	7.102	ns
Mg (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	472	480	472	494	462	ns
	20 - 40	468	468	468	470	462	ns
Na (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	80	101,6	88	79,60	96	ns
	20 - 40	105,4	92,2	96,6	79,8	227,15	ns
S <sub>04</sub> (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	116,06 (ba)	120,59 (ba)	157,55 (a)	89,21 (b)	61,98 (b)	*
	20 - 40	194,2	95,44	95,18	131,36	74,17	ns
Cu (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	2,2	2,6	3,4	1,6	1,8	ns
	20 - 40	2,8	2,8	2,4	2,2	2,4	ns
Fe (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	27,4 (ba)	32 (a)	26,4 (ba)	31,2 (a)	24 (b)	*
	20 - 40	27	28,2	32,4	28,2	30,4	ns
Mn (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	6,6	5,6	4,2	2,4	4	ns
	20 - 40	4,4	2,6	3,4	4,2	5	ns
Zn (mg*kg <sup>-1</sup> )	0 - 20	6,4	6,2	9,4	5,8	7,4	ns
	20 - 40	6,4	7,6	7,6	7,2	8,4	ns

ns: Diferencias no significativas; \* Diferencias estadísticas significativas al 95% de probabilidad; **T1**: 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2**: 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3**: 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4**: 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5**: 100 % solamente con compost.

Quizás, las precipitaciones y el agua de riego, lavaron eficientemente las sales del compost gracias a que la conductividad hidráulica fueron altas en estos tratamientos, lo cual no fue así para el tratamiento 3 quien presentó el menor valor de conductividad hidráulica así como el mayor módulo de ruptura, lo que generó condiciones menos favorables en el comportamiento del suelo.

Para la profundidad de 20 a 40 cm se observa que a medida que se adiciona compost y se disminuye la cantidad de fertilizante inorgánico, las sales del suelo disminuyen proporcionalmente. Se aprecia que el T1 posee el valor más alto de CE debido a las altas cantidades de sales que contienen los fertilizantes inorgánicos. Es importante señalar que nuevamente son los tratamientos con mayor contenido de compost los que presentaron los menores valores de sales indicando que el compost, a pesar de poseer altos valores de conductividad (Cuadro 9), estas son lavadas del suelo, por lo que no afectan negativamente el desarrollo del cultivo.

***Contenido de Materia orgánica del suelo (MO, %):*** Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 13). Todos los tratamientos presentaron valores altos de materia orgánica para ambas profundidades, superando incluso al encontrado en la caracterización inicial del suelo (Cuadro 8). Se puede apreciar que en la capa de 0 a 20 cm de profundidad, a medida que se adiciona más compost, las cantidades de MO tienden a aumentar, sucediendo lo mismo a una profundidad de 20 a 40 cm, donde aumenta la materia orgánica gracias a la incorporación del compost con la labor del Hércules, logrando así trasladar este material a mayor profundidad. Se observa claramente que el tratamiento que presentó menor materia orgánica fue el T1 dada su fertilización exclusivamente inorgánica.

***Contenido de Nitrógeno en el suelo (N, %):*** Para la variable N en el suelo, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la capa superficial (0 a 20) cm (Cuadro 13). Los tratamientos T3 y T4 presentaron los valores más altos con respecto al resto de los tratamientos, no obstante, todos obtuvieron



valores más altos que los encontrados en la caracterización inicial del suelo (Cuadro 8), indicando que el compost aplicado no afecta negativamente la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Por su parte, la correlación entre el nitrógeno del suelo con la aplicación de materia orgánica fue positiva (Anexo 1), lo que indica que el compost favorece una mayor disponibilidad de N en el suelo. No obstante, cuando se analizó la absorción de N en la hoja, ninguno superó los niveles críticos, a pesar de los valores altos en el suelo, excepto para el tratamiento T3, en el cual sí se logró superar el nivel crítico en la hoja y que a su vez obtuvo el valor más alto de N en el suelo.

Para la profundidad de 20 – 40 cm, aunque no hubo diferencias entre tratamientos, se puede destacar que todos los tratamientos obtuvieron valores clasificados como altos y superaron las cantidades de N en el suelo encontradas en la caracterización inicial (Cuadro 8), lo que indica que la aplicación de compost favorece la disponibilidad de N en el suelo, comportándose de forma similar al T1 el cual fue tratado con sólo fertilizantes inorgánicos. Nuevamente, el T3 presentó el valor más alto de N así como sucedió a una profundidad de 0 a 20 cm.

**Contenido de Fósforo en el suelo ( $P$ ,  $mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable P en el suelo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos a ninguna de las profundidades evaluadas (Cuadro 13). Este hecho indica que la fertilización con compost no afecta negativamente la disponibilidad de fósforo en el suelo. Además, todos los tratamientos superaron los niveles de P encontrados en la caracterización inicial del suelo (Cuadro 8), así como los niveles críticos en la hoja. Sin embargo, siguieron estando clasificados como bajos debido a que en suelos de pH alcalino (pH alto), el calcio reacciona con el fósforo formando fosfatos de calcio insolubles limitando la disponibilidad de fósforo en el suelo (IPNI, 2012).

**Contenido de Potasio en el suelo ( $K$ ,  $mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable K en el suelo, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna de las profundidades evaluadas (Cuadro 13). A pesar de eso, se aprecia que a medida que

se adiciona más compost las cantidades de potasio en el suelo disminuyen, excepto para el tratamiento T3 el cual presentó los valores más altos de potasio, incluso superando el T1 que fue fertilizado solamente con fuentes inorgánicas. Sin embargo, se destaca que el T5, generó una cantidad de potasio en el suelo, en una proporción de 3 y 2,5 veces mayor en comparación a la cantidad de K encontrada en el suelo inicialmente para la profundidad de 0 a 20 y de 20 a 40 cm respectivamente (Cuadro 8), lo cual indica que fertilizar con compost no afecta negativamente la disponibilidad de potasio en el suelo, sino que la promueve. De hecho, todos los tratamientos generaron en el suelo cantidades de K clasificados como muy altos, mientras que al inicio los valores eran bajos.

**Contenido de Calcio en el suelo ( $Ca, mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable Ca en el suelo no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 13). Se puede apreciar que todos los tratamientos presentaron valores clasificados como muy altos en el suelo, aunque se observa un ligero aumento de Ca en los tratamientos T4 y T5 en ambas profundidades debido a que contienen mayores cantidades de compost, que posee altos contenidos de este elemento (Cuadro 9). Se debe destacar que estas cantidades elevadas de Ca son características de suelos lacustrinos.

**Contenido de Magnesio en el suelo ( $Mg, mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable Mg en el suelo no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para ninguna de las profundidades evaluadas (Cuadro 13). Tampoco se pudo observar una tendencia definida entre los tratamientos. Éste hecho indica que fertilizar con compost, se pueden obtener resultados similares a fertilizar con fertilizantes inorgánico, por lo que el compost no afecta negativamente la disponibilidad de Mg en el suelo. Además, cuando se compara la cantidad de Mg en el suelo con el encontrado antes de iniciar el ensayo (Cuadro 8), se aprecia que luego del ensayo las cantidades de Mg fueron muy superiores en el suelo, pasando de medio a muy alto, incluyendo los tratamientos fertilizados con compost, por lo que éste material promueve la disponibilidad del elemento.

**Contenido de Sodio en el suelo ( $Na$ ,  $mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable Na en el suelo no se encontraron diferencias entre los tratamientos a ninguna profundidad (Cuadro 13). Tampoco se observa una tendencia definida entre ellos. Lo que si se aprecia es que en todos los tratamientos, los niveles de Na aumentaron por encima de  $79 mg.kg^{-1}$ , cuando en la caracterización inicial la cantidad de Na en el suelo era de  $40 mg.kg^{-1}$  en la capa superficial (0 a 20 cm). Igualmente para la profundidad de 20 a 40 cm los niveles de Na aumentaron con respecto al encontrado antes de iniciar el ensayo (Cuadro 8). Esto indica que tanto la aplicación de fuentes inorgánicas como orgánicas aumentaron los niveles de sodio en el suelo.

