

**EFFECTO DEL RAQUIS FLORAL DE BANANO PROCESADO  
SOBRE EL VIGOR DE LA PLANTA Y LA INCIDENCIA DEL  
DESORDEN FISIOLÓGICO CONOCIDO COMO "BALASTRO" EN  
BANANO (*Musa* sp. AAA Gran Nain) EN RÍO FRÍO, SARAPIQUÍ,  
HEREDIA**

**WAYLER ÁLVAREZ CUBILLO**

**Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía como  
requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en  
Ingeniería en Agronomía**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2013**

**EFFECTO DEL RAQUIS FLORAL DE BANANO PROCESADO  
SOBRE EL VIGOR DE LA PLANTA Y LA INCIDENCIA DEL  
DESORDEN FISIOLÓGICO CONOCIDO COMO "BALASTRO" EN  
BANANO (Musa sp. AAA Gran Nain) EN RÍO FRÍO, SARAPIQUÍ,  
HEREDIA**

**WAYLER ÁLVAREZ CUBILLO**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M.Sc \_\_\_\_\_

Asesor interno

Ing. Agr. Miguel E. Muñoz F. Ph.D \_\_\_\_\_

Asesor externo

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora M.Sc \_\_\_\_\_

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE \_\_\_\_\_

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc \_\_\_\_\_

Director

Escuela de Agronomía

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer primeramente a nuestro padre Dios, por este logro el cual hoy termino, lo que tanto he anhelado GRACIAS DIOS.

A toda mi familia, mi mamá Oneida y mi papá Mario que desde el cielo me protegieron y me dieron su bendición, gracias a ellos los amo y nunca los olvidaré. Mis hermanas por todo el apoyo brindado, principalmente a María Álvarez quien fue una segunda madre para mí; a ellos muchas gracias de todo corazón.

Gracias infinitas a Doña Ángela “Mami Ángela” y a su esposo Víctor Benavidez “Don Vi” quienes, cuando más necesitaba, me brindaron su mano amiga, igualmente gracias a doña Marielos por su apoyo.

Agradezco especialmente a mi asesor externo el Dr. Miguel Muñoz, quien me ayudó con sus ideas y apoyo en el trabajo de tesis con el cual estoy finalizando mi carrera profesional. Al profesor, M.Sc. Parménides Furcal Berigüete quién fue mi profesor en varios cursos y asesor interno en este trabajo final, ya que por medio de conclusiones y revisiones hicieron posible la culminación de este documento. Al Ing. M.Sc. Joaquín Duran, quien además de ser mi profesor, fue también mi asesor interno y gracias a sus revisiones pertinentes pude lograr este trabajo. De igual forma agradezco al Ing. Carlos Arce Calderón por su amistad y colaboración en el análisis estadístico del presente trabajo.

A mis compañeros gracias por los malos y buenos ratos que pasamos juntos dentro del Instituto Tecnológico de Costa Rica. A las personas quienes me dieron el coraje de seguir adelante aun cuando en muchas ocasiones quise desertar. Gracias Matías Álvarez y Jerelyn Álvarez quienes me dieron una razón para seguir adelante. Desde luego a amorcito preciosa Lourdes Álvarez quien me dio ese regalo tan hermoso y quien me apoyó desde el primer momento; gracias mi amor, por todo el apoyo brindado hasta hoy. LOS AMO A LOS TRES.

## **Dedicatoria**

A mis hijos Matías Álvarez y Jerelyn Álvarez.

Mi familia por todo su apoyo brindado durante mi carrera.

A mis padres que desde el cielo están orgullosos de mi éxito.

Mi amor preciosa Lourdes Álvarez por su apoyo incondicional.

A todas las personas que de alguna manera me ayudaron a obtener este logro en mi vida profesional, GRACIAS INFINITAS.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTA DE CUADROS DE ANEXO A</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS DE ANEXO B</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE CUADROS DE ANEXO C</b> .....	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	<b>5</b>
1.2. HIPÓTESIS.....	<b>6</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Generalidades del cultivo de banano .....	7
2.2 Sistema radical .....	7
2.3 Cormo.....	8
2.4 Pseudotallo.....	9
2.5 Hojas .....	9
2.6 La inflorescencia.....	9
2.7 El racimo .....	10
2.8 Grosor y longitud del dedo de racimo .....	10
2.9 Condiciones climáticas y edáficas del cultivo .....	11
2.9.1 Requerimientos edáficos.....	11
2.9.2 Requerimientos hídricos .....	12
2.9.3 Temperatura .....	13
2.10 Deficiencia de nutricional .....	13
2.10.1 Mal de “Balastro”.....	13
2.11 Materia orgánica .....	14
2.12 Absorción de nutrientes .....	15
2.13 Microorganismos.....	17
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
3.1 Localización.....	19
3.2 Tratamientos.....	19
3.2.1 Material experimental.....	21

3.2.2	Manejo del experimento.....	21
3.3.1	Variables fisiológicas .....	22
3.3.1.1	Grado de incidencia de Balastro .....	22
3.3.1.2	Grado de severidad de “Balastro” .....	22
3.3.1.3	Biomasa radicular e infestación de nematodos .....	24
3.3.2	Variables agronómicas.....	26
3.3.2.1	Altura de la planta madre .....	26
3.3.2.2	Grosor de la planta madre.....	26
3.3.3	Análisis químico de suelo.....	26
3.3.4	Componentes de rendimiento .....	26
3.3.4.1	Peso del racimo.....	26
3.3.4.2	Grosor y longitud del dedo central de la segunda mano del..... racimo .....	27
3.3.4.3	Cantidad de manos del racimo de banano .....	27
3.4	Modelo estadístico.....	27
3.5	Análisis de datos .....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1.	Variables vegetativas.....	29
4.1.1	Altura de planta.....	29
4.1.2	Grosor del pseudotallo .....	30
4.1.3	Cantidad de hojas por planta .....	31
4.2.	Variables productivas .....	32
4.2.1	Calibración del dedo central.....	32
4.2.2	Longitud del dedo .....	34
4.2.3	Número de manos .....	35
4.2.4	Peso del racimo de banano .....	36
4.3	Sistema radical .....	38
4.4	Nematodos totales.....	39
4.5	Incidencia y severidad del “Mal de Balastro” .....	40
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>44</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXO A.....</b>	<b>47</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO B.....</b>	<b>48</b>

10. ANEXO C..... 49

## LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
Figura 1	Comportamiento de la altura de la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo 2013 .....	30
Figura 2.	Comportamiento de la circunferencia de la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo 2013. ....	31
Figura 3.	Cantidad de hojas en la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013. ....	32
Figura 4.	Calibre del dedo central de la segunda mano del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.....	34
Figura 5.	Longitud del dedo central de la segunda mano del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.....	35
Figura 6.	Cantidad de manos originales por racimo cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.....	36
Figura 7.	Peso del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.....	38
Figura 8.	Porcentaje de raíces vivas, según tratamientos en los años 2012 y 2013. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013. ....	39
Figura 9.	Cantidad de nematodos " <i>Radopholus similis</i> " por cada 100 gramos de raíz. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.....	40
Figura 10.	Incidencia y severidad del "Mal de Balastro", al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013. ....	41



## LISTA DE CUADROS DE ANEXO A

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Cuadro A 1	Prueba de Shapiro-Wilks para comprobar normalidad de las variables de respuestas evaluadas .....	47
Cuadro A 2	Resultado de las diferencias mínima significativa de las variables en estudio, mediante la prueba de Tukey y la prueba de supuesto de Levene .....	47

## LISTA DE FIGURAS DE ANEXO B

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Figura B 1.	Muestreo raíces. ....	48
Figura B 2.	Aplicación del Mulch enriquecido con Rizobacterias .....	48

## LISTA DE CUADROS DE ANEXO C

Cuadro C 1 Resultado químicos de la materia seca del pinzote de banano. Corbana 2010 .....	49
Cuadro C 2 Resultado químico del análisis de suelo, al finalizar el ensayo. Marzo 2013. ....	49

## RESUMEN

Bajo la necesidad de disminuir la incidencia del Mal de Balastro y aumentar de forma paralela el vigor de la planta y su productividad en los suelos bananeros ya deteriorados, se procedió a evaluar el efecto de la aplicación del raquis de banano picado y enriquecido con rizobacterias. El estudio se ejecutó en la zona de Sarapiquí de Heredia, específicamente en Río Frío, bajo condiciones del trópico húmedo entre el año 2012 y 2013. Se evaluaron estadísticamente las variables vegetativas al momento de la floración: grosor del pseudotallo, altura de la planta, cantidad de hojas, incidencia y severidad del “Mal de balastro”; y las variables productivas: número manos, longitud, calibración de dedo central de la segunda mano y peso del racimo al momento de la cosecha, la cual tardó para cosechar tres meses posterior a la floración. Los tratamientos fueron diseñados bajo un modelo en bloques al azar con muestreo. Las variables de número hojas, altura planta madre, número de manos, longitud del dedo central de la segunda mano y circunferencia de la planta, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p\text{-valor} \geq 0,05$ ) entre los tratamientos. Por otro lado, las variables de peso del racimo presentó diferencias altamente significativas ( $p\text{-valor}= 0,0054$ ), el tratamiento raquis picado + rizobacterias obtuvo la mejor media con 28.9 kg de peso total. De mismo modo, la variable de calibración del dedo central de la segunda mano, mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p\text{-valor}=0,0242$ ) el tratamiento con mejor calibración fue raquis picado + rizobacterias. En cuanto al porcentaje de raíz viva, valorada un año después de iniciado el ensayo, no mostró diferencia estadísticas. Sin embargo, los tratamientos a los cuales se les aplicó materia orgánica (raquis picado), presentaron un mayor porcentaje de raíz viva en comparación con el tratamiento testigo.

**Palabras clave:** Banano (Musa AAA), Balastro, Calcio, Magnesio, rizobacterias, variables vegetativas, variable productivas y absorción nutrientes

## ABSTRACT

In response to the need to reduce the frequency and severity of a physiological disorder known as “Mal de Balastro” or “Ballast disorder”, characterized by leaf chlorosis and burn symptoms, and increase plant vigor and productivity in degraded soils, we evaluated the effect of mulching with shredded banana floral raquis alone or supplemented with several rhizobacteria species, around the base of the banana mat. The study was carried out in the area of Sarapiquí, Heredia, specifically in Rio Frio, under humid tropical conditions between 2012 and 2013. Pseudostem girth, harvested plant height, number of leaves were analyzed as vegetative growth parameters, whereas the number hands, finger length and calibration of the middle finger of the second hand, and the bunch weight were evaluated as yield variables. Ballast frequency and severity was also evaluated.

The experiment was designed as a complete randomized block. The number of leaves, mother plant height, number of hands, finger length of the middle of the second hand and plant girth showed no statistically significant differences ( $p$ -value  $\geq 0,05$ ). On the other hand the bunch weight variable showed highly significant differences ( $p$ -value = 0,0054). The shredded raquis + rhizobacteria combination showed the highest average with 28.9 kg. In the same way, the calibration of the middle finger of the second hand, showed statistical differences between treatments ( $p$ -value = 0,0242). The thicker fruit was observed in the shredded raquis supplemented with rhizobacteria.

Differences were also observed in the amount of functional roots one year after the experiment onset. Shredded raquis with or without rhizobacteria showed more functional roots than the control treatment.

1. **Keywords:** Banana (Musa AAA), Ballast, Calcium, Magnesium, rhizobacteria, growth yield, growth production and nutrient absorption

## 2. INTRODUCCIÓN

El banano al igual que la piña, son nuestros productos de mayor importancia agrícola de exportación, seguido muy de cerca por la producción de café. Nuestro país es el segundo exportador de banano de primera calidad, después de Ecuador. Este cultivo se desarrolla en plantaciones relativamente grandes por productores independientes y empresas multinacionales, las cuales controlan cerca del 50% de la superficie dedicada a la explotación de cultivos agrícola del país. Los Estados Unidos y la Unión Europea, han sido tradicionalmente los principales mercados de exportación de banano de nuestro país. Las principales empresas transnacionales dedicadas a la exportación son Standard Fruit Co. (Dole), Cobal (Chiquita) y Bandeco (Del Monte) que conjuntamente constituyen más del 80% de las exportaciones de banano de Costa Rica (Arias *et al.* 2004).

En el año 2011, Costa Rica exportó 106 millones de cajas de banano con un peso por caja de aproximadamente 18,14 kilos, alrededor de 1.920.000 toneladas métricas. Por otra parte, el récord de exportación fue alcanzado en el año 2007, cuando nuestro país colocó en el mercado internacional un total de 114 millones de cajas, es decir 2,07 millones de toneladas métricas aproximadamente (CORBANA 2012).

