

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**Análisis de tecnologías alternativas para el control del nematodo  
barrenador del banano (*Radopholus similis* Cobb, Thorne):  
El caso de la Empresa Agrocomercial EARTH**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de  
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico  
Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado  
de:

*Magister Scientiae* en Socioeconomía Ambiental

Por


**Alfonso P. Martinuz Guerrero**

Turrialba, Costa Rica, 2006

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

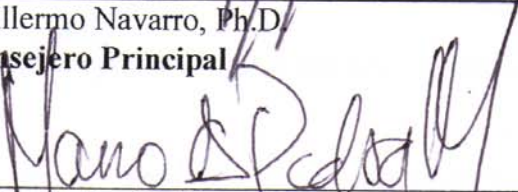
**Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental**

**FIRMANTES:**



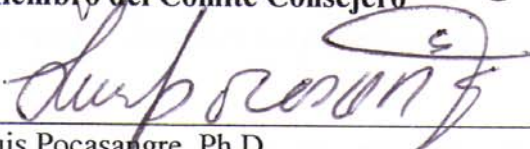
---

Guillermo Navarro, Ph.D.  
**Consejero Principal**



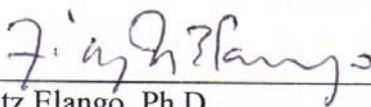
---

Mario Piedra, Ph.D.  
**Miembro del Comité Consejero**



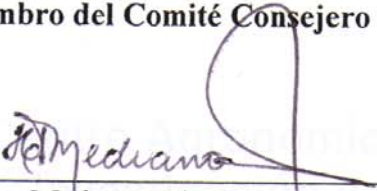
---

Luis Pocasangre, Ph.D.  
**Miembro del Comité Consejero**



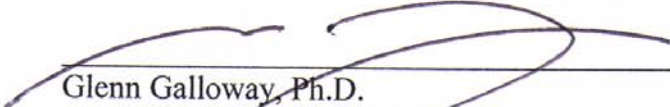
---

Fritz Elango, Ph.D.  
**Miembro del Comité Consejero**




---

Héctor Medrano, Ph.D.  
**Miembro del Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Postgrado**



---

Alfonso Martinuz  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso, que representa un faro a través de los senderos de la vida.

A mi esposa Varinia Rojas e hijo Luis Felipe, que son pilares fundamentales en mi vida.

A mi madre Indiana, en paz descansa y que Dios la tenga en su reino.

A mis abuelos, Amanda y Luis (en paz descansa), que han sido mis padres.

A mis hermanos Heidi, Mushelo y Luigi, para que se animen a seguir mis pasos.

A la madre y hermanos de mi esposa: Maritza, Tupac, Kruskaya, Ligia y Germania respectivamente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Guillermo Navarro, consejero principal, por su guía, apoyo y disposición brindada durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Luis Pocasangre, por el conocimiento, consejos e interés brindados durante todo el proceso de investigación.

A los Drs. Fritz Elango, Héctor Medrano y Mario Piedra, por los conocimientos y apoyo manifestado durante la investigación.

Al Ing. Luis Quiros y todo el personal de la Empresa Agrocomercial EARTH, por todo el apoyo recibido.

A la Universidad EARTH, por su interés en el proyecto y todas las facilidades proporcionadas.

A Valent Bioscience Corporation, por el apoyo económico brindado.

Al proyecto EARTH-Ohio State University-DOE, por el apoyo económico brindado.

A Casagri por el apoyo brindado en el transcurso de esta investigación.

A mi esposa Varinia Rojas, de quien aprendí que todo lo que se inicia debe terminarse; y gracias a la práctica de este valioso principio he logrado cumplir las metas propuestas.

A mi hijo Luis Felipe, por su paciencia durante el desarrollo de este proyecto.

A toda la familia, quienes de alguna manera me inspiraron para alcanzar las metas propuestas.