**Contenido de Azufre en el suelo ( $SO_4$ ,  $mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable  $SO_4$  en el suelo de 0 a 20 cm de profundidad se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos según las pruebas de medias (Cuadro 13). El tratamiento T3 presentó el valor más alto de  $SO_4$  en el suelo, mientras que los tratamientos T4 y T5 obtuvieron los menores valores. Es conveniente destacar que altas concentraciones de  $SO_4$  deprimen el desarrollo del cultivo y a su vez incrementan la concentración de nitrógeno en la hoja (INPOFOS, 1989) y precisamente esto pudo haber sucedido con el T3, que presentó los mayores valores de nitrógeno en la hoja, mayor  $SO_4$  en el suelo pero menor desarrollo del cultivo. Además, el azufre ejerce un efecto en el pH del suelo; de hecho, también fue el T3 el que presentó el menor pH debido a que el azufre en su oxidación disminuye el pH en suelos alcalinos (López, 1993). Todos los tratamientos manejados con el compost, presentaron valores finales de  $SO_4$  en el suelo mayores a los encontrados inicialmente, aunque éstos estaban clasificados como muy altos (Cuadro 8), indicando que la aplicación del compost en el suelo no afecta negativamente la disponibilidad de azufre en el suelo.

Con respecto a la profundidad de 20 a 40 cm, no se encontraron diferencias significativas de  $SO_4$  en el suelo (Cuadro 13). A pesar de esto, se puede apreciar que el T1 presentó el valor más alto de  $SO_4$  debido a que las fuentes inorgánicas usadas para este tratamiento contenían azufre en su composición. Sin embargo, en el resto de los tratamientos se encontraron cantidades de  $SO_4$  superiores a los detectados

inicialmente, excepto para el T5 cuyas cantidades estuvieron ligeramente inferiores. Pero en general, el compost no afectó negativamente la disponibilidad de  $\text{SO}_4$  en el suelo.

**Contenido de Cobre en el suelo ( $\text{Cu}$ ,  $\text{mg.kg}^{-1}$ ):** Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas en el suelo, según las pruebas de medias a ninguna de las profundidades evaluadas (Cuadro 13). Se aprecia nuevamente que el tratamiento T3 arrojó el valor más alto de Cu en el suelo, clasificándose como muy alto. INPOFOS, (1989), señala que excesos de Cu pueden inhibir el crecimiento de las raíces, lo que pudo haber pasado en dicho tratamiento, producto de una interacción negativa puntual entre el sistema suelo planta. Además hubo una correlación negativa entre el cobre en el suelo y el largo de los dedos (Anexo 1). Pero se debe resaltar que todos los tratamientos lograron aumentar en el suelo las cantidades de Cu con respecto a la cantidad encontrada inicialmente (Cuadro 8), excepto el T4 el cual se mantuvo constante para la profundidad de 0 a 20 cm. Todo lo dicho indica que el compost, a pesar de poseer bajos contenidos de cobre (Cuadro 9), no afectó negativamente su disponibilidad en el suelo. Además todos los tratamientos presentaron absorciones foliares por encima del nivel crítico del elemento.

**Contenido de Hierro en el suelo ( $\text{Fe}$ ,  $\text{mg.kg}^{-1}$ ):** Para esta variable se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos según las pruebas de medias para la profundidad de 0 a 20 cm pero no para la capa de 20 a 40 cm (Cuadro 13). A pesar de que se encontraron diferencias significativas, no se pudo apreciar un comportamiento definido o una tendencia entre los diferentes tratamientos con respecto al Fe. Al parecer, el Fe encontrado no guardó una relación proporcional con la aplicación de compost en el suelo. Todos los tratamientos presentaron valores de absorción en la hoja por encima del nivel crítico, por lo que la aplicación inorgánica como la aplicación del compost, permitieron una buena disponibilidad de este elemento a pesar de los altos valores de pH en el suelo. Además, las cantidades de Fe encontradas en el suelo después del ensayo estuvieron muy por encima del

encontrado al inicio del ensayo (Cuadro 8), pasando de estar de bajo a medio a alto al final del ensayo.

**Contenido de Zinc en el suelo ( $Zn, mg.kg^{-1}$ ):** Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos según las pruebas de medias (Cuadro 13). Se puede observar que el compost no afectó negativamente la disponibilidad de Zn en el suelo debido a que las cantidades encontradas en el suelo a ambas profundidades estuvieron por encima del encontrado al inicio, pasando de ser bajo, al inicio del ensayo, a alto al finalizar el ensayo. Todo indica que la aplicación de compost favoreció la disponibilidad de este elemento en el suelo. Ninguno de los tratamientos superó el nivel crítico de Zn en la hoja, posiblemente a su interacción con otros elementos en el suelo o a los altos valores de pH (Haddad, 1994).

**Contenido de Manganeso en el suelo ( $Mn, mg.kg^{-1}$ ):** Para la variable Mn en el suelo no se encontraron diferencias para ninguna de las profundidades entre tratamientos según las pruebas de medias (Cuadro 13). Sin embargo, si se encontraron mayores cantidades de Mn con respecto al encontrado al inicio del ensayo aunque los contenidos siguieron estando clasificado como bajo en el suelo. Además, en ninguno de los tratamientos los valores de Mn estuvieron por encima del nivel crítico lo que se puede atribuir a los valores altos de pH del suelo (Haddad, 1994).

## VARIABLES ECONÓMICAS

### Costo de personal por cada tratamiento

**Calculo de la mano de obra en la fertilización inorgánica:** en el cuadro 14 se muestra el cálculo de la mano de obra para la fertilización inorgánica para cada tratamiento.

En el cuadro se puede observar que a medida que se disminuyen las dosis por planta, son menos sacos los que hay que aplicar por hectárea y por ende se necesitan menos jornales para lograr el objetivo de realizar 6 ciclos de fertilización

cada 6 semanas en toda la finca. De este modo, el tratamiento T1 (100 % inorgánico) genera el mayor costo de mano de obra con 312 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

Cuadro 14. Cálculo del costo de la mano de obra de la fertilización inorgánica para cada tratamiento.

Parámetros	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Dosis (g.planta <sup>-1</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )	187	140	94	47	0
Sacos.semana <sup>-1</sup>	199	149	100	50	0
Rendimiento.jornal <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> (sacos)	11	10	8	5	0
<b>(A)</b>					
Cantidad jornales <b>(B)</b>	3	3	2	2	0
Nº días.semana <sup>-1</sup> <b>(C)</b>	6	5	6	5	0
Bs.saco <sup>-1</sup> <b>(D)</b>	7	7	7	7	0
Costo Bs.semana <sup>-1</sup> (A*B*C*D) <b>(E)</b>	1.386	1.050	672	350	0
Nº semanas.ciclo <sup>-1</sup> <b>(F)</b>	6	6	6	6	0
Nº ciclos <b>(G)</b>	6	6	6	6	0
Costo total Bs.año <sup>-1</sup> (E*F*G) <b>(H)</b>	<b>49.896</b>	<b>37.800</b>	<b>24.192</b>	<b>12.600</b>	0
Costo total Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> (H/160 ha)	<b>312</b>	<b>236</b>	<b>151</b>	<b>79</b>	0

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

**Calculo de la mano de obra en la fertilización orgánica:** en el cuadro 15 se describe el cálculo del costo de la mano de obra de la fertilización orgánica para cada tratamiento. En cuanto a la fertilización orgánica, se observa que a medida que aumenta la dosis de compost por planta, se necesitan más días en la semana y más jornales para lograr el objetivo, a saber, realizar el primer ciclo de abonado y a los 5

meses realizar el segundo ciclo. El mayor costo lo genera el tratamiento T5 (100 % abono orgánico) con un costo de 989 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

Cuadro 15. Calculo del costo de la mano de obra de la fertilización orgánica.