El proceso de empaque de la fruta de banano para exportación produce altas cantidades de desechos orgánicos, como lo son el raquis floral o pinzote y banano no exportable. Estos residuos producto de la cosecha, son generalmente depositados en trincheras para su lenta descomposición y no reciben un tratamiento para acelerar la misma, ya que este proceso constituye un costo adicional. Debido al costo de distribución, tampoco son considerados como una fuente de nutrientes a valorar. La solución debería ser, convertir estos residuos en material de alto valor o de uso inmediato en la finca, en volúmenes altos y a un costo de procesamiento, transporte y distribución razonable. La solución más

viable es que estos residuos, sean picados y esparcidos en la plantación, en forma de cobertura o alrededor de las unidades de producción, con el fin de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando la productividad del mismo (Serrano y Segura 2005).

Esto conlleva a mejoras en el balance de materia orgánica y la actividad microbiana en los suelos, con el consecuente incremento en la eficiencia del uso de fertilizantes convencionales (Araya 2010).

La aplicación de desechos orgánicos al suelo contribuye a la protección radicular, mantener el suelo con un nivel de humedad propicio para el desarrollo de las plantas de banano, las cuales se caracterizan por ser suculentas, al aporte de fertilidad al suelo y de forma paralela a la reducción de la pérdida de los fertilizantes sintéticos, mediante la disminución de la erosión del suelo. Estos desechos al ser depositados al suelo aumentan la micro fauna y flora del mismo, permitiendo un mayor equilibrio de estos organismos. Simultáneamente contribuyen a la formación de raíces, las cuales se desarrollan con mayor facilidad en un suelo rico en materia orgánica, mejorando así la formación de los pelos radicales, los cuales son los encargados de la mayor absorción de los nutrientes disponibles en la solución del suelo <sup>1, 2</sup>.

El uso de “mulch” de raquis picado debería generar los siguientes beneficios:

- Protección del recurso suelo, especialmente en el área adyacente alrededor de la planta y evita el lavado de las raíces superficiales.
- Reducción del estrés hídrico en épocas de muy baja precipitación, y en particular en suelos arenosos. Reducción en el uso de herbicidas para el control de malezas en el área inmediata alrededor de la planta, con el

---

<sup>1</sup> Muñoz, M. 2012. Alternativa para corregir el Mal de Balastro. Río Frío, CR. Dpto. Investigación, Dole, Standard Fruit Co. Comunicación personal

<sup>2</sup> Obregón, M. 2012. Aplicación materia residuos orgánicos. Sarapiquí, CR. Laboratorios Dr. Miguel Obregón. Comunicación personal

consecuente aumento en eficiencia de la labor y la reducción de posibles efectos negativos de los herbicidas sobre el sistema radicular de banano.

- Generación de un ambiente propicio para el establecimiento de poblaciones de microartrópodos y lombrices con su beneficio para la planta de banano.
- Aumento en la biomasa radicular generada, con lleva al incremento en la eficiencia de absorción de fertilizantes y la reducción de síntomas de desórdenes fisiológicos ligados a la muerte de raíces como es la falata de absorción de calcio y magnesio.

El incremento en productividad, medido como cajas/ha/año, en contraste con el costo de procesar, transportar y distribuir esos desechos, debería dictaminar si el uso de pinzote triturado es una herramienta viable para la sostenibilidad del cultivo del banano.

Debido a la morfología de la planta de banano, bajo condiciones de alta precipitación, las hojas funcionan como recolectores de lluvia y es conducida hacia la parte inferior del pseudotallo, con lo que conlleva al desplazamiento de la capa superficial del suelo, generalmente con bajos niveles de cobertura y la exposición del sistema radicular superficial. Las raíces bajo estas condiciones se mueren y por lo tanto se reduce la absorción de nutrientes. En suelos arenosos e inceptisoles con baja capacidad de intercambio catiónico y bajos niveles de calcio, en particular en la zona del Oeste del Río Reventazón, éste fenómeno conlleva a una baja absorción de cationes (calcio y magnesio) que se manifiesta en deficiencias a nivel foliar, conocida como “Mal de Balastro”, que en casos severos pueden reducir significativamente el área fotosintéticamente activa y la reducción en vigor y productividad.

La aplicación de residuos orgánicos al suelo contribuye a la protección radicular, a mantener el suelo con un nivel de humedad propicio para el desarrollo



de las plantas de banano, las cuales se caracterizan por ser suculentas, al aporte de fertilidad al suelo y de forma simultánea una disminución de la pérdida de fertilizantes sintéticos al disminuir la erosión del suelo.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Muñoz, M. 2012. Alternativa para corregir el Mal de Balastro. Río Frío, CR. Dpto. Investigación, Dole, Standard Fruit Co. Comunicación personal

## **Objetivo general**

Evaluar la respuesta de vigor, producción y la incidencia del Mal de Balastro del cultivo de banano (*Musa sp* .AAA cv. *Gran Nain*), mediante el uso de pinzote procesado e inoculado con rizobacterias, en un área determinada de baja productividad.

### **1.1. Objetivos específicos**

Evaluar el impacto del uso del pinzote procesado y enriquecido con rizobacterias sobre la incidencia y severidad del "Mal de Balastro".

Analizar la respuesta del uso de pinzote procesado y enriquecido con rizobacterias, sobre el porcentaje de raíces vivas.

Cuantificar la respuesta del uso de pinzote procesado y enriquecido con rizobacterias sobre variables de crecimiento vegetativo, al momento de la floración.

Determinar el efecto del pinzote procesado y enriquecido con rizobacterias al momento de la cosecha, sobre las variables de producción.

Medir el efecto del pinzote picado enriquecido con rizobacterias, sobre la población de nematodos en las raíces de la planta de banano

## **1.2. Hipótesis**

### **Hipótesis técnica o de investigación**

El uso de pinzote procesado e inoculado con rizobacterias como una enmienda orgánica al suelo, va permitir un mayor desarrollo radicular, y por lo tanto una menor frecuencia de desórdenes fisiológicos conocido como balastro, obteniendo mejoras en las variables de vigor y producción.

### **Hipótesis estadísticas**

**Ho:** No existen diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos.

**Ha:** Existen diferencias significativas al menos entre dos de los tratamientos

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Generalidades del cultivo de banano**

El banano pertenece a la familia de las Musáceas, corresponden al orden de las Escitamineas y el género Musa. La planta de banano es considerado como una hierba grande, perenne, constituida en su anatomía por un cormo (tallo) y un pseudotallo (tallo falso) que produce un único racimo y posteriormente sucumbe, el cual produce nuevos brotes, los cuales dará paso al desarrollo de las nuevas plantas, manteniéndose así la unidad productiva en el tiempo (Chinchilla *et al.* 2004).

### **2.2 Sistema radical**

El sistema radical de la planta de banano, cumple varias funciones como lo son: anclaje, almacenamiento de productos para alimentación, absorción de agua y nutrientes; además funciona como un hábitat para organismos benéficos que se alojan en la rizosfera, razón por la cual se considera junto con las hojas uno de los órganos más importantes de la planta de banano (Rodríguez 2008).

Este sistema radical del banano es adventicio, la mayor parte de las raíces se encuentran en los primeros 30-50 centímetros de profundidad en donde se encuentran raíces primarias, a partir de ellas se desarrollan las raíces laterales secundarias las cuales son blancas y miden de 1 a 2 metros con función de anclaje principalmente. A partir de estas se generan dos ramificaciones más, la última obedece a los pelos radicales, los cuales son responsables de la absorción de nutrientes como calcio, magnesio, potasio, nitrógeno entre otros (López *et al.* 2007).

En las plantas de las Musáceas, la raíz primaria es pronto reemplazada por un sistema de raíces adventicias. Este origen de las raíces adventicias es similar al de las raíces laterales: siendo su origen endógeno, iniciándose cerca de los tejidos vasculares y atravesando todos los tejidos localizados fuera de su punto de origen.

El grosor de la raíz disminuye, conforme la raíz se aleja de la planta. Las raíces en los suelos más pesados son más gruesas que en los livianos. Las raíces jóvenes son inicialmente blancas y suaves. Conforme pasa el tiempo se torna de un color amarillento y se endurecen ligeramente, aunque permanecen flexibles, y al madurar se tornan oscuras y suberosas (Soto 1992).

Además según López (1999) citado por Umaña (2005), el sistema radical de la planta de banano, puede verse afectado al no manejarse adecuadamente las condiciones de drenaje y humedad del suelo óptimas para su desarrollo y crecimiento. Niveles freáticos por encima de un metro puede producir una anoxia radicular, la cual se va a traducir en estrés de la planta, disminuyendo así su rendimiento.

Por otro lado se estima que el 60 al 70% de las raíces se encuentran ubicadas en los primeros 30 cm de profundidad. De 60 a 90 cm de profundidad sólo se encuentra un 10 a 15 % del total de las raíces, las cuales se encontraban a una distancia horizontal que alcanza entre 0 a 90 cm de la base de la planta (Soto 1992).

### **2.3 Cormo**

Según Orozco y Chavarra (1999) citados por Barquero (2010), el cormo es un bulbo de forma cónica, carnoso sumamente succulento y de gran cantidad de parénquima. Posee dos zonas, la primera es una zona cortical externa,

constituida por epidermis y exodermis las cuales son células quitinizadas y suberizadas y la zona interna denominado cilindro central, la cual está conformada por la mesodermis (endodermis y tejido de cambium).

## **2.4 Pseudotallo**

El pseudotallo está formado por las vainas envolventes de la hoja. El tallo aéreo inicia a partir del cormo y finaliza en la inflorescencia. La función principal de este tallo es la de permitir la conexión vascular entre las hojas y las raíces, además de la comunicación de los frutos con las hojas para permitir así la formación y llenado de los mismos (López *et al.* 2007).

## **2.5 Hojas**

La hoja de la planta de banano está formada por la vaina, peciolo, lámina y ápice, las cuales se desarrollan de modo distinto de acuerdo a la edad fisiológica que tenga la planta de banano. La vaina es la parte inferior y envolvente, el peciolo es la porción central de la hoja de forma redondeada y acanalada formando una nervadura. La lámina, se desarrolla en el centro del pseudotallo en forma de cilindro (López *et al.* 2007).

La distribución en forma de espiral de las hojas, es característica en la planta de banano, no obstante la filotaxia varía según los diferentes clones y especies existentes. Las bases foliares se extienden traslapándose entre sí, hasta formar el pseudotallo, de donde a través de él, crece la inflorescencia (Soto 1992).

## **2.6 La inflorescencia**

El ciclo de la planta de banano está definida por dos procesos fisiológicos primordiales: el crecimiento vegetativo y la diferenciación floral. El meristemo vegetativo se encuentra ubicado en el interior de la base del pseudotallo. En este

se desarrolla la actividad meristemática y fisiológica, relacionada con la emisión foliar que produce una limitada cantidad de hojas. Ininterrumpidamente se origina la fase de transición, la cual detiene la producción de hojas nuevas y ocurre una transformación a células meristemáticas florales, dando paso así al racimo de banano (González y Valle 2011).

Es importante mencionar que la temperatura óptima para iniciar la floración se encuentra cerca de los 22°C. Además que el límite inferior para el desarrollo de la planta se ubica en los 16°C y su crecimiento y acumulación de materia seca se detiene a los 14°C (López *et al.* 2007).

## **2.7 El racimo**

El desarrollo del fruto se logra sin la ayuda de polinización, razón por la cual se le denomina fruto partenocárpico. La epidermis del fruto está formada por células cuadrangulares, estomas y una cutícula bien definida. Bajo la epidermis hay de 6 a 11 capas de parénquima hipodérmico, usualmente con presencia de cloroplastos. Durante la primera semana del desarrollo del fruto hay poco aumento en la pulpa, pero dos semanas posteriores a la floración, el número de células en la pulpa aumenta mediante divisiones mitóticas (Soto 1992).

## **2.8 Grosor y longitud del dedo de racimo**

El método para medir si un racimo cumple las especificaciones del mercado es por medio de la calibración o grosor del dedo central de la fila externa de la segunda mano de banano de forma descendente. La calibración se mide en grados con un calibrador de 1/32vo de pulgada. Para que el racimo esté listo a cosecha, debe cumplir la edad fisiológica, la cual no debe ser inferior a 11 semanas ni exceder las 14 semanas y una calibración promedio de 45 grados, según sea el mercado (López *et al.* 2007).

Comercialmente es de mucha importancia tener un número balanceado de dedos por mano, que posean una longitud mínima de 25 cm y la calibración y curvatura permitida por el mercado (López *et al.* 2007).