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en Bluefields, Nicaragua el 15 de octubre de 1975. Los estudios primarios los realizó entre 1992 y 1988 en la Escuela Madre Del Divino Pastor, Bluefields. Los estudios secundarios los realizó entre 1989 y 1993 en el Instituto Cristóbal Colón, Bluefields. En 1994 viajó a Costa Rica para estudiar Agronomía en la Universidad EARTH en donde se graduó con honores en 1997. Entre 1998 y 2003 laboró en la producción del cultivo de banano en campos como: administración de fincas, control de procesos, supervisión de plagas, investigación y desarrollo de tecnologías alternativas para reducción del uso de agroquímicos.

# CONTENIDO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | <b>III</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....   | <b>IV</b>   |
| <b>BIOGRAFÍA</b> .....   | <b>V</b>    |
| <b>CONTENIDO</b> .....   | <b>VI</b>   |
| <b>LISTA DE ACRÓNIMOS</b> .....  | <b>IX</b>   |
| <b>RESUMEN</b> .....   | <b>X</b>    |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>XI</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....   | <b>XII</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | <b>XIII</b> |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....  | <b>XIV</b>  |
| <b>1. INTRODUCCION</b> .....   | <b>1</b>    |
| <b>1.1. Objetivos</b> .....  | <b>3</b>    |
| <b>1.1.1. Objetivo general</b> .....   | <b>3</b>    |
| <b>1.1.2. Objetivos específicos</b> .....  | <b>3</b>    |
| <b>1.2. Hipótesis</b> .....  | <b>3</b>    |
| <b>2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....   | <b>4</b>    |
| <b>2.1. Aspectos técnicos sobre el cultivo de banano</b> .....                                 | <b>4</b>    |
| 2.1.1. Características generales del cultivo de banano .....                                   | 4           |
| 2.1.2. Morfología de la planta .....   | 4           |
| a. Raíz: .....   | 5           |
| b. Cormo: .....  | 6           |
| c. Sistema foliar: .....   | 7           |
| 2.1.3. Nematodos del banano .....  | 8           |
| 2.1.4. Métodos de combate .....  | 9           |
| a. Control químico .....   | 10          |
| b. Combinación de varios métodos .....   | 11          |
| c. Variedades resistentes .....  | 12          |
| d. Control biológico.....  | 13          |
| <b>2.2. Aspectos económicos de la actividad bananera</b> .....                                 | <b>16</b>   |
| 2.2.1. El banano como producto fresco en el mercado internacional .....                        | 16          |
| 2.2.2. Tendencias actuales del cultivo de banano .....   | 18          |
| 2.2.3. Importancia del sector bananero en la economía Costarricense .....                      | 18          |
| 2.2.4. Importancia económica del nematodo <i>Radopholus similis</i> en banano .....            | 19          |
| 2.2.5. Relación entre <i>Radopholus similis</i> , sanidad radical y producción de banano ..... | 20          |
| 2.2.6. Modelo micro económico .....  | 21          |
| a. Análisis de inversiones de una finca bananera .....   | 21          |
| b. Análisis costo e ingreso .....  | 22          |
| c. El valor del bananal .....  | 22          |
| d. Premisas del modelo .....   | 25          |
| 2.2.7. Evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones..... | 26          |
| a. Cambios en la tecnología de control de nematodos .....                                      | 26          |
| b. Precios de la caja de banano .....  | 27          |
| c. Rendimiento del cultivo .....   | 28          |
| d. Tasa de descuento.....  | 28          |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.8. Estructura de costos e ingresos para el análisis de inversiones.....                            | 29        |
| a. Estructura de costos.....   | 29        |
| b. Estructura de ingresos.....   | 30        |
| 2.2.9. Indicadores económicos de corto plazo.....  | 30        |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>3.1. Localización del estudio .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>3.2. Descripción de los proyectos seleccionados .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>3.3. Área física de investigación.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>3.4. Premuestreo.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3.5. Plantas para el muestreo .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3.6. Descripción de tratamientos .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>3.7. Variables evaluadas .....</b>  | <b>33</b> |