	Parámetros	Tratamientos				
		T1	T2	T3	T4	T5
FASE I	Dosis (g.planta-1.ciclo-1)	0	1.120	2.250	3.400	4.500
	Sacos.semana <sup>-1</sup>	0	717	1.440	2.176	2.880
	Nº jornales (A)	0	3	3	3	4
	Bs.día <sup>-1</sup> .jornal <sup>-1</sup> (B)	0	70	70	70	70
	Nº días tractor.semana <sup>-1</sup> (C)	0	0,80	1,60	2,42	2
	Nº días cable.semana <sup>-1</sup> (D)	0	1,10	2,22	3,35	3,43
	Nº semanas.ciclo <sup>-1</sup> (E)	0	20	20	20	20
	Nº ciclos (F)	0	2	2	2	2
	Costo Mano obra Bs.año <sup>-1</sup> (A*B*(C+D)*E*F) (G)	0	16.800	33.600	50.400	67.200
FASE II	Nº jornal (H)	0	3	2	3	4
	Rendimiento.día <sup>-1</sup> .jornal <sup>-1</sup> (sacos) (I)	0	60	120	120	120
	Nº días.semana <sup>-1</sup> (J)	0	4	6	6	6
	Bs.saco <sup>-1</sup> (K)	0	0,79	0,79	0,79	0,79
	Nº semanas.ciclo <sup>-1</sup> (L)	0	20	20	20	20
	Nº ciclos (M)	0	2	2	2	2
	Costo Mano obra Bs.año <sup>-1</sup> (H*I*J*K*L*M) (N)	0	22.752	45.504	68.256	91.008
	Costo total mano obra. Bs.año <sup>-1</sup> (G + N) (Ñ)	0	39.552	79.104	118.656	158.208
	Costo total Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> (Ñ/160 ha)	0	247	494	742	989

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

**Calculo del costo del Hércules:** en el cuadro 16 se muestran los cálculos del costo del Hércules.

El costo de la aplicación de la labor del Hércules es igual para todos los tratamientos, excepto para el T1 (100 % inorgánico) donde no se realizó. Estos resultados se deben a que el rendimiento del trabajador es independiente de la dosis de fertilizantes tanto inorgánicos como orgánicos aplicados. Por lo tanto, para realizar esta labor se necesitan 4 jornales durante 20 semanas trabajando los 6 días de la semana para cumplir con el objetivo de recorrer las 160 ha en un lapso de 20 semanas.

En el cuadro 17 se puede observar el resumen de los costos de la mano de obra utilizada para cada tratamiento. A medida que se sustituye el fertilizante inorgánico por el orgánico, la mano de obra se hace más costosa, debido al aumento del número de jornales en campo. De este modo, aplicar solamente abono orgánico (Tratamiento 5), genera un costo de  $1.199 \text{ Bs. ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ , es decir, 284 % más con respecto a aplicar solamente fertilizante químico.

### **Costo de insumos, fertilizantes inorgánicos y compost**

En el cuadro 18 se muestran los costos de insumos necesarios para cada uno de los tratamientos de fertilización evaluados. Con respecto a los costos de insumos, se observa que a medida que se sustituyen los fertilizantes inorgánicos por el abono orgánico, el costo disminuye apreciablemente, debido a que el costo de producción del abono orgánico es muy bajo en comparación a los fertilizantes inorgánicos. De este modo, se observa que el tratamiento T5 (100 % orgánico), es el que obtuvo el menor costo en insumos, con  $2.719 \text{ Bs. ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ , es decir, 69 % más económico en comparación a fertilizar con solo fuentes inorgánicas.



Cuadro 16. Cálculo del costo de la labor Hércules.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>Bs.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Rend.ha<sup>-1</sup></b> <b>d<sup>-1</sup> /jor<sup>-1</sup></b>	<b>Bs.d<sup>-1</sup></b> <b>jor<sup>-1</sup></b>	<b>Nº</b> <b>jor</b>	<b>Nº</b> <b>d.sem<sup>-1</sup></b>	<b>Total</b> <b>(Bs.sem<sup>-1</sup>)</b> <b>(B*C*D)</b>	<b>Nº</b> <b>sem</b>	<b>Total</b> <b>Bs.ciclo<sup>-1</sup></b> <b>(E*F)</b>	<b>(G/160</b> <b>ha)</b>
0,33	70	4	6	1.680	20	33.600	<b>210</b>

**Rend:** rendimiento; **d:** día; **jor:** jornales; **sem:** semana.

Cuadro 17. Costo total del personal para cada tratamiento.

<b>Tratamientos</b>	<b>Bs en 160</b> <b>ha</b> <b>Inorgánico</b>	<b>Bs en 160</b> <b>ha</b> <b>Orgánico</b>	<b>Bs en 160</b> <b>ha</b> <b>Hércules</b>	<b>A</b> <b>Total Bs</b> <b>en 160 ha</b>	<b>Total</b> <b>Bs.ha<sup>-1</sup></b> <b>(A/160)</b>
<b>T1</b>	49.896	0	0	<b>49.896</b>	<b>312</b>
<b>T2</b>	37.800	39.552	33.600	<b>110.952</b>	<b>693</b>
<b>T3</b>	24.192	79.104	33.600	<b>136.896</b>	<b>856</b>
<b>T4</b>	12.600	118.656	33.600	<b>164.856</b>	<b>1.030</b>
<b>T5</b>	0	158.208	33.600	<b>191.808</b>	<b>1.199</b>

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

Cuadro 18. Costo de insumos de fertilizantes inorgánicos y orgánicos.

Fuentes	Unidades	Tratamientos				
		1	2	3	4	5
<b>Sulpomag</b>	kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	339	254	170	85	0
	Bs.kg <sup>-1</sup>			1,65		
	Total Bs.fuente <sup>-1</sup> . tratamiento <sup>-1</sup>	559,35	419,1	280,5	140,25	0
<b>Nutrimon</b>	kg <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	1.344	1.008	672	336	0
	Bs.kg <sup>-1</sup>			6		
	Total Bs.fuente <sup>-1</sup> . tratamiento <sup>-1</sup>	8.064	6.048	4.032	2.016	0
<b>Fertifos</b>	kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	39	29	20	10	0
	Bs.kg <sup>-1</sup>			2,02		
	Total Bs.fuente <sup>-1</sup> . tratamiento <sup>-1</sup>	78,78	58,58	40,4	20,2	0
<b>Sulfato Amonio</b>	kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	533	400	267	133	0
	Bs.kg <sup>-1</sup>			0,38		
	Total Bs.fuente <sup>-1</sup> . tratamiento <sup>-1</sup>	202,54	152	101,46	50,54	0
<b>Compost</b>	kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	0	4.466	8.960	13.425	17.890
	Bs.kg <sup>-1</sup>			0,152		
	Total Bs.fuente <sup>-1</sup> . tratamiento <sup>-1</sup>	0	679	1.361,92	2.040,6	2.719,28
<b>Total Bs.ha<sup>-1</sup>. tratamiento<sup>-1</sup></b>		<b>8.905</b>	<b>7.357</b>	<b>5.816</b>	<b>4.268</b>	<b>2.719</b>
<b>Total Bs en 160 ha</b>		<b>1.424.800</b>	<b>1.177.120</b>	<b>930.560</b>	<b>682.880</b>	<b>435.040</b>

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

### Costos Totales (mano de obra e insumos) por tratamiento

En el cuadro 19 se observa el resumen de los costos totales, es decir, la suma de la mano de obra e insumos para cada tratamiento. Una vez sumadas ambas variables, mano de obra e insumos, se observa que a medida que se sustituyen los fertilizantes

inorgánicos por los orgánicos, los costos disminuyen apreciablemente donde el tratamiento 5 arrojó el menor costo con 3.918 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, es decir, 2,35 veces más económico que fertilizar con sólo fuentes inorgánicas. Aunque fertilizar con abono orgánico es más costoso en cuanto a mano de obra, la ventaja se obtiene con el menor costo en los insumos, ya que el precio de los fertilizantes inorgánico es muy alto en comparación con el compost generado en la propia unidad de producción.