El mayor índice de crecimiento del dedo se refleja hasta el día seis después de la floración. Posteriormente se mantiene constante hasta los 30 días posteriores. El alargamiento del dedo se mantiene aproximadamente hasta los 35 días después de floración y alcanza en promedio 1,7 mm / día. Los dedos de las primeras manos son más largos que las manos inferiores. Es por eso que existe una correlación, en donde la longitud de los dedos disminuye aproximadamente 0,62 cm de una mano a otra, según el clon (Soto 1992).

El crecimiento puede verse afectado por un exceso o deficiencia de agua en el suelo, o bien por una baja luminosidad. Por el contrario, se da un buen crecimiento en esa etapa si la luminosidad es adecuada (más de 5 horas por día) y existe suficiente humedad en el suelo (Soto 1992).

Además, se ha determinado la correlación entre grado del dedo central y el peso del racimo, de manera que por cada grado de aumento en el diámetro del dedo, el peso del racimo aumenta 1,7kg. También conforme aumenta el número de manos del racimo de banano, la diferencia del grosor entre las manos consecutivas entre ellas es de 0,5 grados. Es decir una racimo de 10 manos la diferencia entre la mano basal con respecto a la apical será de 5 grados o hasta más en algunos casos (López *et al.* 2007).

## **2.9 Condiciones climáticas y edáficas del cultivo**

### **2.9.1 Requerimientos edáficos**

El cultivo de banano requiere suelos fértiles, con un contenido alto de materia orgánica y un buen sistema de drenaje, con el propósito de evitar el



encharcamiento prolongado, reduciendo así la probabilidad de condiciones de anoxia en el suelo, ya que las raíces del banano son muy sensibles a condiciones prolongadas de exceso de humedad. La textura y estructura deben dar una buena aireación al suelo y su pH óptimo para un buen desarrollo de la plantación (Soto 1992).

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, cuanto más fértil es el suelo, definida por la capacidad de intercambio catiónico, que a su vez depende de la mineralogía de las arcillas, mayor productividad tendrán. Un suelo con una capacidad de intercambio catiónico de 25 cmol/L es considerado adecuado. Un contenido alto de materia orgánica (mayor a 5%) es muy recomendable para aumentar la CIC (López *et al.* 2007).

Es recomendable que un suelo dedicado a la explotación bananera presente poblaciones de micro y macroorganismos en abundancia, los cuales ayudan a mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo. Esto se logra mediante aplicaciones de enmiendas orgánicas, que mejoran las poblaciones de organismos, contribuyen así a mantener la humedad del suelo en momentos de poca precipitaciones (López *et al.* 2007).

### **2.9.2 Requerimientos hídricos**

El cultivo de banano, según sea la necesidad hídrica, debe desarrollarse en zonas con una precipitación anual mínima sea de 2.000 mm debido a que la planta de banano, puede transpirar hasta 50 mg de agua por cada dm<sup>2</sup> de superficie foliar por minuto. Debido a las necesidades hídricas de la plantación de banano, se estima que para suplir los requerimientos del cultivo, se debe suministrar mensualmente en promedio 167mm de agua para su buen desarrollo (Soto 1992).

Un déficit hídrico produce varias respuestas en las plantas, las mismas se muestran como plantas arropolladas (restricción en la tasa de emisión foliar), las

hojas presentan clorosis, las hojas pierden turgencia y esto provoca un doblamiento de la hoja a nivel de la inserción de la vaina con el pseudotallo, y quiebra del mismo en casos severos, hasta provocar la muerte radicular (López *et al.* 2007).

### **2.9.3 Temperatura**

La temperatura, es un factor de gran relevancia para el cultivo de banano y su eficiencia productiva. Cuando las temperaturas oscilan entre 18°C a los 26°C el crecimiento es lineal, con un desarrollo máximo de la planta que oscila entre los 26 °C hasta los 29°C y una temperatura optima de 28°C (Soto 1992).

## **2.10 Deficiencia de nutricional**

### **2.10.1 Mal de “Balastro”**

El síntoma del mal de “Balastro”, está asociado a suelos de textura arenosa y con un nivel de fertilidad de mediana a baja. Este síntoma inicia principalmente en los bordes de las hojas jóvenes, formando franjas cloróticas, con una orientación de forma perpendicular a la nervadura central de la hoja. Al transcurrir el tiempo, este síntoma provoca la necrosis de la hoja, disminuyendo así el área fotosintéticamente activa de la planta, reduciendo el vigor y la producción del cultivo. Los síntomas del “Balastro” se presentan con mayor incidencia y severidad en suelos de textura arenosa, los cuales poseen una baja capacidad de intercambio catiónico y bajos niveles de fertilidad como lo son la ausencia de calcio, potasio, magnesio entre otros. Estos suelos limitan la absorción iónica, debido a que existe una mayor pérdida de nutrientes por percolación e lixiviación de los mismos, por lo cual conlleva a una baja absorción de cationes (calcio y magnesio) que se manifiesta en deficiencias a nivel foliar, que en casos severos pueden reducir significativamente el área fotosintéticamente activa y la reducción en vigor y productividad de la plantación <sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Muñoz, M. 2012. Alternativa para corregir el Mal de Balastro. Río Frío, CR. Dpto. Investigaciones, Dole, Standard Fruit Co. Comunicación personal

## **2.11 Materia orgánica**

La materia orgánica (residuo animal, vegetal o ambas) en el suelo, incluye este material en estado de descomposición, en donde al transcurrir el tiempo produce una fracción orgánica denominada humus (Kass 1998).

Para descomponer la materia orgánica, la flora del suelo digiere rápidamente los materiales orgánicos, liberando dióxido de carbono y carbohidratos. Los elementos que primero se consumen son los carbohidratos, los cuales producen compuestos más simples. Algunos de estos compuestos simples reaccionan y forman compuestos complejos y resistentes a la descomposición como ácidos húmicos y fúlvicos (Plaster 1997).

El efecto floculante y cementante de la materia orgánica, ayuda sin duda alguna a mejorar la estructura del suelo y por ende, la disminución de la densidad aparente a través el tiempo, con lo que se reflejará en un mayor porcentaje de porosidad del suelo, aumentando la facilidad de la penetración de a raíz, y maximizando dentro del suelo el movimiento del agua, aire y nutrientes (Bertsch 1995).

En cuanto a las coberturas, las mismas consisten en materia vegetal de cosecha, colocado sobre el suelo, que ayuda a mejorar la estructura del suelo, mantiene la humedad del mismo, y a su vez disminuye la erosión. Esto es de suma importancia, ya que debido a filotaxia del banano, las hojas forman un recolector de agua de lluvia y dirigiéndolo hacia el cormo. Además, las coberturas enriquecen la fertilidad del suelo conforme se va descomponiendo la materia vegetal y suministrando un hábitat estable a poblaciones de microorganismos, macro y microartrópodos (Arias 2007).

## **2.12 Absorción de nutrientes**

El agua cumple muchas funciones en los cultivos, comenzando por el hecho que el 90% de las células están compuestas por agua. Bajo condiciones de alta tasa de transpiración en la superficie foliar el agua en el suelo repone la pérdida hídrica y se crea una corriente transpiratoria. El agua absorbida por las raíces sirve como transportador de nutrientes dentro de la planta. Por otro lado el agua en el suelo sirve como solvente de nutrientes y sirve para el transporte de los mismos hacia la raíz (Plaster 1997).

El movimiento de los nutrientes hacia la raíz, está compuesto por tres fenómenos. El flujo de masas el cual consiste en el arrastre de los elementos de la solución del suelo hacia las raíces, por efecto de la transpiración. Al transpirar las hojas crean un déficit de agua a nivel radicular, lo cual genera una corriente de agua hacia la raíz transportando así todos los nutrientes que se encuentren disueltos en la solución. Elementos como el nitrógeno, azufre, y calcio usan esta vía de movilización. El otro fenómeno es la difusión, en donde las partículas se mueven de una zona de mayor concentración (solución del suelo) a zonas de menor concentración (cerca sistema radical), y depende de factores como textura del suelo, superficie raíz, agua contenido en el suelo entre otros. Elemento como potasio y fósforo usan esta vía de movilización. La tercer vía se denomina intercepción radical y consiste el crecimiento de la raíces a través de los espacios porosos del suelo interceptando los nutrientes a su paso. Esta última tercera vía, solo representa el 2% de la absorción de la planta, en donde tanto el calcio en menor cantidad como el magnesio, son interceptados de esta manera para su absorción (Bertsch 1995).

Desde el punto vista de manejo, el nitrógeno es el elemento de mayor importancia. Es un componente importante de la estructura de proteínas y ácidos nucleicos, además participa en la fotosíntesis y la respiración. El potasio regula en contenido de agua dentro de la célula, está ligada a la producción de azúcares (almidones) y su acumulación en el fruto. También es importante en la fotosíntesis

y respiración, además se considera un elemento muy importante en la nutrición del cultivo, razón por la cual se requiere en altas cantidades. Por otra parte el magnesio forma parte de la molécula de clorofila, activador del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e intervine en el transporte de fosfatos. Con respecto al azufre, este elemento está asociado a la formación de la molécula de clorofila y al metabolismo de los carbohidratos. Además forma parte de la estructura de las proteínas, como integrante de aminoácidos como metionina, cistina y cisteína (López *et al.* 2007).

En cuanto a la función del calcio se destaca porque es importante para la formación de la pared celular (pectatos de calcio), participa como activador enzimático, actúa en el proceso de división celular estimulando así el desarrollo de raíces y hojas. El calcio es absorbido por la planta en forma de ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Por su alta densidad de carga neta, le permite unirse a las moléculas de agua hidratándose pero de esta manera se absorbe con más lento que en forma monovalente. Dentro de la planta el movimiento del calcio en la raíz se da primero por vía apoplasto hasta llegar a las células endodermales y cuando los iones de  $\text{Ca}^{+2}$  no pueden superar la barrera física de la endodermis entran entonces a las células por medio de canales que les permiten continuar el trayecto hasta el xilema. Cuando el elemento ya ha sido absorbido por las raíces es transportado hacia las hojas a través vasos xilemáticos gracias a la transpiración de la hojas (Díaz *et al.* 2007).

Las mayores concentraciones de calcio se encuentran en el pecíolo, las hojas y el pseudotallo. Los síntomas de deficiencia en el banano se manifiestan en las hojas más jóvenes, donde se inicia un aumento del espesor de las nervaduras secundarias o laterales, reducción emisión y longitud foliar, ocurre deformación de la hoja y la misma toma un color pardo rojizo el cual culmina en un estado necrótico; las raíces son más cortas, muy ramificadas y más susceptibles a nematodos y ataques fúngicos (Díaz *et al.* 2007).

### 2.13 Microorganismos

La descomposición de la materia orgánica es una tarea de suma importancia para los microorganismos del suelo. No obstante muchos organismos realizan otras labores de gran importancia para el cultivo. Estos organismos necesitan aire, agua, azúcares y una fuente de carbono para su crecimiento acelerado. Las mayorías de los microorganismos se desarrollan especialmente en el horizonte A, lugar donde se aloja la mayoría de las raíces de las plantas. Igualmente los exudados radicales, los cuales están compuestos de azúcares, son utilizados por los microorganismos, razón por la cual la mayoría de ellos se encuentran en la superficie radical (Plaster 1997).

La actividad de estos microorganismos promotores de crecimiento vegetal, se inicia con mecanismos de quimiotaxis, o lo que es equivalente a la atracción de estos microorganismos por sustancias químicas principalmente azúcares que liberan las raíces. Las bacterias capaces de interactuar con las raíces de las plantas, son atraídas por sustancias secretadas por la raíz, que ocasionan el movimiento de la bacteria hacia la periferia de la raíz y de esta forma dar inicio a una relación de beneficio mutuo (Camelo *et al.* 2011).

Las rizobacterias, denominadas también como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, se define como un microorganismo de gran agresividad para colonizar las raíces de las plantas, siendo este proceso de colonización el que desplaza eficientemente a otros organismos del suelo incluyendo los fitopatógenos (Hernández 2004).

La inoculación de planta con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, inducen a la planta a un mayor incremento en los rendimientos agrícolas. Los efectos beneficiosos de las rizobacterias radican en diferentes mecanismos por lo cual ejerce su acción, desencadenando la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, aumento en desarrollo radical, que conlleva a una mayor absorción de agua y nutrientes (Hernández y Heydrich, 2013).