| 3.7.1. Manejo de nematodos .....   | 33        |
| 3.7.2. Promoción del crecimiento .....   | 34        |
| 3.7.3. Variables de producción .....   | 34        |
| 3.7.4. Variables de nutrición mineral.....   | 34        |
| <b>3.8. Diseño experimental .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.9. Análisis estadístico .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>3.10. Estudio económico .....</b>   | <b>36</b> |
| 3.10.1. El caso base .....   | 36        |
| a. Estructuras de costos e ingresos.....   | 36        |
| b. Estimación de la curva de producción .....  | 37        |
| c. Precio de la caja de banano .....   | 37        |
| 3.10.2. Análisis de inversiones .....  | 38        |
| a. Modelo micro económico.....   | 38        |
| b. Tasa de descuento.....  | 38        |
| 3.10.3. Evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones.....        | 39        |
| a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos .....                                    | 39        |
| b. Efecto del cambio en los precios de la caja de banano .....   | 39        |
| c. Efecto de la variación en la producción de la finca bananera .....                                  | 40        |
| d. Efecto de la variación en la tasa de descuento .....  | 40        |
| 3.10.4. Indicadores económicos de corto plazo.....   | 40        |
| <b>4. RESULTADOS .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>4.1. Manejo de Radopholus similis.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>4.2. Promoción del crecimiento.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>4.3. Producción.....</b>  | <b>46</b> |
| <b>4.4. Nutrición mineral.....</b>   | <b>47</b> |
| <b>4.5. Estudio económico .....</b>  | <b>49</b> |
| <b>4.5.1. Caso base .....</b>  | <b>49</b> |
| a. Estimación de la curva de producción .....  | 49        |
| b. Precios de la caja de banano .....  | 52        |
| c. Estructura de costos e ingresos de una finca bananera.....  | 53        |
| d. Tasa de descuento.....  | 56        |
| e. Valor del bananal como criterio de inversión y/o adopción de tecnología.....                        | 57        |
| <b>4.5.2. Factores que afectan el valor del bananal (sensibilidad del caso base).....</b>              | <b>58</b> |
| a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos .....                                    | 59        |
| b. Variación en los precios de la caja de banano.....  | 61        |
| c. Variación en la producción de la finca bananera.....  | 62        |
| d. La variación de la tasa de descuento.....   | 63        |
| e. Análisis de la influencia de las tecnologías de control de nematodos en la producción bananera..... | 65        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.5.3. Indicadores económicos de corto plazo.....</b>   | <b>66</b> |
| <b>5. DISCUSIÓN.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>5.1. Manejo de Radopholus similis.....</b>  | <b>68</b> |
| 5.1.1. Biocontrol.....   | 68        |
| 5.1.2. Sanidad del sistema radical.....  | 71        |
| <b>5.2. Promoción del crecimiento.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>5.3. Producción.....</b>  | <b>73</b> |
| <b>5.4. Nutrición mineral.....</b>   | <b>74</b> |
| <b>5.5 Estudio económico.....</b>  | <b>76</b> |
| 5.5.1. Valor del bananal como criterio de inversión y/o adopción de tecnología.....                    | 76        |
| 5.5.2. Factores que afectan el valor del bananal (sensibilidad del caso base).....                     | 78        |
| a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos.....                                     | 78        |
| b. Variación en los precios de la caja de banano.....  | 79        |
| c. Variación en la producción de la finca bananera.....  | 80        |
| d. La variación de la tasa de descuento.....   | 80        |
| e. Ciclo productivo óptimo.....  | 81        |
| f. Análisis de la influencia de las tecnologías de control de nematodos en la producción bananera..... | 82        |
| 5.5.3. Indicadores económicos de corto plazo.....  | 82        |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>84</b> |
| <b>7. LITERATURA CITADA.....</b>   | <b>87</b> |
| <b>8. ANEXOS.....</b>  | <b>97</b> |