Cuadro 19. Costos Totales (mano de obra e insumos) para cada tratamiento de fertilización.

Tratamientos	Costo T. (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Costo T (Bs en 160 ha)
<b>T1</b>	9.217	1.474.720
<b>T2</b>	8.050	1.288.000
<b>T3</b>	6.672	1.067.520
<b>T4</b>	5.298	847.680
<b>T5</b>	3.918	626.880

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost

### Ingresos brutos

En el cuadro 20 se observan los ingresos brutos por hectárea para cada tratamiento de fertilización. La columna "A" contiene los pesos promedios de los racimos los cuales se multiplicaron por la densidad de planta (2.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) para obtener los kilogramos por hectárea y posteriormente multiplicarlos por el precio de venta (2,36 Bs.kg<sup>-1</sup>), el cual fue el precio usado durante el año 2010.

Se observa que el mayor ingreso registrado fue para el tratamiento T4 con 28.206.720 Bs.año<sup>-1</sup>, a pesar de haberse fertilizado con apenas 25 % de fertilizante inorgánico. El segundo en obtener el mayor ingreso fue para el T1 el cual fue

fertilizado con 100 % fertilizante inorgánico. Estos resultados han demostrado que al fertilizar parcial o totalmente con el abono orgánico se pueden obtener rendimientos superiores con respecto a los que se obtienen fertilizando convencionalmente con fuentes inorgánicas, por lo menos para el primer año de fertilización. De hecho, el tratamiento T5 cuya fertilización fue 100 % orgánico, obtuvo el tercer lugar en los ingresos brutos, indicando que la tendencia es que el abono orgánico puede generar rendimientos e ingresos brutos cercanos a los obtenidos con los fertilizados de forma inorgánica.

Cuadro 20. Ingresos Brutos para cada tratamiento (kg de fruta por precio de venta)

Tratamientos	A	B	C	
	kg por racimo	kg.ha <sup>-1</sup> (A*2.000 plantas)	Ingresos Brutos.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> Bs (B*2,36 Bs.kg <sup>-1</sup> ) 1)	Ingresos Brutos en 160 ha.año <sup>-1</sup> Bs (C*160 ha)
<b>T1</b>	34,26	68.520	161.707	25.873.152
<b>T2</b>	33,20	66.400	156.704	25.072.640
<b>T3</b>	33,19	66.380	156.657	25.065.088
<b>T4</b>	37,35	74.700	176.292	28.206.720
<b>T5</b>	33,57	67.140	158.450	25.352.064

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

### Ingresos netos

Para obtener los ingresos netos se procedió a calcular los costos totales de la empresa (fijos y variables) para cada tratamiento de fertilización, según el Estado de Ganancias y Pérdidas al 31 de diciembre de 2010. En el cuadro 21 se observa que el

mayor ingreso neto registrado lo obtuvo el tratamiento T4 con 13.916.071,63 Bs.año<sup>-1</sup> debido a que generó la mayor producción (Mg.año<sup>-1</sup>) y con un costo variable reducido en comparación al resto de los tratamientos. El tratamiento T5 ocupó el segundo lugar con 11.282.303,63 Bs.año<sup>-1</sup>. Estos cálculos son para el total de las 160 ha de la finca.

Cuadro 21. Ingresos netos para cada tratamiento (Ingresos brutos.año<sup>-1</sup> – Costos totales.año<sup>-1</sup>).

Trat	A Ingresos Brutos (Bs.año <sup>-1</sup> )	B Costos variables (Bs.año <sup>-1</sup> )	C Costos fijos Bs.año <sup>-1</sup>	D Costos Totales Bs.año <sup>-1</sup> (B+C)	Ingresos Netos Bs.año <sup>-1</sup> (A – D)
1	25.873.152	12.372.504,34	2.545.104,03	14.917.608,37	10.955.543,63
2	25.072.640	12.185.880,34	2.545.104,03	14.730.984,37	10.341.655,63
3	25.065.088	11.965.264,34	2.545.104,03	14.510.368,37	10.554.719,63
4	28.206.720	11.745.544,34	2.545.104,03	14.290.648,37	13.916.071,63
5	25.352.064	11.524.656,34	2.545.104,03	14.069.760,37	11.282.303,63

Trat: Tratamientos; **T1**: 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2**: 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3**: 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4**: 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5**: 100 % solamente con compost.

### El presupuesto parcial

A continuación se presenta el total de los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento (Cuadro 22). Se observa que los costos más altos se encuentran en el tratamiento T1, debido a los altos costos de los fertilizantes inorgánicos. Evidentemente, a pesar de que fertilizar solo con inorgánicos no genera grandes costos en mano de obra, el hecho de adquirir los insumos en el mercado significa

grandes desembolsos por parte de la empresa que castigan los beneficios netos. Por otra parte, el tratamiento T5 obtuvo el menor costo, a pesar de que genera más costo en mano de obra en comparación con el que se abona con fertilizante inorgánico solamente. No obstante, el tratamiento T4, debido a sus altos rendimientos y costos bajos comparados al resto de los tratamientos, obtuvo el mayor ingreso neto con 170.994 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

Cuadro 22. Presupuesto parcial.

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
<b>Rendimiento medio (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	68.520	66.400	66.380	74.700	67.140
<b>Ingresos brutos (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	161.707,2	156.704	156.656,8	176.292	158.450,4
<b>Costo fertilizante inorgánico (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	8.905	6.678	4.454	2.227	0
<b>Costo mano obra para aplicar fertilizante inorgánicos (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	312	236	151	79	0
<b>Costo compost (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	0	679	1.362	2.041	2.719
<b>Costo mano obra para aplicar compost (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	0	247	495	741	989
<b>Costo mano obra Hércules (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	0	210	210	210	210
<b>Total costos que varían (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	9.217	8.050	6.672	5.298	3.918
<b>Ingresos netos (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	<b>152.490,2</b>	<b>148.654</b>	<b>149.984,8</b>	<b>170.994</b>	<b>154.532,4</b>

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

## Análisis marginal

### *Análisis de dominancia*

En el cuadro 23 se presenta el análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos de fertilización. Al ordenar los tratamientos en escala ascendente de los costos totales, se observa que los beneficios netos aumentan con la excepción de los tratamientos T3, T2 y T1, cuyos beneficios netos son menores. Por tanto, la empresa no querrá las alternativas T3, T2 y T1 catalogadas como dominadas (D), debido a que se incurren en más costos y en menos beneficios netos que los alcanzados con las alternativas T5 y T4.

Cuadro 23. Análisis de dominancia de los tratamientos de fertilización.

Tratamientos	Costos Totales que varían (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Ing. Netos (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>1</sup> )
<b>T5</b>	3.918	154.532
<b>T4</b>	5.298	170.994
<b>T3</b>	6.672	149.985 <b>D</b>
<b>T2</b>	8.050	148.654 <b>D</b>
<b>T1</b>	9.217	152.490 <b>D</b>

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost. D: Dominada.

**-La curva de beneficios netos:** Se observa en la figura 6, que pasar del tratamiento T5 al T4 implica una tasa de retorno del 1.192 %, y por tanto, sería una decisión muy acertada por parte de la empresa quedarse con la alternativa 4. Debido a que los tratamientos T3, T2 y T1 estuvieron dominados no se incluyeron en el análisis.