Las rizobacterias poseen la capacidad de producir alteraciones fisiológicas de manera positiva, en donde incrementa las fitoalexinas o defensas naturales de las plantas y por ende incrementa la tolerancia sistémica hacia ciertos fitopatógenos. Esto es debido a que ciertas rizobacterias del género *Pseudomonas* sp y *Bacillus subtilis*, tienen la capacidad de producir antibióticos, sustancias que inhiben el crecimiento y desarrollo de otros microorganismos del suelo, especialmente los fitopatógenos (Hernández 2004).

Se ha comprobado que muchas bacterias entre las cuales se pueden citar *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp, son productoras de la auxina Acido Indol Acético (AIA) y son factores esenciales en la promoción del crecimiento vegetal mediante el estímulo de raíces, tanto laterales como adventicias (Camelo *et al.* 2011).

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

El trabajo se realizó en Finca 9 de Río Frío, la cual se ubica en el distrito de Horquetas, del cantón de Sarapiquí, perteneciente a la provincia de Heredia. Esta empresa pertenece a la transnacional Dole, Standard Fruit Company de Costa Rica. La misma se realizó desde marzo del 2012 y concluyó en marzo 2013.

Localización geográfica de la zona: latitud de 10° 20' 36" N, y longitud 83° 57' 42" O; el lugar se encuentra a una altura de 68 msnm, temperatura promedio durante el año 2012-2013 fue de 25,6°C con una temperatura máxima de 35,2 °C y una temperatura mínima de 16,0 °C. Además durante el mes de marzo del año 2012 y marzo del año 2013, la estación meteorológica ubicada en Río Frío, registró una precipitación acumulada de 4.730 mm, con una húmeda relativa del 90%.

#### **3.2 Tratamientos**

Los tratamientos consistieron en la aplicación de raquis floral (pinzote) picado (Mulch) sin inocular, otro tratamiento inoculado con rizobacterias y un tercer tratamiento testigo, en un área de vigor intermedio con alta frecuencia de síntomas de Mal de Balastro.

El tratamiento con raquis picado e inoculado, contiene dos cepas de *Pseudomonas fluorescens*, dos cepas de *Azotobacter* sp., y cuatro cepas de *Bacillus subtilis*, todas a una concentración de  $1.5 \times 10^8$  UFC/ml, de acuerdo con el fabricante, y un testigo relativo, sin aplicación de "mulch" ni microorganismos.



Para obtener esa concentración se aplicó 5cc de producto comercial diluido en 350cc de agua por planta (1.42%v/v) El pinzote picado fue colocado en un área de un semicírculo de 1 m de radio frente al hijo de sucesión, el cual se convirtió siete meses después en planta productiva a la cual se le midió las variables tanto productivas como vegetativas ya mencionadas.

Se realizaron dos aplicaciones al año de 10 kg cada una de pinzote picado por unidad productiva. Dicha aplicación se realizó siempre al frente del hijo de sucesión. Los tratamientos incluyeron cinco repeticiones, en parcelas de 25 x 25 metros y una parcela para la toma de datos o área efectiva de 20 x 20 metros las cuales contenían entre 55 a 60 plantas. Se tomaron datos pre-tratamiento por al menos un mes antes de iniciar el trabajo, con el objetivo de asegurar que no haya diferencia previa (muestreo de altura, grosor pseudotallo y análisis químico de suelo). Para la variable de peso del racimo se utilizó una romana electrónica “*TRU-TEST*”, la longitud del dedo central de la fila externa en la segunda y última mano, se midió con una cinta métrica plástica flexible y la calibración del dedo central de la fila externa de la segunda y última mano se midió con la ayuda de un calibrador Dial. Además se evaluaron plantas con síntomas de balastro por medio de incidencia y severidad, análisis mineral del pinzote, y mineral de suelo.

Posteriormente se aplicaron los tratamientos en las áreas determinadas, se marcaron los hijos de plantas floreadas y se inició la toma de datos cuando los hijos de sucesión entraron a la etapa de floración, la cual tarda 180 días aproximadamente.

### Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
Bloque 1	T1	T2	T3
Bloque 2	T2	T3	T1
Bloque 3	T2	T1	T3
Bloque 4	T3	T2	T1
Bloque 5	T1	T3	T2

Tratamiento 1. Tratamiento Testigo absoluto.

Tratamiento 2. Aplicación de 10 kg de raquis picado.

Tratamiento 3. Aplicación de 10 kg de raquis picado e inoculado con rizobacterias.

#### 3.2.1 Material experimental

El material experimental que se utilizó fue el cultivar de banano “Gran Nain”. El experimento se llevó a cabo en un área cercana a la planta empacadora de una hectárea de terreno. La densidad de siembra que se utilizó fue de 1.500 plantas ha<sup>-1</sup>. La siembra se encontró bajo una técnica denominada “*Chop Down*”, donde las plantas están sincronizadas de forma natural para que la floración de todas las plantas sea homogénea, teniendo una cosecha programada al final del experimento.

#### 3.2.2 Manejo del experimento

En el transcurso de este trabajo se realizaron todas las prácticas agrícolas requeridas para el buen desarrollo productivo del cultivo, incluyendo protección de la planta (control de nematodos, arvenses, enfermedades y plagas), fertilización edáfica y foliar, aplicación de enmienda con carbonato de calcio, protección de la fruta (embolse, colocación de protectores plásticos, apuntala, deshija, desflore y desmane). Al finalizar la recolección de datos, se procedió nuevamente a realizar

un muestreo tanto de raíz como de suelo, con el fin de determinar los cambios o las variantes que sufrió el suelo y las raíces de las plantas durante el proyecto.

### **3.3 Variables evaluadas**

#### **3.3.1 Variables fisiológicas**

##### **3.3.1.1 Grado de incidencia de Balastro**

Se determinó el grado de incidencia, tomando cada planta ubicada dentro del área útil y visualizando el síntoma. Mediante la metodología según Ruíz (2009), se cuentan las cantidades de hojas que presentan el daño ocasionado por el patógeno o enfermedad, y mediante el cociente entre las plantas dañadas y el total de plantas muestreadas, en términos porcentuales, se obtiene la incidencia:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de hojas infectadas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \times 100$$

##### **3.3.1.2 Grado de severidad de “Balastro”**

En cuanto al grado de severidad de Balastro, se determinó mediante la identificación visual de 25 a 30 plantas situadas dentro del área útil o parcela de datos experimental a tratar. Una vez obtenidas las muestras se clasificaron las hojas según su nivel de área dañada, esto con el fin de determinar a través de la escala de daño, el porcentaje de severidad en las hojas de la planta de banano. Se calculó el porcentaje de grado mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grado } n = \frac{\text{Número de hojas de grado } n}{\text{Total de hojas}} \times 100$$

Donde,

**n= Grado n según la escala de severidad de daño en las hojas.**

El porcentaje de grado obtenido se multiplicó por el grado según la escala de severidad, para luego multiplicarlo por 100, donde según Ruiz (2009), se utilizó el porcentaje de los grados para cada nivel con respecto al total de hojas

evaluadas para obtener un valor de severidad confiable, de acuerdo a la escala de Stover mejorada.

$$\text{Promedio Ponderado de Infección (PPI)} = \sum_{i=1}^4 \left[ \frac{\% \text{ grado} * n}{100} \right]$$

Donde,

**n**= Grado n según la escala de severidad de daño en las hojas

**% Grado** = porcentaje para el grado n

Para ello se utilizaron cuatro estados de severidad, los cuales se detallan a continuación<sup>5</sup>.

**Estado 0.** Normal. No hay síntomas visibles en las hojas, las cuales se miran completamente verdes y sanas.

**Estado 1.** Los síntomas iniciales son líneas amarillas y anaranjadas perpendiculares a la vena central.



**Estado 2.** Moderado. Se observan áreas extensas con líneas amarillas y anaranjadas y manchas necróticas.



**Estado 3.** Severo. Las líneas amarillas anaranjadas se convierten en áreas necróticas rodeadas de parches anaranjados.



<sup>5</sup> Campos, R. Revisión escala síntoma del Mal de Balastro. Río Frío, CR. Dpto. Investigación, Dole, Standard Fruit Co. Comunicación personal.

### 3.3.1.3 Biomasa radicular e infestación de nematodos

Al momento de la floración de la planta madre y a la floración del hijo de sucesión, se tomó una muestra compuesta de cuatro plantas ubicadas al azar dentro de la parcela de toma de datos. La muestra se tomó a 15 cm frente al hijo de sucesión, en este punto de muestreo se extrajo un cubo de 13 cm de ancho x 26 cm de largo x 30 cm de profundidad. Se tamizó la muestra para obtener todo el sistema radicular. Posteriormente las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Nematología de Standard Fruit Co. con el fin de determinarle el porcentaje de raíz viva y muerta y la cantidad de nematodos patogénicos en banano (*Radopholus similis* principalmente).

El procedimiento en el laboratorio para determinar nematodos es el siguiente:

- a. Se tomó una muestra de raíz viva lavada, se cortaron en trozos de 1 cm para luego colocar en bolsas plástica
- b. Se extrajeron 25 gramos, los cuales fueron pesados en una balanza de precisión
- c. Se depositó la mezcla en una licuadora con 150 ml de agua y se licúa a alta velocidad por 10 segundos, se detuvo y se licúa nuevamente por 10 segundos más a una mayor velocidad
- d. Posteriormente se hizo pasar la suspensión por una serie de tamices montados de arriba a abajo en el siguiente orden: 40mesh, 100 mesh, 400 mesh.
- e. Sobre el primer tamiz de arriba se lavó con agua en aspersion suave, luego se desmonta y se descarta el sobrante. Se repitió el proceso con el tamiz siguiente. Todo el sobrante que quedó en el último tamiz, se lavó y se recogió en un beaker de 250 ml.
- f. Se aforó hasta un volumen de 250 ml.
- g. Se agitó bien el contenido para poner los nematodos en suspensión mediante el uso del oxigenador.

- h. Del beaker de 250ml, se extrajo con una pipeta una alícuota, la cual se introdujo en una cámara de vidrio acrílico con un volumen de 2ml. Se colocó un vidrio cubre objetos evitando la formación de burbujas que dificulten la observación.
- i. Seguidamente se colocó en el microscopio y se contaron los nematodos de cada tipo presentes (aumento de 40X).
- j. Una vez que se determinó el número de nematodos de cada tipo se multiplicó cada especie por el factor de 500 y de esta manera se obtiene la población de nematodos por cada 100 gramos de raíz.

El procedimiento en el laboratorio para determinar porcentaje raíz funcional, es el siguiente:

- a. Se tomó una muestra de raíz proveniente del campo y se lavaron con el fin de eliminar partículas de tierra.
- b. Posteriormente con la ayuda de un estereoscopio, se detectaron raíces muertas o sección de tejido dañado, las cuales fueron cortadas con la ayuda de un bisturí.
- c. Posteriormente se procedió a pesar las raíces funcionales como las raíces muertas.
- d. Finalmente se procedió a dividir el peso de las raíces vivas, entre el peso total de la muestra inicial con el fin de obtener el porcentaje de raíz funcional.
- e. De la misma manera, se pesó las raíces muertas y se dividió este peso entre el peso total de la muestra inicial, esto para obtener el porcentaje de raíz muerta.

### **3.3.2 Variables agronómicas**

#### **3.3.2.1 Altura de la planta madre**

Se midió la altura de la planta al momento de la floración desde la base del corno hasta la base de la emisión foliar de la última hoja.

#### **3.3.2.2 Grosor de la planta madre**

De forma paralela, al momento de la floración se midió el diámetro de las plantas evaluadas. Esta medición se realizó a una altura de un metro de la base del corno.

### **3.3.3 Análisis químico de suelo**

Se realizó un análisis químico al suelo al final de ensayo, con el objetivo de determinar el cambio de dichas características al finalizar el trabajo de investigación. Para ello se extrajo a una profundidad de 20 cm y mediante un barreno Hoeffler, cinco muestras por cada área útil de cada tratamiento y posteriormente se mezclaron y cuartearon para obtener una muestra compuesta por cada tratamiento. Posteriormente se depositó en bolsas plásticas debidamente rotulado para finalmente trasladarlo al laboratorio.

### **3.3.4 Componentes de rendimiento**

#### **3.3.4.1 Peso del racimo**

Al momento de que el racimo cumplió las semanas de edad fisiológica óptimas para ser cosechada (once a catorce semanas después del embolse) y con la ayuda de un calibrador Dial, se midió el grosor del dedo central de la fila

externa de la segunda mano, el cual deberá ser de 45 grados (1/32"). Se cosechó el racimo y se transportó hacia la planta empacadora, en donde se tomó el dato de peso en libras del racimo cosechado con una romana electrónica.