## LISTA DE ACRÓNIMOS

|                |   |
|----------------|---|
| Cmol+/L        | centímol carga por litro  |
| cm             | Centímetro  |
| CIMS           | Centro de Investigaciones sobre Mercados Inteligentes   |
| CORBANA        | Corporación Bananera Nacional   |
| °C             | Grados Celsius  |
| CF             | Costos fijos  |
| CV             | Costos variables  |
| DBCP®          | Nematicida (1,2, Dibromo-3-Cloropropano)  |
| EARTH          | Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda   |
| EUREPGAP       | Norma Buenas practicas agronómicas de la asociación de minoristas europeos (Euro Retailer Group Good Agronomic practices) |
| FAO            | La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  |
| Fig.           | Figura  |
| FHIA           | Fundación Hondureña de Investigación Agrícola   |
| FOB            | Precio pagado al productor (Free on board)  |
| F10            | Estado fenológico del banano que tiene una hoja con 10 cm de ancho de lamina foliar                                       |
| FM             | Estado fenológico del banano que tiene una hoja con proporciones de una hoja adulta.                                      |
| g              | Gramo   |
| Ha             | Hectárea  |
| ISO 14001      | Norma ambiental de la Organización de Estandarización Internacional   |
| INIBAP         | Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano  |
| Kg             | Kilogramo   |
| L              | Litro   |
| Log            | Logaritmo   |
| m              | Metro   |
| m.s.n.m        | Metros sobre el nivel de mar  |
| mm             | Milímetros  |
| R <sup>2</sup> | Coefficiente de determinación   |
| Ratio          | Cajas de 18,14 Kg / racimos de banano cosechados  |
| SA 8000        | Norma Responsabilidad Social (Social Accountability)  |
| TMA            | Tasa Mínima Aceptable de descuento  |
| Ton            | Tonelada métrica  |
| p.e.           | Por ejemplo   |
| P/L            | Peso / Longitud   |
| PJB            | Pinsang Jari guaya  |
| ppm            | partes por millón   |
| US \$          | Dólares de Estados Unidos   |
| VET            | Valor Esperado de la Tierra   |
| VBa            | Valor del Bananal   |
| VPN            | Valor Presente Neto   |
| %              | Porcentaje  |

## RESUMEN

Martinuz; A. 2006. Análisis de tecnologías alternativas para el control del nematodo barrenador del banano (*Radopholus similis* Cobb, Thorne): El caso de la Empresa Agrocomercial EARTH. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 111 p.

**Palabras clave:** Banano, *Radopholus similis*, nematicida, promoción de crecimiento, protección de plantas, control biológico, Bokashi, análisis económico, valor esperado de la tierra, valor del bananal, ciclo productivo óptimo, tasa de descuento, precios de banano, producción de banano, rentabilidad.

El objetivo de la investigación fue evaluar técnica y económicamente algunos productos biológicos para el control del *Radopholus similis*, en la Empresa Agrocomercial EARTH. Siete tratamientos fueron evaluados: Hongos nematófagos que consistió en una mezcla de los hongos *Arthrobotrys oligospora*, *A. botryospora*, *Dactylella brochophaga* y *Drechmeria coniospora*; DiTera compuesto por un hongo muerto *Myrothecium spp*; Savitan a base de extractos de plantas desérticas; QL Agri que contiene extractos de *Quillaja saponaria*; Bokashi que consistió en materia orgánica; un testigo químico con dos aplicaciones de nematicida y un testigo absoluto. Los productos fueron aplicados en una plantación comercial de banano. Los resultados obtenidos para el efecto de biocontrol después de 6 muestreos mensuales mostraron que las plantas protegidas con los tratamientos biológicos tenían densidad de *R. similis* inferiores al testigo absoluto, con diferencias significativas para los hongos nematófagos. El testigo químico presentó la menor densidad de *R. similis* sin diferir estadísticamente de los hongos nematófagos. Por otro lado, no se encontró diferencias significativas para raíz funcional, aunque el Bokashi mostró el mayor peso. Los tratamientos no promovieron el crecimiento de las plantas. Tampoco, hubo diferencias para producción; no obstante, DiTera registró mayor peso de racimo. La nutrición mineral mostró que los tratamientos con Bokashi tienen menor concentración de hierro reduciendo el riesgo de daño de raíces por toxicidad. Por otro lado, los resultados del análisis económico indicaron que los hongos nematófagos, control químico y QL Agri registraron rentabilidades positivas. El valor del bananal fue mayor al precio de venta de la tierra bananera, indicando que bajo las condiciones actuales del sector la actividad es rentable. Se encontró que la rentabilidad de la finca bananera es muy sensible a variaciones en: el precio de la caja de banano, la producción y a la tasa mínima aceptable de descuento. El ciclo productivo óptimo fue estimado para el año 10, indicando que es el año que produce la mayor rentabilidad debido a la renovación de la plantación.