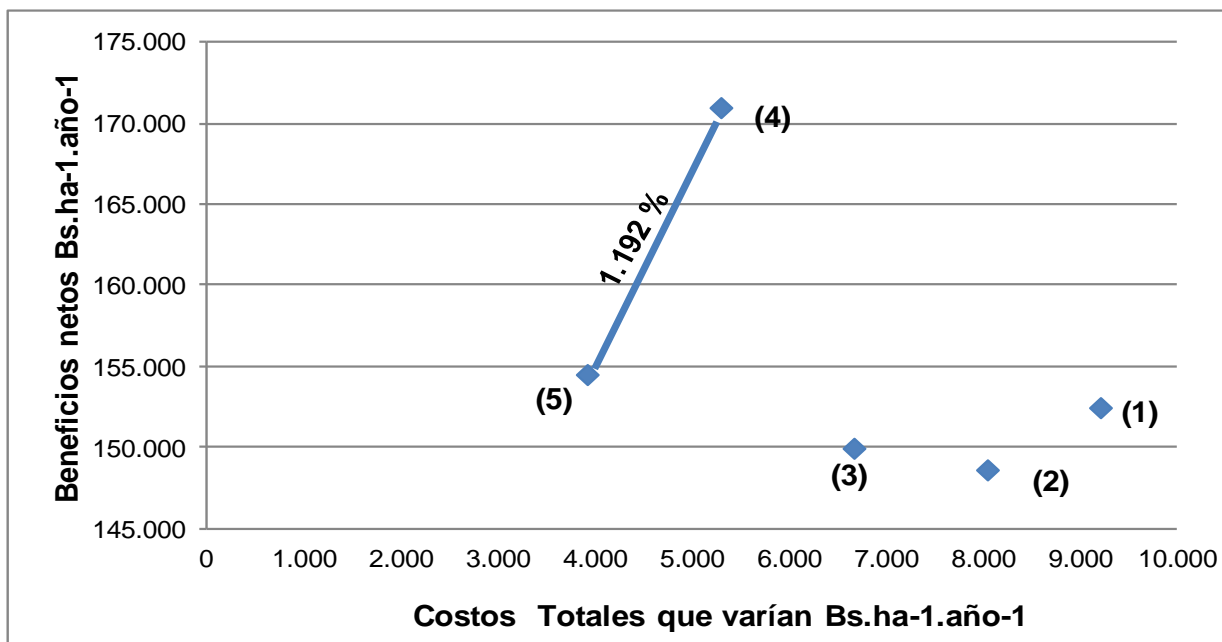


Figura 6. La curva de beneficios netos.

**-Análisis de la tasa de retorno marginal:** En el cuadro 24 se colocaron los costos que varían así como los beneficios netos para cada tratamiento de fertilización según el cálculo del cuadro 23.

Cuadro 24. Análisis de la tasa de retorno marginal.

Tratamientos	Costos Totales que varían (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Costos marginales (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Beneficios Netos (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Beneficios netos marginales (Bs.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Tasa de retorno marginal (%)
T5	3.918		154.532		
T4	5.298	1.380	170.994	16.462	1.192

**T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost; **T5:** 100 % solamente con compost.



### **Análisis de la Función de producción**

Para obtener la función de producción se graficó en el eje de la abscisas las distintas combinaciones de los insumos o tratamientos inorgánicos y orgánicos de fertilización y en el eje de las ordenadas las cantidades producidas por cada tratamiento en  $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . Cabe señalar que el factor que fue aumentando en el eje de las abscisas fue el fertilizante inorgánico, por lo que se empezó desde 0 inorgánico hasta 100 % inorgánico, lo que implico graficar desde el tratamiento T5 hasta el T1 (Cuadro 25).

Cuadro 25. Función de Producción para cada tratamiento.

<b>Tratamientos</b>	<b>Combinación de Insumos</b>	<b>Producción <math>\text{Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}</math></b>	<b>Producto marginal <math>\text{Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}</math></b>
<b>T5</b>	<b>0 Inorgánico – 100 Compost</b>	67,14	
<b>T4</b>	<b>25 Inorgánico – 75 Compost</b>	74,70	7,56
<b>T3</b>	<b>50 Inorgánico – 50 Compost</b>	66,38	0
<b>T2</b>	<b>75 Inorgánico – 25 Compost</b>	66,40	0,02
<b>T1</b>	<b>100 Inorgánico – 0 Compost</b>	68,52	2,12

Teóricamente, la función de producción comienza creciendo hasta que tiende a volverse más plana a medida que aumenta la cantidad de un factor debido al producto marginal decreciente. Como se aprecia en la figura 7, la curva obtenida no mostró dicho comportamiento, ya que aunque comienza con un ascenso, la curva baja inmediatamente para luego aumentar nuevamente pero de forma leve. En el cuadro 25 se observa que el producto marginal aumenta cuando se adiciona una medida del factor químico pero luego desciende cuando se adiciona un factor más y luego tiende a subir nuevamente. Evidentemente, no hubo un comportamiento típico de la función de producción entre las distintas combinaciones y las producciones

obtenidas, ya que las mismas fueron estadísticamente similares. Finalmente, a todos los tratamientos se les aplicó el mismo contenido nutricional aunque diferente en su grado de disponibilidad para la planta. Además, una curva de función de producción convencional se analiza con un sólo factor variable, en éste estudio, son 2 factores variables (fertilizantes inorgánicos y orgánicos), añadiéndose, que para. Sin embargo, se puede decir que la máxima cantidad de producto se obtuvo con la combinación del tratamiento T4 (25 % inorgánico y 75 % orgánico).

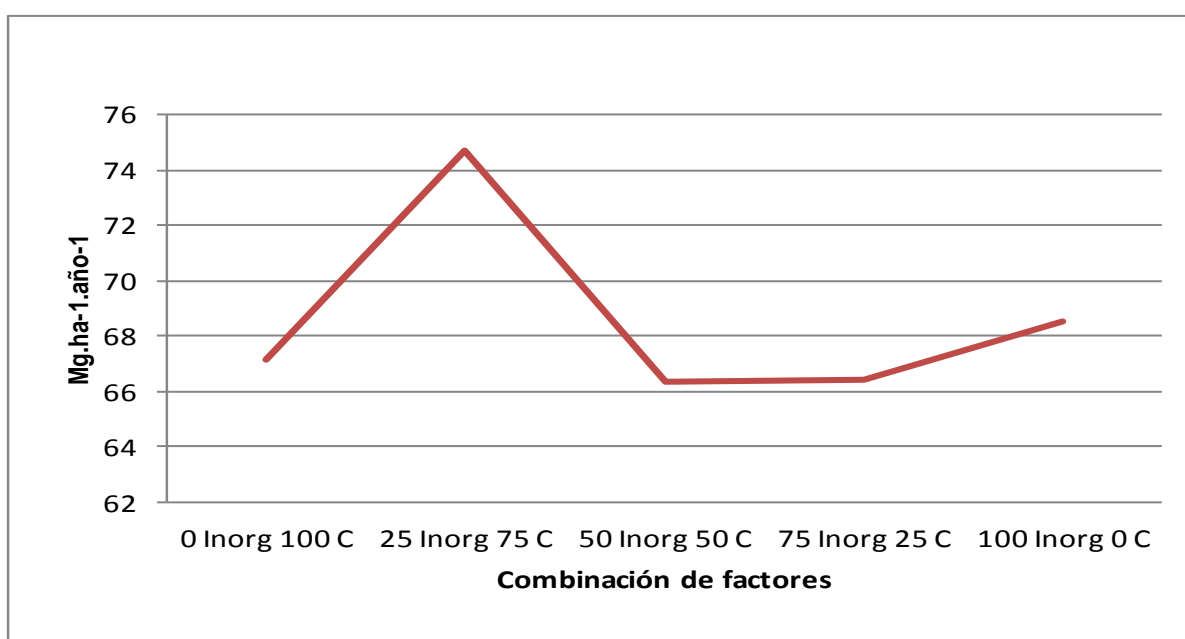


Figura 7. Función de Producción.

#### **Análisis del histograma de costos totales:**

En la figura 8, se observa la relación entre las distintas combinaciones de insumos, la cantidad de banano producida y los costos totales de producción en estudio para cada tratamiento (insumos y mano de obra). Se espera que el histograma de costos totales se vuelva más inclinada a medida que aumenta la cantidad producida y por ende alto costo.