#### **3.3.4.2 Grosor y longitud del dedo central de la segunda mano del racimo**

Al momento de la cosecha se midió el grosor del dedo de la última y segunda mano de la fila externa, mediante un calibrador Dial. Esta medida se efectuó cuando el racimo alcanzó once a catorce semanas de edad como máximo.

De igual manera, al momento de medir la calibración del dedo, se midió la longitud en centímetros del dedo central de la fila externa de la mano mediante una cinta plástica flexible. La misma se realizó en la segunda y en la última mano en sentido descendente.

#### **3.3.4.3 Cantidad de manos del racimo de banano**

Posterior al embolse del racimo, se contaron tanto las manos originales y las eliminadas en el desmane, con el fin de obtener el total de manos del racimo.

### **3.4 Modelo estadístico**

Se utilizó un diseño experimental Bloques Completamente al Azar con cinco repeticiones. Las unidades experimentales tuvieron una dimensión de 30 m x 30 m, y para la toma de datos, se designó un área útil o efectiva de 20 m x 20 m.

En el diseño experimental es representado por el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + L_i + \epsilon_{ij} + \lambda_{ijk}$$



**Dónde:**

$Y_{ij}$  = Variable dependiente (observación)

$\mu$  = Media de la población

$\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$L_i$  = Efecto de la i-ésima del uso pinzote picado

$\varepsilon_{ij}$  = Error Experimental

$\lambda_{ijk}$  = Error de muestreo

### **3.5 Análisis de datos**

Previo al análisis de varianza, mediante el programa Software Estadístico **InfoStat**, versión 2008, se realizó una prueba de Shapiro-Wilks para determinar la normalidad de los datos. Posteriormente se realizó un análisis de varianza y se determinaron diferencias estadísticas (p-valor <0,05) entre los tratamientos, mediante prueba de media de Tukey.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se encontró que todas las variables cumplían el supuesto de normalidad ( $p$ -valor  $\geq 0,05$ ).

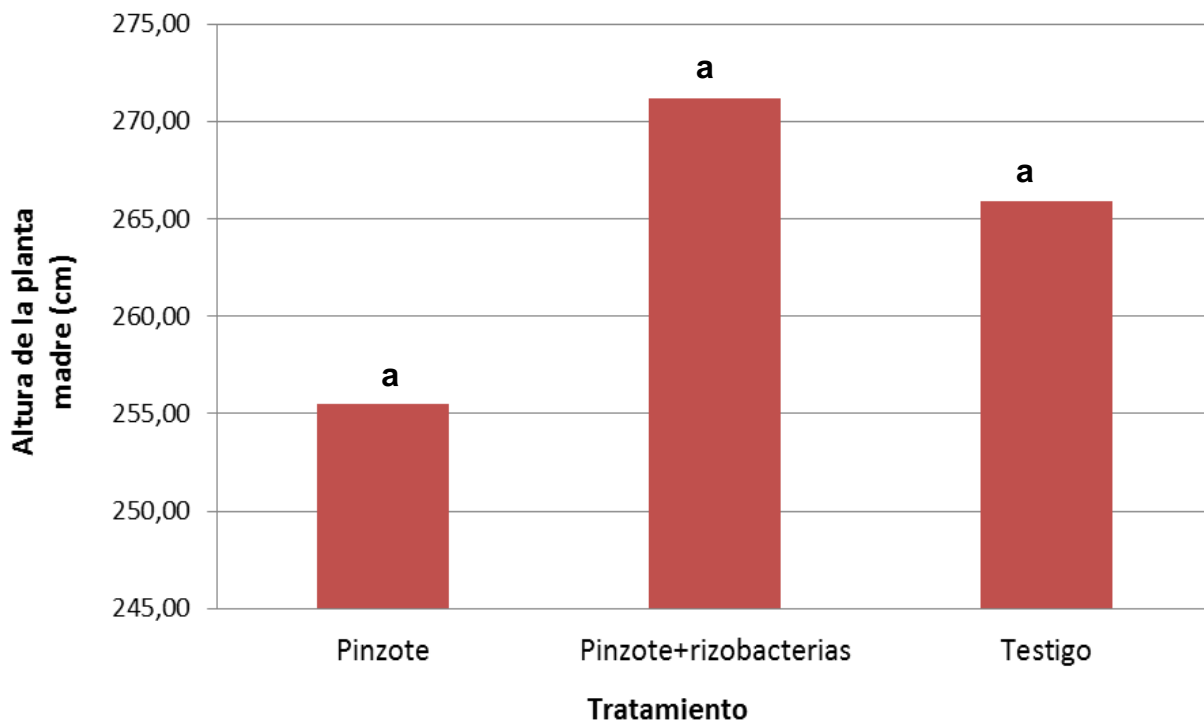
### **4.1. Variables vegetativas**

#### **4.1.1 Altura de planta**

Según el análisis estadístico aplicado a la variable de altura de planta al momento de la cosecha, arrojó que no existen diferencias significativas debido a que su  $p$ -valor fue de 0,2739 entre tratamientos.

No hubo diferencias estadísticas, la misma fue superior en el tratamiento donde se aplicó pinzote enriquecido con rizobacterias (271,20cm), en comparación al tratamiento testigo (265,92 cm) y tratamiento con pinzote picado (255,48 cm).

A pesar que en la literatura se dice que la materia orgánica y las rizobacterias ayudan a incrementar el tamaño de la planta, por condiciones del tiempo ya sea de exposición o bien de la acelerada descomposición de la materia orgánica, no se produjeron estadísticamente los resultados deseados como bien se observa en la Figura 1.



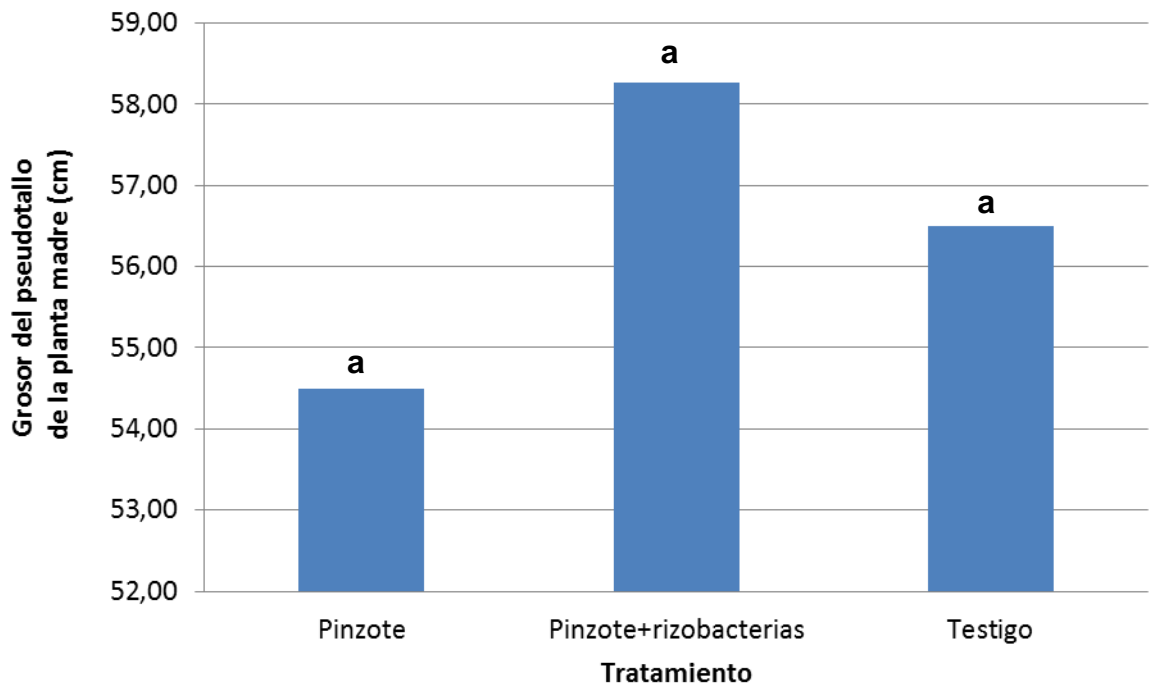
**Figura 1** Comportamiento de la altura de la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo 2013

#### 4.1.2 Grosor del pseudotallo

Con respecto al grosor de la planta (Figura 2), el tratamiento que reflejó un mayor grosor fue pinzote + rizobacterias, en donde obtuvo un grosor de 58,26 cm, en comparación al tratamiento testigo (56,50cm). El tratamiento con menor altura fue el tratamiento que solo tenía pinzote, con 54,50cm de altura.

Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,4423), el aumento de grosor en el tratamiento con pinzote + rizobacterias, se pudo deber a que, como lo menciona Kass (1998), el humus proporciona una fuente rica en azúcares y carbono, las cuales son fuente de energía para los rizobacterias aplicadas, las cuales ayudaron a la formación de raíces en estas plantas y por ende la capacidad de mayor absorción de nutrientes del suelo. Se espera que aplicaciones más frecuentes o en forma continua por al menos dos

ciclos de cultivo, vayan produciendo el efecto descrito en forma paulatina y sostenible en el tiempo.

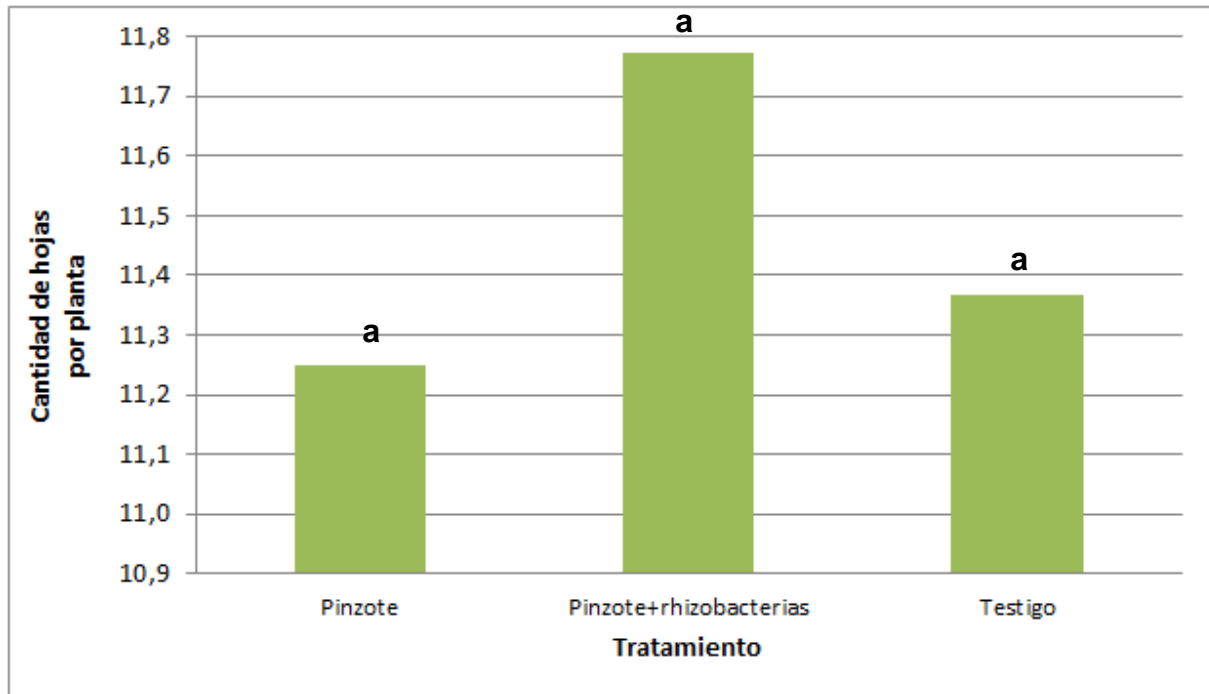


**Figura 2.** Comportamiento de la circunferencia de la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo 2013.

#### 4.1.3 Cantidad de hojas por planta

Como bien lo indica Soto (1992), las hojas poseen una disposición tal, en donde éstas forman una especie de embudo captando y dirigiendo toda el agua de precipitación por medio del pseudotallo como un bajante, provocando erosión del suelo y el arrastre de nutrientes. Estadísticamente no existe diferencias ( $p$ -valor= 0,1937) entre los tratamientos aplicados. Sin embargo, el tratamiento de pinzote picado + rizobacterias fue el que obtuvo la mayor cantidad de hojas la cual fue de aproximadamente 11,74 como se observa en la Figura 3. Esta diferencia mínima podría contribuir en una mayor fotosíntesis, con lo que se podría incrementar la capacidad de producción de azúcares, energía y almidones para poder llenar el racimo de banano.