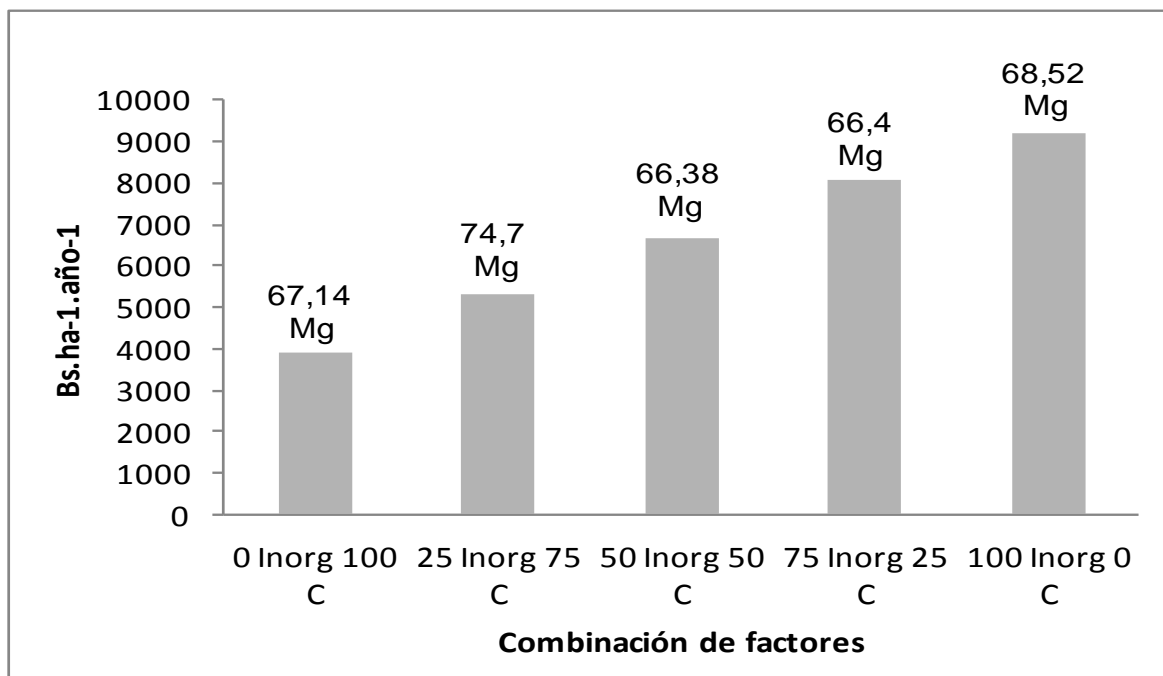


Figura 8. Histograma de costos totales.

#### **Análisis de la curvas de costos marginal y costo total medio:**

En el cuadro 26 se muestran los distintos tipos de costos, costo total, costo total medio y costo marginal, referentes a los insumos y mano de obra.

El costo total medio, indica el costo de la unidad representativa que en este caso es un megagramo de banano. Así, el costo total medio para producir un megagramo con 100 % abono orgánico es de 58,36 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> mientras que el costo total medio para producir la misma cantidad pero con 100 % abono inorgánico es de 134,52 Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. Esta diferencia se debe a que los costos variables totales para el tratamiento T5 fueron los más bajos en comparación al resto de los tratamientos y además por generar buenos rendimientos. A continuación se representa gráficamente las curvas de costo total medio y costo total marginal.

Cuadro 26. Costos marginales y costos medio para cada tratamiento

Tratamientos Combinación de Insumos	T5	T4	T3	T2	T1
<b>A</b>					
<b>Producción</b> <b>Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup></b>	67,14	74,10	66,38	66,40	68,52
<b>B</b>					
<b>Producción Marginal</b> <b>Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup></b>		7,56	0	0,02	2,12
<b>C</b>					
<b>Costo Total (Bs.ha<sup>-1</sup></b> <b>.año<sup>-1</sup>)</b>	3.918	5.298	6.672	8.050	9.217
<b>D</b>					
<b>Variación del Costo</b> <b>Total (Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>		1.380	1.374	1.378	1.167
<b>E</b>					
<b>Costo Total Medio</b> <b>Bs.Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (C/A)</b>	58,36	70,92	100,51	121,2	134,52
<b>F</b>					
<b>Costo Total Marginal</b> <b>Bs.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (D/B)</b>		182,54		68.900	550,47

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

Lo común de muchas empresas con respecto a la curva del costo medio, es que ésta tenga la forma de “U”, es decir, es alta en niveles de producción muy bajos y va disminuyendo conforme se incrementa la producción, hasta un punto en que comienza a aumentar de nuevo. Dicho punto o fondo de la curva es la cantidad que minimiza el costo total medio. No obstante, en la figura 9, no se observa la curva en forma de U, sino como una línea que tiende a crecer.

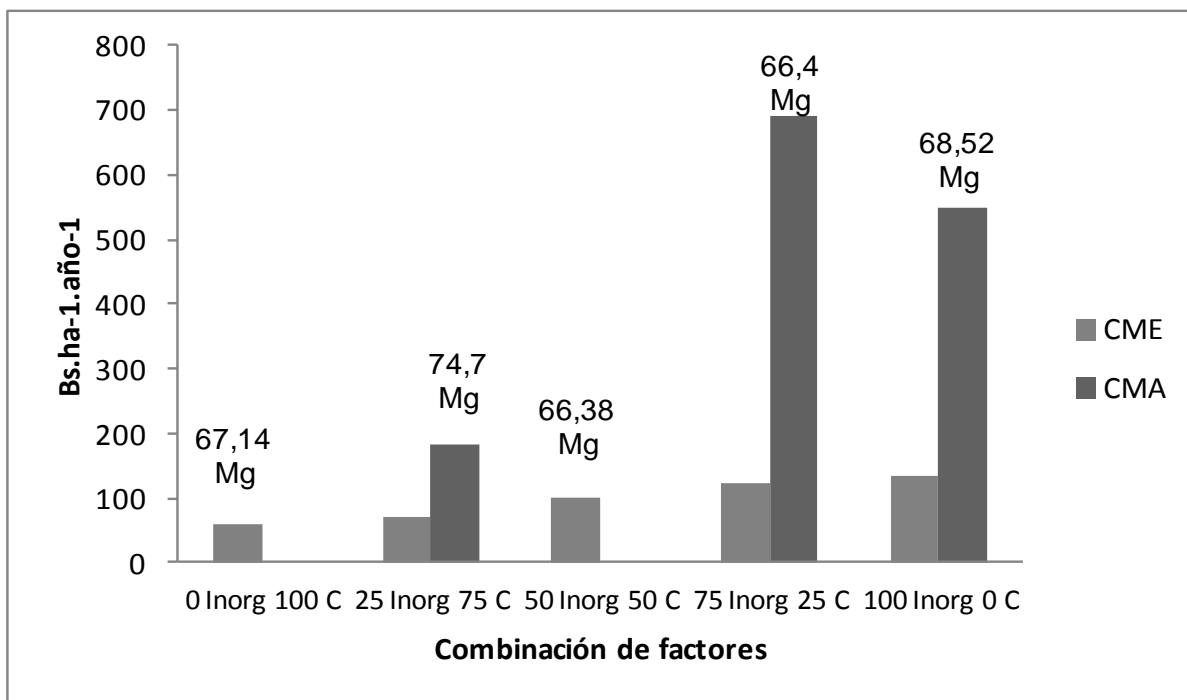


Figura 9. Curvas de costo medio y costo marginal.

En cuanto a la curva de costo marginal, ésta debe ser creciente a medida que aumenta la cantidad de producción debido al producto marginal decreciente. A medida que se adiciona un factor, la producción aumenta, por lo que el costo marginal es bajo, mientras que al seguir adicionando un factor el producto marginal decrece por lo que el costo marginal es más elevado. Sin embargo, en la figura 9, el comportamiento del costo marginal es irregular, de hecho, no existe costo marginal al pasar de la combinación 25 inorgánico 75 Compost (T4) a 50 inorgánico 50 Compost (T3), luego aumenta bruscamente y posteriormente desciende. Este comportamiento atípico es debido a que no se cumplió el producto marginal decreciente tal como se observó en la función de producción.

#### **Relación entre el costo marginal y el costo total medio:**

Cuando se estudian en conjunto las curvas de costo medio y marginal, existe una relación definida entre ambas curvas. Siempre que el costo marginal es menor que el costo total medio, éste último es decreciente y siempre que el costo marginal es

mayor que el costo total medio, éste último es creciente. La curva del costo marginal corta a la curva de costo medio en su punto mínimo, por lo que si se produce una cantidad mayor o menor que ésta, el costo total medio es superior al costo mínimo. Sin embargo, en la figura 9, no se observa una intersección de las curvas sino que el histograma del costo marginal es mayor a la del costo medio y por ende éste es creciente. Es decir, sólo se está observando en la figura el aumento del costo medio, indicando que a medida que se adiciona más del factor inorgánico en la fertilización, el costo medio tiende a alejarse del costo mínimo de producción. Todos los tratamientos están por encima del costo mínimo de producción, sin embargo, el que está más cercano al mismo es el tratamiento T5 (100 % orgánico), cuyo nivel de producción fue de  $67,14 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ .

#### **Punto de Equilibrio:**

En el cuadro 27 se muestran los cálculos de las variables necesarias para obtener el punto de equilibrio para cada tratamiento de fertilización. Una vez conocidos todos estos costos, se procedió a calcular el punto de equilibrio de la empresa, tanto en cantidades como en ventas:

En el cuadro 28 se observa que el punto de equilibrio más bajo en cantidades a producir de banano, se obtuvo para el tratamiento T4 donde hay que producir 1.849 kg de banano en el año mínimo para compensar tanto los costos fijos y variables, es decir, para no ganar ni perder. Para el resto de los tratamientos, se deben hacer un mayor esfuerzo en producir banano para estar en equilibrio, los cuales son los que contienen entre el 50 y 100 % de abono inorgánico. En cuanto al punto de equilibrio para ventas, el tratamiento más favorecido fue el T4 también, ya que es donde se puede vender menos cantidad de fruta para llegar al punto de equilibrio, mientras que para el resto de los tratamientos se debe vender más para lograr alcanzar el punto de venta para no ganar ni perder.

Cuadro 27. Costos Variables medios y contribución marginal para cada tratamiento.

Tratamientos	T5	T4	T3	T2	T1
<b>A</b>					
<b>Costo Variable Total Bs.año<sup>-1</sup></b>	11.524.656	11.745.544	11.965.264	12.185.880	12.372.504
<b>B</b>					
<b>Producción Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup></b>	67,14	74,70	66,38	66,40	68,52
<b>C</b>					
<b>Producción Anual 160 ha Mg.año<sup>-1</sup> (B*160 ha)</b>	10.742	11.952	10.621	10.624	10.963
<b>D</b>					
<b>Costo Variable Medio Bs.año<sup>-1</sup> (A/C)</b>	1.073	983	1.127	1.147	1.129
<b>E</b>					
<b>Precio de venta Bs.kg<sup>-1</sup></b>	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
<b>F</b>					
<b>Precio de Venta Bs.Mg<sup>-1</sup> (E*1000)</b>	2.360	2.360	2.360	2.360	2.360
<b>Contribución Marginal (F – D)</b>	1.287	1.377	1.233	1.213	1.231

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

Cuadro 28. Punto de Equilibrio para cada tratamiento de fertilización.

Tratamientos	T5	T4	T3	T2	T1
<b>A</b>					
<b>Costo Variable</b>	11.524.656	11.745.544	11.965.264	12.185.880	12.372.504
<b>Total Bs.año<sup>-1</sup></b>					
<b>B</b>					
<b>Costo Fijo Total</b>	2.545.104	2.545.104	2.545.104	2.545.104	2.545.104
<b>Bs.año<sup>-1</sup></b>					
<b>C</b>					
<b>Ventas Totales</b>	25.352.064	28.206.720	25.065.088	25.072.640	25.873.152
<b>Bs.año<sup>-1</sup></b>					
<b>D</b>					
<b>Contribución</b>	1.287	1.377	1.233	1.213	1.231
<b>Marginal</b>					
<b>(B/D)</b>					
<b>Punto de</b>					
<b>Equilibrio en</b>	1.977	1.849	2.063	2.098	2.068
<b>cantidades Mg</b>					
<b>B/(1 – A/C)</b>					
<b>Punto de</b>					
<b>Equilibrio en</b>	4.666.358	4.361.112	4.869.780	4.951.787	4.877.534
<b>Ventas</b>					

**T1:** 100 % solamente con fertilizantes inorgánicos, **T2:** 75 % con inorgánicos y el 25 % con compost, **T3:** 50 % con inorgánicos y 50 % con compost, **T4:** 25 % con inorgánicos y 75 % con compost y **T5:** 100 % solamente con compost.

Conviene hacer notar que a medida en que el punto de equilibrio se sitúe en niveles bajos de producción y ventas, en esa misma medida se podrá asegurar que cualquier imprevisto que pase, la empresa se podrá recuperar más fácil en el tiempo. En otras palabras, un punto de equilibrio bajo significa que la empresa llegará mas rápido a cubrir sus costos o cubrirá sus costos con un nivel mas bajo de producción, lo que implica tranquilidad del gerente, pues ante cualquier inconveniente él estará seguro



de mantener a la empresa funcionando dado que puede cubrir o cumplir con sus compromisos o costos con menor esfuerzo o rápidamente. Por lo tanto, manejar la finca con 25 % de abono inorgánico y 75 % de orgánico representa la mejor alternativa en términos de costos por haber obtenido el más bajo punto de equilibrio tanto para ventas como para cantidades de producción.

## CONCLUSIONES

1. El efecto de la sustitución parcial y total del fertilizante inorgánico por el compost no generó efectos negativos en la planta, ya que no se encontraron diferencias significativas en la absorción foliar.
2. Los mejores resultados en las variables de rendimiento, (calibre del dedo central de la segunda mano y última mano), se encontraron en el tratamiento T4, el cual produjo el mayor peso del racimo, parámetro clave en el cultivo de banano.
3. Las propiedades físicas del suelo no fueron afectadas por la aplicación parcial y total del compost ni por la utilización del implemento Hércules, debido a la naturaleza misma de los suelos lacustrinos que poseen características físicas particulares que no son afectadas de forma importante por algún tratamiento externo.
4. Todas las variables químicas del suelo se incrementaron con respecto a las cantidades encontradas al inicio del ensayo sin presentar diferencias significativas entre tratamientos, excepto para el nitrógeno, hierro y la conductividad eléctrica, cuyos resultados fueron más favorables para el tratamiento T4.
5. El tratamiento que reportó el más altos beneficio neto fue el T4 con un 27 % por encima del tratamiento convencional (T1) debido a que obtuvo un costo medio de producción de 47 % por debajo del T1. Además, fue el que demandó la menor cantidad de producción y ventas para llegar al punto de equilibrio.
6. Desde el punto de vista técnico y económico, dentro del conjunto de alternativas estudiadas, la mejor opción es usar el tratamiento T4, ya que brinda a la empresa una oportunidad para reducir de forma apreciable el consumo de fertilizantes inorgánicos, disminuir costos, obtener buen rendimiento y beneficios así como también un mejor ambiente ecológico.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar con el ensayo en campo por más de un año y seguir analizando las variables en las plantas y el suelo con el fin de determinar el impacto de esta práctica en el rendimiento en el largo plazo.
2. Estos resultados pueden ser aplicado sólo bajo un dominio de recomendación que abarca los suelos lacustrinos de la cuenca del lago de Valencia y usando el compost generado en la empresa según la tecnología de preparación. Usar otro tipo de abono orgánico y en suelo distintos al estudiado, quizás los resultados sean diferentes.
3. Una línea de investigación de éste estudio sería la posible modificación de los niveles críticos de los elementos en el suelo y absorción por la planta, ya que no hay correspondencia en los resultados encontrados para banano en suelos lacustrinos.