Por otra parte, esta variable, es de gran importancia al momento de la cosecha, ya que bajo condiciones de infestación por Sigatoka Negra, se persigue el objetivo de cosechar como mínimo con cinco hojas sanas y evitar la producción de etileno y por ende la maduración de forma prematura del racimo de banano<sup>5</sup>.



**Figura 3.** Cantidad de hojas en la planta de banano al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

## 4.2. Variables productivas

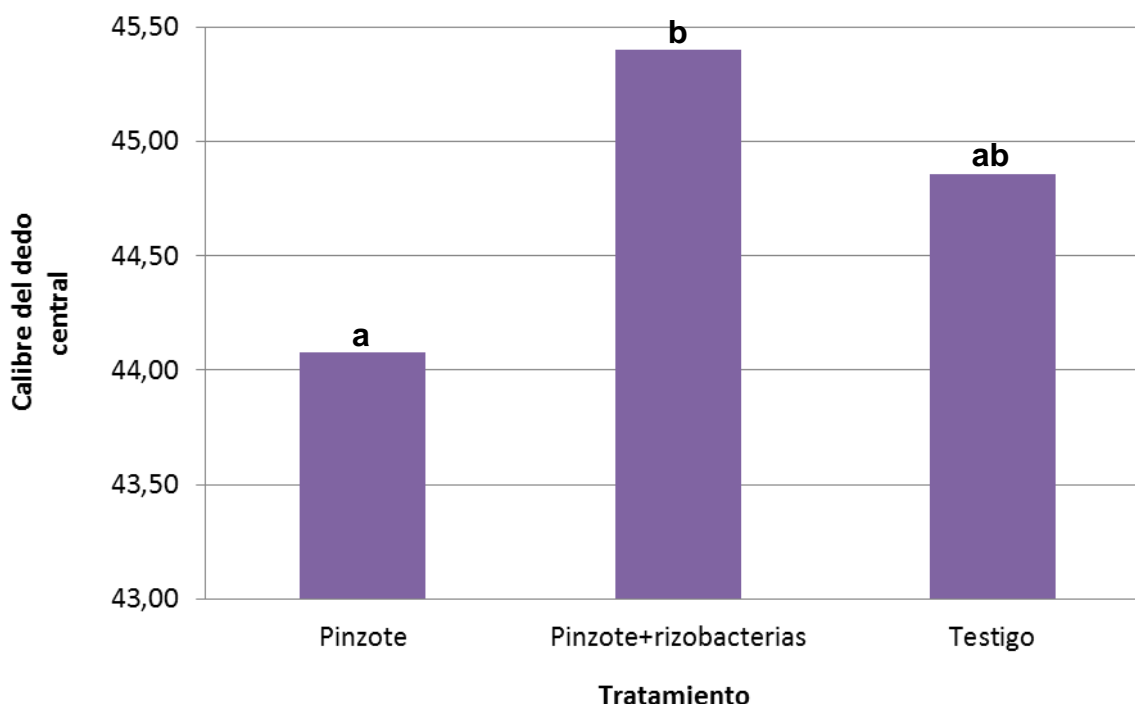
### 4.2.1 Calibración del dedo central

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor= 0,0242) entre los tratamientos para la variable calibración del dedo central. El tratamiento que posee un valor por encima de 45 grados es el tratamiento de pinzote + rizobacterias. Los demás tratamientos tanto el testigo como el tratamiento pinzote picado, estuvieron por debajo de los 45 grados óptimos de cosecha.

Aunque el tratamiento testigo fue superior al tratamiento con pinzote pero no estadísticamente, esta diferencia se pudo haber dado por motivo a que la descomposición del pinzote picado o su colonización por poblaciones nativas de microorganismos requerían un tiempo mayor al definido en este trabajo de tesis.

Este resultado parece indicar que las rizobacterias tuvieron un efecto positivo, en donde solo el tratamiento que se inoculó con bacteria, está por encima del grado óptimo a cosechar. Importante mencionar que la edad fisiológica máxima a cosecha es de 14 semanas posterior a la floración, razón por la cual si no logra una calibración permitida por el mercado al concluir las 14 semanas, no se podrá dejar la planta en el campo hasta que alcance el grosor ideal y se deberá proceder a cosechar el racimo ya sea para su comercialización o bien para su eliminación de la planta madre, esto según sea el procedimiento de la compañía en ese momento.

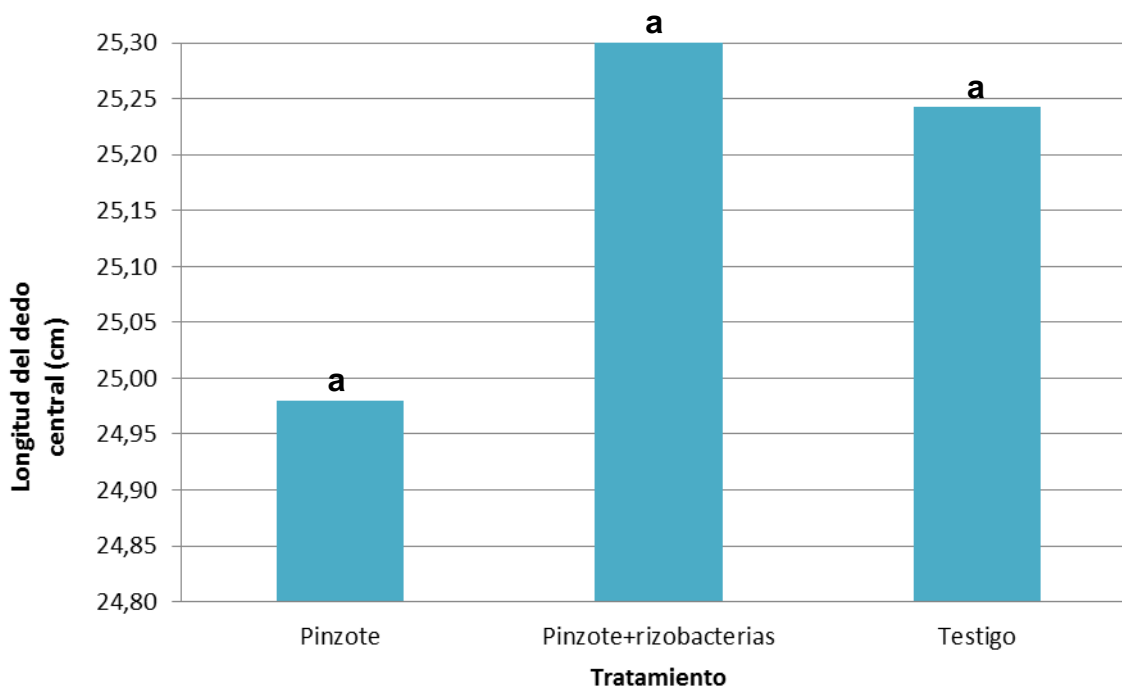
Es importante mencionar la correlación que existe entre la calibración del dedo central y el peso del racimo, en donde por cada grado de diferencia, el racimo gana 1,7kg de peso. Esto significa que el tratamiento pinzote + rizobacterias estaría ganando un grado de grosor en comparación con el tratamiento de solo pinzote y 0,4 grados de grosor en comparación al tratamiento testigo, a la misma edad de cosecha.



**Figura 4.** Calibre del dedo central de la segunda mano del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013

#### 4.2.2 Longitud del dedo

En cuanto a la longitud del dedo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados ( $p$ -valor= 0,1589). Se puede observar en la Figura 5, como todos los promedios de longitud dedos se encuentran cercanos al valor de 25 centímetros de pulpa a pulpa. La ganancia de largo de dedo no resultó positiva para este caso, ya que esta variable según Soto (1992), se refleja más cuando la plantación tiene problemas de exceso hídrico o bien cuando se presenta un suelo compactado con muy poca conductividad hidráulica. Bajo estas condiciones se presentan dedos cortos y disminución del crecimiento vegetativo de la planta de banano.



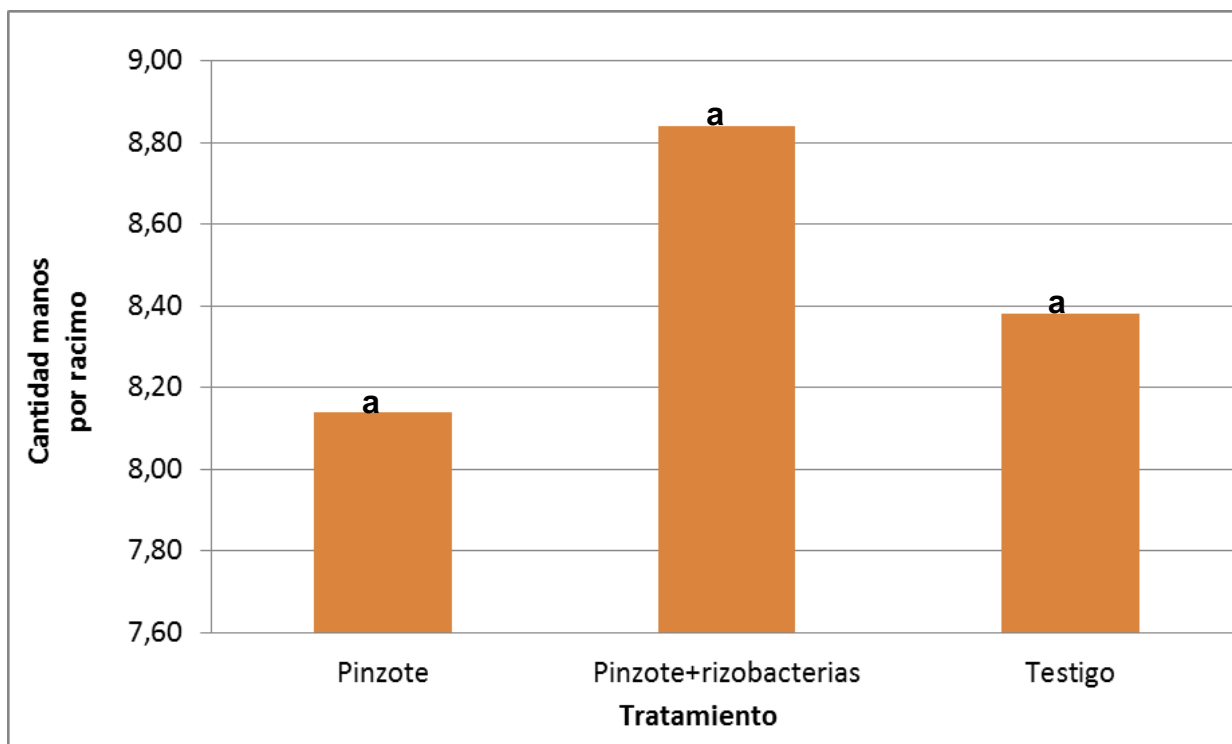
**Figura 5.** Longitud del dedo central de la segunda mano del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

#### 4.2.3 Número de manos

Con respecto al número de manos, según la Figura 6, el tratamiento que obtuvo la mayor media fue el de pinzote picado + rizobacterias. Este promedio fue de 8,84 manos/racimo. Sin embargo según el análisis estadístico correspondiente a la prueba de Tukey, no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, ya que su p-valor fue de 0,2390. Sin embargo, esta leve diferencia de número de manos entre los tratamientos, puede contribuir positivamente en el peso del racimo, ya que al obtener mayor promedio de manos, vamos a obtener mayor número de dedos por racimo, que al final nos dará un mayor peso del racimo cosechado y por ende un mejor ratio del racimo.

Es importante mencionar que una diferencia de 0,6 manos, aunque no sea estadísticamente significativa representa al menos 1,5 kg (equivale a 185 cajas/ha adicionales). Esto indica que hay que aumentar la frecuencia o mantener en el tiempo el tratamiento de pinzote + rizobacterias.