## LITERATURA CITADA

1. AOAC, 1997. Análisis de fósforo total en todo tipo de fertilizante. Método 957.02 B (e), NAFLD, 1979.
2. AOAC, 1997. Método para determinar nitrógeno total en fertilizantes. Método 920-01.
3. Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS. San José, Costa Rica. 157 p.
4. Blanco, A. 2006. Formulación y Evaluación de Proyectos. 5<sup>TA</sup> Edición. Editorial Texto C.A. Caracas, Venezuela. pp. 144 – 152.
5. Briceño, J; F, Chaverri; G, Alvarado; A, Gadea. 2.002. Materia Orgánica: Características y uso de insumos orgánicos en suelos de Costa Rica. Serie: Agricultura Orgánica N° 1. Editorial Universidad Nacional Heredia, Campus Omar Dengo. Costa Rica. 107 p.
6. Bustamante, B. 1982. El sistema de riego por aspersión. Aspectos a considerar para su adquisición. Medellín, Colombia. Revista Augura 8 (1): 39 – 43.
7. Camacho, R. 2.003. Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. Universidad de Costa Rica. pp. 4 - 9.
8. Castañeda, O; P, Castañeda; E, Granado; A, Hernandez. 1994. La agricultura orgánica en el contexto Guatemalteco. Editorial Color Litográfico. Guatemala. 10 p.
9. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. México: CIMMYT. 79 p.
10. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, 1981. Método de determinación de zinc, cobre, hierro, manganeso, calcio y magnesio por absorción atómica. Norma 1816 – 81.
11. Estupiñan, M. 2008. Evaluación económica de un sistema de vermicomposta para la industria cafetalera de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. 51 p.
12. FAO, 2009. Superficie, producción y rendimiento de banano en Venezuela. (Consulta: 2009, julio, 01). {En línea} <http://faostat.fao.org/faostat/servlet.html>.
13. FEDEAGRO. 2009. Estadísticas Agrícolas, en línea. Producción/superficie/comercio. Federación de Asociaciones de Productores Agropecuarios. Venezuela. En línea: <http://www.fedeagro.org/produccion/default.asp>.
14. Figueroa, M. y A, Lupi. 2003. Requerimiento de nutrientes minerales. (Libro en línea) Disponible: <http://www.fertilizar.org.ar/articulos/caracteristicas%20> (Consulta: 2005, septiembre, 12).

15. Haddad, O. 1994. Nutrición y predicción en cultivos intensivos de banano en los Valles de Aragua. Palmaven.
16. Haddad, O; N, Muñoz; J, Márquez; J, Hernández. 2005. Tamaño de muestra apropiado para estimar el promedio de las principales variables de producción y desarrollo en clones de *Musa*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. 19 p.
17. Heanes, D. 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1191-1213.
18. Instituto de la Potasa y Fósforo (INPOFOS). 1989. Fertilización del banano para rendimientos altos. 2da edición. Quito, Ecuador. 65 p.
19. Instituto Internacional de Nutrición de las plantas (IPNI). 2012. Requerimientos nutricionales del cultivo de banano. (Consulta: 2012, junio, 26). (En línea) <http://www.ipni.net/>
20. Lahav, E; D.W, Turner. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Editorial Inpofos. Quito, Ecuador. Boletín N 7. 71 p.
21. Laza, S. 2006. (Monografía en línea) <http://www.gestiopolis.com/canales5/fin/laprocosto.htm>
22. Lobo, D; M, Pulido; J, Rey; G, Rodríguez; G, Martínez. 2009. Índice de productividad de Pierce y el vigor en plantaciones de banano (*Musa AAA*). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
23. López, A. 1993. El azufre en la nutrición del cultivo de banano en Costa Rica. *Revista de la Corporación Bananera Nacional.* 18 – N (40). p. 15.
24. López, A.1998. Fertilización convencional del cultivo de banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. En: *Memorias del Taller Internacional realizado en Costa Rica. Red Internacional para el Mejoramiento del banano y plátano (INIBAP).* Costa Rica. p. 78.
25. Mankiw, N, N, Gregory. 2004. *Principios de Economía.* 3<sup>era</sup> edición. Mc Graw – Hill/interamericana. México. pp. 165 – 174
26. Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos, en condiciones tropicales. *Revista Facultad de Agronomía.* Alcance N° 32. 91 p.
27. Rivero, A; F, Rosales; J, Romero; C, Romero; I, Jiménez; R, Jiménez; O, Acuña; P, Tabora; R, Segura; L, Pocasangre; M, Villalobos. 2006. Estandarización de enmiendas orgánicas para banano en América Latina y El Caribe. *En: Memorias ACORBAT.* Vol. 01. Joinville, Brasil. p. 234.
28. Rivero, C. 1999. Materia orgánica del suelo. *Revista Alcance Facultad de Agronomía.* Universidad Central de Venezuela. Alcance N° 57. Maracay – Venezuela. 211 p.

29. Rodríguez, G. 2009. Aspectos sobre salud radical del banano en suelos de Venezuela. Primer Simposio Internacional de Plátano y Banano. Producción Agropecuaria 2 (1): 49 – 52.
30. Rodríguez, G; D, Lobo. 2004. Desarrollo y distribución de raíces en tres clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo lacustrino de la cuenca del lago de Valencia. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 21. Supl 1: 121 – 128.
31. Samuelson, P.W, Nordhaus. 2004. Microeconomía. Decimo séptima edición. Edición McGraw – Hill/interamericana. México. p. 8 – 13; 93 – 99.
32. Sierra, L. 1993. El cultivo del banano. Producción y comercio. Editorial Gráficas Olímpica. Medellín, Colombia. p. 80 – 99.
33. Soto, M. 2008. Bananos. Técnicas de Producción, Manejo poscosecha y comercialización. 3<sup>era</sup> edición. Universidad Costa Rica. pp. 29 – 97.
34. Stoorvogel, J; R, Vargas. 1998. La agricultura de precisión en banano. En: Memorias del Taller Internacional realizado en Costa Rica. INIBAP. Costa Rica. p. 40.
35. Universidad Central de Venezuela (UCV). 1993. Métodos de análisis de suelo y plantas utilizadas en el Laboratorio General del Instituto de Edafología. Cuadernos de Agronomía N° 6. Facultad de Agronomía, UCV. 89 p.
36. United State Department of Agriculture (USDA), 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Traducción al Español. Edit. Trillas, 1973.

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de correlación lineal entre las distintas variables

	<b>NaH</b>	<b>FeH</b>	<b>Ns(10)</b>	<b>Cus(10)</b>	<b>pH(10)</b>
<b>PR</b>	-0,65				
<b>C2M</b>	-0,64				0,53
<b>CUM</b>	-0,51				0,67
<b>LDC</b>	-0,60			-0,60	0,63
<b>LDUM</b>	-0,54			-0,58	0,55
<b>AHF</b>		0,57			
<b>MO</b>			0,60		

**PR:** Peso del racimo; **C2M:** Calibre de la segunda mano; **CUM:** Calibre última mano; **LDC:** Largo del dedo central; **LDCUM:** Largo del dedo central de la ultima mano; **AHF:** Altura del hijo a floración; **MO:** Materia orgánica; **NaH:** Sodio en la hoja; **FeH:** Hierro en la hoja; **Ns(10):** Nitrógeno en el suelo a 10 cm de profundidad; **Cus(10):** Cobre en el suelo a 10 cm de profundidad; **pH(10):** pH en el suelo a 10 cm de profundidad.