**Figura 6.** Cantidad de manos originales por racimo cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013

#### 4.2.4 **Peso del racimo de banano**

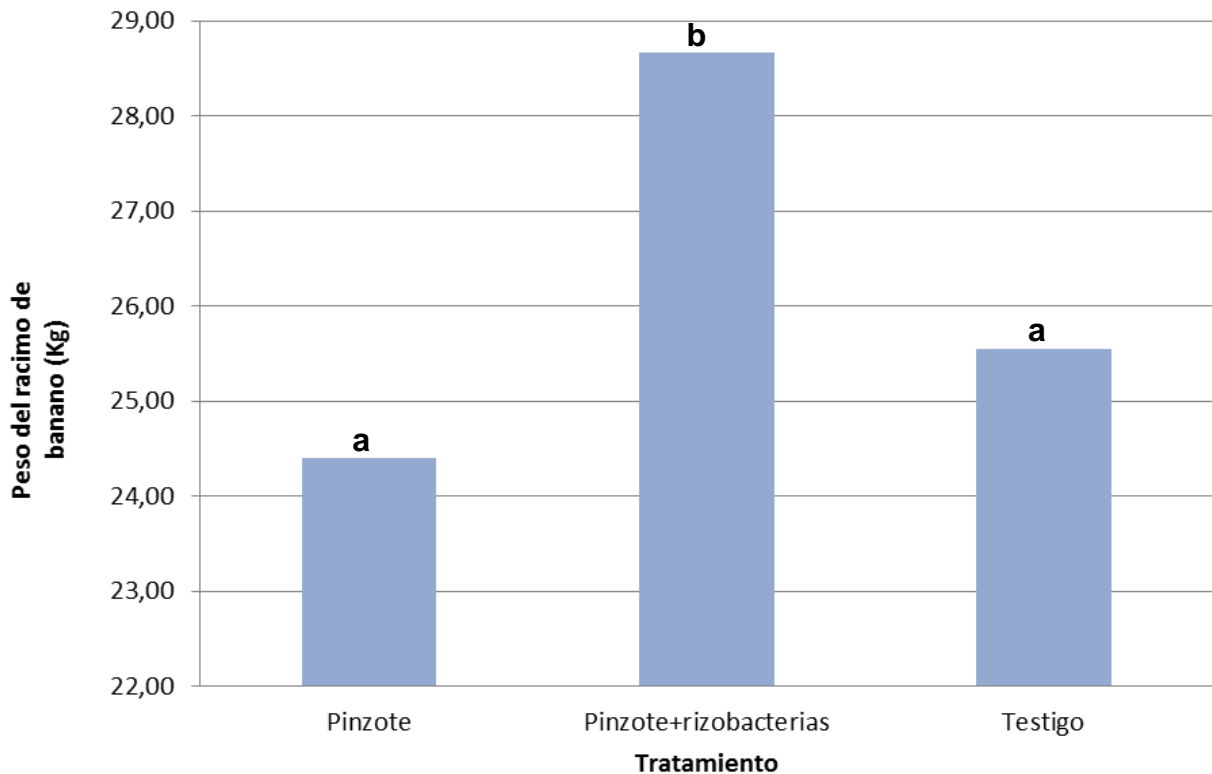
Esta variable es una de las más importantes a evaluar, ya que todas las fincas se miden por su productividad mediante el ratio o relación caja/racimo, la cual depende del peso, ya que bajo condiciones óptimas de manejo se puede asegurar que a mayor peso, mayor ratio y viceversa.

En la Figura 7, se puede observar que existe diferencia estadísticamente significativa ( $p$ -valor=0,0054) entre el tratamiento pinzote+rizobacterias con un peso de 28,66kg por racimo, respecto a los tratamientos pinzote picado con 24,40kg y testigo con 25,54kg. El tratamiento con mayor peso (28,66 kg) fue el de pinzote + rizobacterias. Esto se pudo haber dado debido a lo expuesto por Camelo (2011), quien indica que las rizobacterias, ejercen un efecto de estimulación radicular, logrando así la formación de mayor número de pelos radicales y por ende mayor absorción de nutrimentos. Además según Hernández

(2004), estas rizobacterias poseen la capacidad de sintetizar fitohormonas, ácido indol acético (AIA) y fitoalexinas que ayudan a combatir los microorganismos fitopatógenos. Las auxinas son responsables de la diferenciación vascular, promotora del crecimiento vegetativo y principalmente desarrollo radicular incluyendo pelos radicales o absorbentes, por lo tanto su incremento debe aumentar la absorción de nutrientes y la acumulación de biomasa.

En cuanto a la absorción de nutrientes, se puede mencionar que la misma se ve favorecida cuando el suelo posee condiciones de humedad óptimas, las cuales se pueden obtener con la aplicación de pinzote picado, como es este caso. Al favorecerse la absorción de nutrientes, se puede obtener mayor peso y vigor de la planta. Como lo menciona Plaster (1997), la humedad en el suelo es de mucha importancia para la planta, ya que esa humedad ayuda a reponer la pérdida hídrica por transpiración que sufren los cultivos, en donde además de hidratar, esta agua transporta los nutrientes dentro del sistema vascular, los cuales inicialmente se encuentran disueltos en el suelo, y se mueven hacia la raíz a través del agua contenida en el suelo. Al haber una humedad en el suelo, los iones pueden ser absorbidos con mayor facilidad por medio de los pelos radicales, los cuales para diferentes tipos de nutrientes utilizan diferentes mecanismos de absorción, como lo son flujo de masas, intercepción radicular y osmosis (Bertsch 1995).

Es importante mencionar que el efecto de la materia orgánica es acumulativo y que su respuesta es de mediano a largo plazo, ya que en este caso solo se evaluó el efecto de dos aplicaciones durante un año de tratamiento. Aunque el tratamiento testigo sea levemente superior al tratamiento con pinzote picado únicamente, es posible si se continua con esta práctica a través del tiempo se manifieste la interacción positiva del pinzote picado cuando se enriquece con microorganismo nativos, incluyendo las rizobacterias. Por lo tanto es necesario extender el experimento por más tiempo para que manifiesten toda su expresión.



**Figura 7.** Peso del racimo de banano cosechado. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

### 4.3 Sistema radical

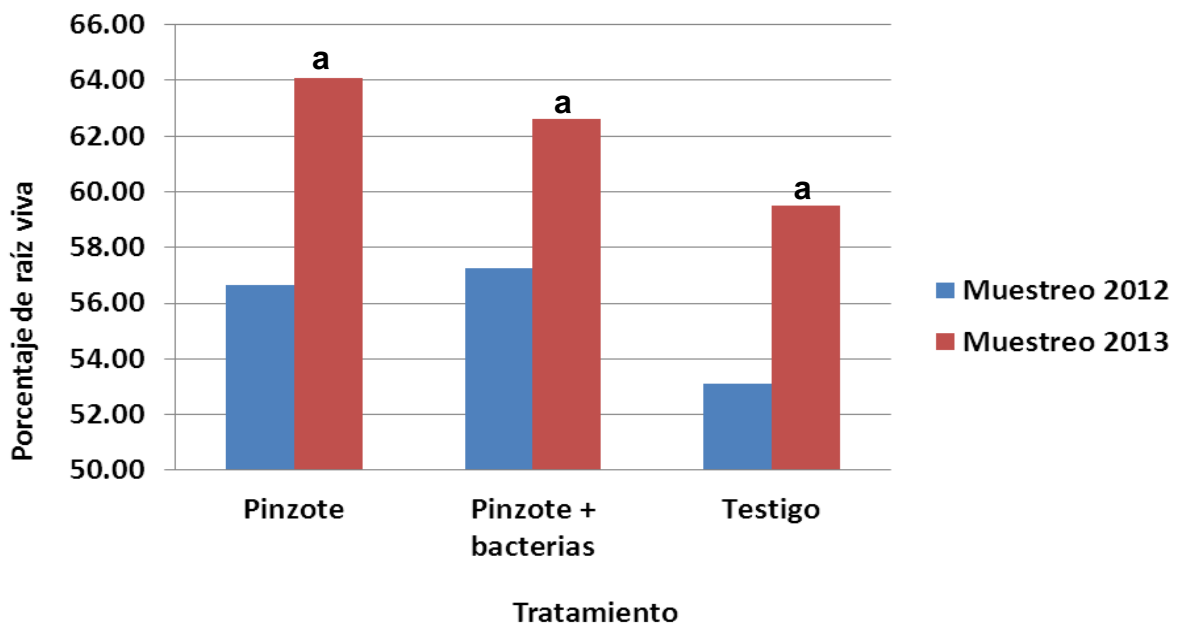
Como lo menciona Soto (1992), las raíces se tornan más delgadas con forme se alargan, con el objetivo de buscar más nutrientes. En tal sentido al influir las bacterias en el aumento de la cantidad de pelos radicales, podría suscitarse un incremento en la absorción de iones o nutrientes disueltos en la solución del suelo. En este caso no hubo diferencias estadísticas significativas ( $p$ -valor= 0,8144) entre los tratamientos, a pesar de eso el tratamiento con pinzote y el tratamiento con pinzote + bacterias tuvieron el mejor porcentaje de raíz viva al finalizar el ensayo con 64,08% y 62,60% respectivamente, como lo muestra la Figura 8.

Probablemente al poseer una capa de materia orgánica que proteja la zona o banda de raíz ante la erosión hídrica, la evaporación excesiva, y al mantener una humedad mayor que la de una suelo desnudo, podría haber mayor cantidad de

raíces, que al final se traducirá en mejor absorción, mejor anclaje de la planta y por ende mayor producción.

Por razones del tiempo de exposición de la materia orgánica en el suelo, quizás no fue posible obtener mayor diferencias entre tratamientos. Sin embargo la tendencia en esta variable, fue que los tratamientos con pinzote picado superaran al tratamiento testigo.

Es importante mencionar que la empresa DOLE va a seguir este ensayo por un lapso de dos años más, con el fin de garantizar el efecto tanto de las rizobacterias como del pinzote picado al suelo, sobre las raíces y la incidencia del “Mal de Balastro”.

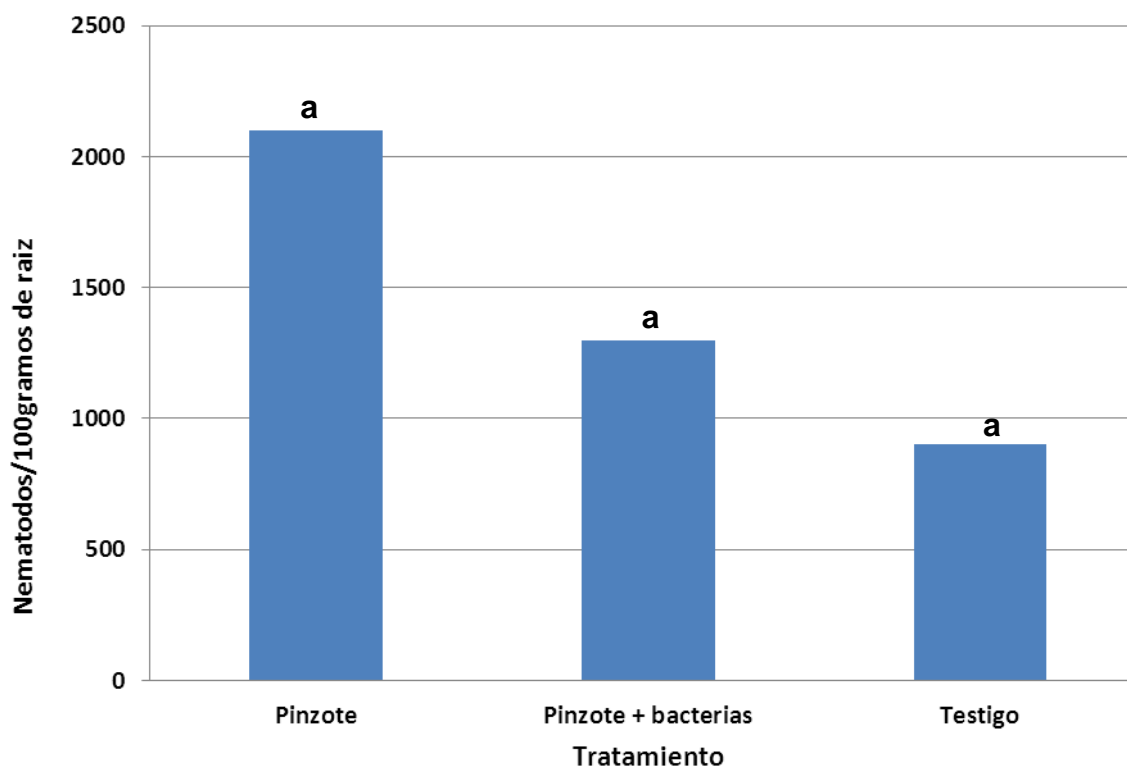


**Figura 8.** Porcentaje de raíces vivas, según tratamientos en los años 2012 y 2013. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

#### 4.4 Nematodos totales

Según Anexo 3 A, el coeficiente de variación de esta variable es de 99,86, lo cual indica que existe un efecto que no es propio del tratamiento, ya que

situaciones como suelo, clima, inclusive la misma aplicación de nematicidas durante el tiempo del ensayo, pudieron haber influido sobre esta variable. Además la población de nematodos por cada 100 gramos de raíz, se encuentra por debajo del umbral, que la empresa “DOLE” maneja (entre 5.000-6.000 nematodos/100gr raíz). Es por esta razón que no se consideró como un resultado contundente de esta variable, además tenemos valores donde el testigo posee la menor cantidad de nematodos por cada 100 gramos de raíz.



**Figura 9.** Cantidad de nematodos “*Radopholus similis*” por cada 100 gramos de raíz. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

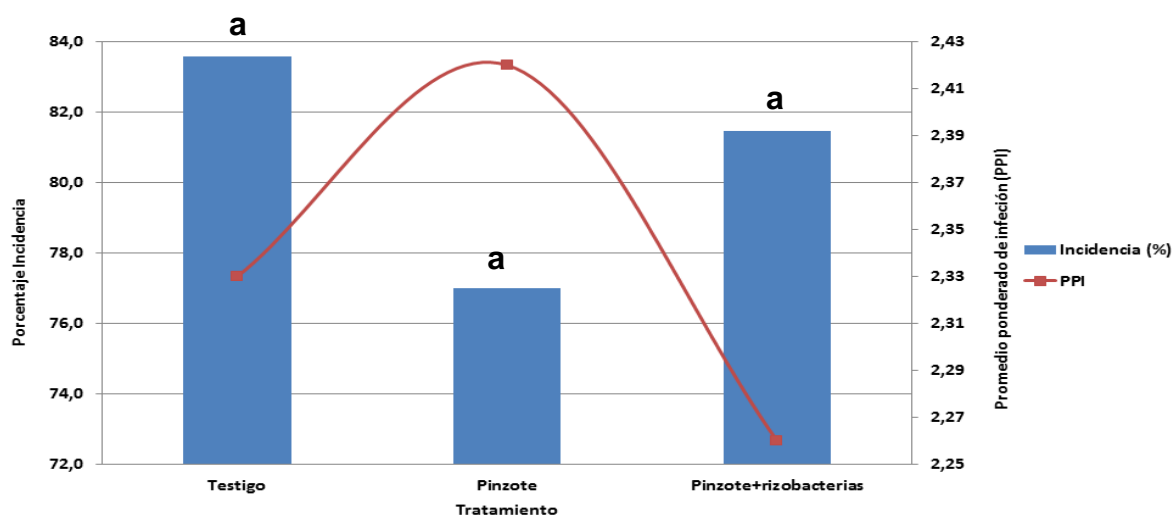
#### 4.5 Incidencia y severidad del “Mal de Balastro”

En cuanto al porcentaje de incidencia y severidad del Mal de Balastro, según la prueba de medias de Tukey (Anexo A3), no existen diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo como se muestra en la Figura 10, el tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de incidencia fue pinzote picado, seguido de pinzote picado + rizobacterias y por último el tratamiento testigo.

Por otra parte, según la Figura 10 el tratamiento que obtuvo el menor promedio ponderado de infección (PPI), fue pinzote + rizobacterias, seguido por el tratamiento testigo y por último el tratamiento pinzote picado.

Queda reflejado, el efecto positivo del pinzote picado sobre el porcentaje de incidencia del “Mal de Balastro”, y el efecto de la aplicación de rizobacterias al suelo sobre el promedio ponderado de infección.

Es importante mencionar, que aunque el tratamiento pinzote picado fuera superior en el porcentaje de incidencia al tratamiento pinzote picado+rizobacteria, desde punto de vista del promedio ponderado de infección (PPI) este último se comporta mejor porque las hojas tienen menor nivel de infestación.



**Figura 10.** Incidencia y severidad del “Mal de Balastro”, al momento de la floración. Río Frío, Sarapiquí. Mayo del 2013.

## 5. CONCLUSIONES

1. Se encontró que las medias más altas de las variables estudiadas, la obtuvo el tratamiento pinzote + rizobacterias, lo cual indica que no es solo la incorporación de materia orgánica sino proveer las condiciones para que una microbiología benéfica la pueda procesar rápidamente. En este sentido la escogencia de dicha microbiología es un factor a investigar.
2. Con respecto al porcentaje de raíz viva, el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento con solo pinzote picado el cual fue de 64,08%, seguido del tratamiento con pinzote picado enriquecido con bacterias el cual fue de 62,60%.
3. El promedio de manos fue muy similar para los tres tratamientos. Sin embargo el tratamiento que reflejó el mejor promedio fue pinzote enriquecido con bacterias con un promedio de manos de 8,84 respecto a 8,14 y 8,38 manos de pinzote picado y el testigo, respetivamente.
4. En cuanto al peso, hubo diferencias significativas ( $p$ -valor= 0,0054), en donde el tratamiento con pinzote + rizobacterias, fue estadísticamente superior a los demás tratamientos.
5. Con respecto al calibre de dedos, se reflejó diferencias significativas ( $p$ -valor= 0,0242), en donde el tratamiento de pinzote + rizobacterias fue superior el de pinzote picado, pero igual al testigo.
6. No hubo diferencias significativas con respecto a la incidencia y severidad del Mal de Balastro ( $p$ -valor= 0,70 y 0,97 respectivamente).
7. El promedio ponderado de infección, fue menor en el tratamiento pinzote picado + rizobacterias y el porcentaje de incidencia fue mayor en el tratamiento testigo y menor en el tratamiento pinzote picado.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Determinar si el acarreo de este desecho podría contribuir negativamente a la diseminación de plagas o enfermedades.
- Seguir el ensayo por más tiempo, con el fin de observar respuestas a largo plazo.



## 7. LITERATURA CONSULTADA

Araya, F. 2010. Producción y Caracterización de Bioles para su uso en el cultivo de banano (*Musa sp*), Río Frío, Sarapiquí, Heredia. Tesis Lic. Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos. 125p.

Arias, A. 2007. Suelos Tropicales. EUNED. San José, CR. 188p.

Arias, P; Dankers, C; Liu, P; Pilkauska, P. 2004. LA ECONOMIA DEL MUNDIAL DEL BANANO (en línea). Consultado el 14 de febrero de 2012. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf>

Barquero, A. 2010. Respuesta de la fertilización al suelo en el crecimiento y rendimiento de la primera generación del cultivo de plátano (*Musa AAB*) en la zona de San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos. 87p.

Bertsch, F.1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS. San José, C.R. 157p.

Camelo, M; Vera, S; Bonilla, R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (en línea). Ciencia y Tecnología Agropecuaria No. 12. Consultado 20 mayo. 2013. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/RevistaCorpoicavol12-2Cap08.pdf>

Chinchilla, E; Forastieri, V; Rojas, D. 2004. Estudio del proceso de trabajo y operaciones, perfil de riesgos y exigencias laborales en el cultivo y empaque del banano. Safe work. No. 5: 10-11.

Corporación Bananera Nacional, CR. 2009. Estadísticas de exportación de banano (en línea). San José, CR. Consultado 14 febrero 2012. Disponible en: <http://www.corbana.co.cr>

Díaz, A; Cayón, G; Mira, J. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. *Agronomía Colombiana* 25(2). 8p

González, H; Valle, M. 2011. Determinación de la diferenciación floral en plantas de banano (*Musa AAA*) de cuarta generación, en los cvs `Grande Naine`, `Valery` y `Williams 68(12).

Hernández, A; Heydrich, M. 2013. Estudios fisiológicos-bioquímicos con cepas de rizobacterias promisorias para la biofertilización del maíz (en línea). *Cultivos Tropicales* no. 19. Consultado el 20 de abril del 2013. Disponible en <http://bivia.inca.edu.cu/document/pd/09498101.pdf>

Hernández, L. 2004. Rizobacterias y hongos micorrizicos como agentes de control biológico del Damping-Off en plántulas de *Carica papaya* L. Mag. sc. Universidad de Colima (en línea). Consultado el 20 de abril del 2013. Disponible en [http://digeset.ucof.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/HERNANDEZ\\_MONTIEL\\_LUIS\\_GUILLERMO.pdf](http://digeset.ucof.mx/tesis_posgrado/Pdf/HERNANDEZ_MONTIEL_LUIS_GUILLERMO.pdf)

InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Ed. Brujas, Argentina. 334p.

Kass, D. 1998. Fertilidad de suelos. Editorial EUNED. San José, CR. 272p.

López, A; Ortiz, R; Ponchner, A; Segura, A. 2007. El cultivo del Banano. EUNED. San José, CR. 186p.

Plaster, E. 1997. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Editorial Parafino. Madrid, España. 419p.

Rodríguez, D. 2008. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de Ácido Indobutírico (AIB) en el crecimiento y desarrollo de plantas micropropagadas de banano AAA cv. "gran enano" en las etapas de invernadero y vivero. Tesis Lic. Agr. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos 86p.

Ruíz, J. 2009. Determinación preliminar de los factores agronómicos causales de la necrosis de las brácteas de *Dracaena deremensis* Engler en los viveros de enraizamiento de *Dracaenas* de Altura S.A. Tesis Lic. Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos. 102p.

Serrano, E; Segura, R. 2005. Efecto de la aplicación de remanentes picados frescos del proceso de empaque del banano sobre las condiciones químicas y microbiológicas del suelo y la productividad del cultivo del banano (*Musa* AAA cv. Grande Naine) 31(58):65-67.

Soto, M. 1992. Banano cultivo y comercialización. 2ed. LIL. San José, CR. 790p.

Umaña, Y. 2005. Efecto de las condiciones de drenaje sobre el comportamiento y producción de banano (III fase). Tesis Lic. Agronomía. EARTH. 68p

## 8. ANEXO A

**Cuadro A 1** Prueba de Shapiro-Wilks para comprobar normalidad de las variables de respuestas evaluadas

Variable	n	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO_Circunferencia planta	15	3,34	0,92	0,3896
RDUO_Altura planta madre	15	10,93	<b>0,91</b>	0,2553
RDUO_Hojas de la planta	15	0,33	0,92	0,3817
RDUO_Calib 2da mano	15	0,45	0,9	0,2035
RDUO_Largo dedo 2da mano	15	0,2	0,9	0,1977
RDUO_Manos por racimo	15	0,46	0,96	0,8309
RDUO_Peso del racimo (Kg)	15	1,13	0,88	0,1015
RDUO_% Raíz viva	15	8,66	0,9	0,1752
RDUO_Nematodos/100grs raíz	15	2465,48	<b>0,87</b>	<b>0,0658</b>
RDUO_Severidad (PPI)	14	0,95	0,89	0,1694
RDUO_Incidencia (%)	14	10,94	0,93	0,527

**Cuadro A 2** Resultado de las diferencias mínima significativa de las variables en estudio, mediante la prueba de Tukey y la prueba de supuesto de Levene

Descripción	Circunferencia planta madre	Altura de planta	Cantidad hojas/planta	Calib 2da mano	Largo dedo 2da mano	Manos por racimo	Peso del racimo (Kg)	Porcentaje de raíz viva	Nematodos / 100 gr raíz	Porcentaje incidencia	Porcentaje Severidad
CV	7,84	5,47	3,85	1,34	1,05	7,17	5,73	18,47	99,86	14,78	44,43
gol del error	8	8	8	8	8	8	8	8	12	11	11
CM error	19,56	209,23	0,19	0,36	0,26	0,37	2,25	131,37		141,43	1,08
p-valor	0,4423	0,2739	0,1937	0,0242	0,1589	0,239	0,0054	0,8144	0,7473	0,7017	0,9705
Pinzote	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pinzote+ rizobacterias	A	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A
Testigo	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A	A
Prueba Levene (p-valor)	0,2589	0,6107	0,9698	0,9096	0,8886	0,4371	0,6634	0,7087	0,3489	0,5677	0,5587

## 9. ANEXO B.



**Figura B 1.** Muestreo raíces.



**Figura B 2.** Aplicación del Mulch enriquecido con Rizobacterias

## 10. ANEXO C

**Cuadro C 1** Resultado químicos de la materia seca del pinzote de banano. Corbana 2010

gr Kg <sup>-1</sup>						mg Kg <sup>-1</sup>					
N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Na
17,53	2,66	124,75	3,53	1,71	2,75	114,81	235,73	47,18	5,21	20,09	41,64

**Cuadro C 2** Resultado químico del análisis de suelo, al finalizar el ensayo. Marzo 2013.

Tratamiento	pH	cmol/kg	ds/m	cmol/kg				mg/kg						
		Al H	Ce	Ca	Mg	K	Na	P	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
Testigo	5.48	0.42	1.51	8.59	3.95	1.00	0.05	43.51	24.57	118.91	39.55	3.11	0.24	209.27
Pinzote picado	5.75	0.43	1.44	10.43	4.76	1.59	0.05	31.31	27.05	92.31	35.87	2.93	0.35	226.31
Pinzote + Rizobacteria	5.76	0.33	1.38	8.81	3.92	1.85	0.05	38.48	23.83	106.50	36.89	3.02	0.28	179.10