## ABSTRACT

Martinuz; A. 2006. Analysis of alternative technologies for controlling the banana burrowing nematode (*Radopholus similis* Cobb, Thorne): A case study of EARTH University's Agrocomercial farm. M.Sc. Thesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 111 p.

**Key word:** Banana, *Radopholus similis*, nematicide, growth promotion, plant protection, biological control, Bokashi, economic analysis, expected land value, value of banana, optimal productive cycle, discount rate, banana price, banana production, profit.

The objective of this study was to technically and economically evaluate the effect of some bionematicides on *Radopholus similis* at EARTH University's banana plantation. The following seven treatments were evaluated: Nematode trapping fungi consist of a mixture of *Arthrobotrys oligospora*, *A. botryospora*, *Dactylella brochophaga*, and *Drechmeria coniospora*; DiThera which consist of a "dead" fungus *Myrothecium spp*; Savitan produced from desert plants extracts; QL Agri which contain *Quillaja saponaria* extracts; Japanese-style compost called Bokashi; two application of a chemical nematicide; and an absolute control. Results of a six-monthly root sampling show that the bionematicides had lower nematode population than the absolute control with the nematode trapping fungi having statistically significant differences over the other treatments. The chemical control presented the lowest nematode population with no statistically significant differences over the trapping fungi treatment. The functional root variable showed no significant differences between treatments even though the Bokashi treatment gave the highest functional root weight. No significant treatment differences were observed with respect to plant growth and production parameters; nevertheless, DiTera gave the highest bunch weight. An evaluation of macro and micro nutrient showed that the Bokashi treatment resulted in the lowest iron concentration than the other treatments thereby reducing the risk of root toxicity. On the other hand, economic analyses indicated that using the nematode trapping fungi, chemical nematicide, and the QL Agri treatments gave a profit. The value of banana was less than the price of banana land which indicated that under normal conditions in the banana sector, production is economically sustainable / profitable. Other results confirm that profit in banana production is affected by the price of a banana box, production, and discount rate. The estimated optimal production cycle is ten years, which refers to the year with the highest profit following plantation renewal.

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Longitud y peso de raíces por decímetro cúbico de suelo a tres profundidades y tres distancias de la base de la planta, para el clon "gran enano".  | 5  |
| Cuadro 2. Principales especies de nematodos que atacan el cultivo de banano.  | 9  |
| Cuadro 3. Diferentes métodos de combate de nematodos utilizados en la agricultura.  | 10 |
| Cuadro 4. Principales nematicidas usados en el cultivo de banano para el control de nematodos.  | 10 |
| Cuadro 5. Descripción general del área del estudio.   | 32 |
| Cuadro 6. Descripción de los tratamientos utilizados en el estudio.   | 33 |
| Cuadro 7. Efecto de los productos biológicos sobre la condición radical después de 6 muestreos realizados en los sitios de estudios.  | 44 |
| Cuadro 8. Efecto de productos biológicos sobre la promoción de crecimiento (en cm) en banano cultivar Williams, después de 7 meses de crecimiento a partir de entre F10 - FM.   | 46 |
| Cuadro 9. Efecto de productos biológicos sobre la producción de banano, medidos al momento de la cosecha.   | 47 |
| Cuadro 10. Efectos de los productos biológicos sobre la condición nutricional del suelo después de 7 meses de aplicación. Sitios de muestreo: A: Frente al hijo de producción y B: Entre calle o no frente al hijo de producción. | 47 |
| Cuadro 11. Efectos de los productos biológicos sobre la nutrición de las plantas de banano después de 7 meses de aplicaciones.  | 48 |
| Cuadro 12. Estructura de costos para la producción de 1 Ha de banano a lo largo del ciclo productivo.   | 54 |
| Cuadro 13. Estructura de ingresos para 1 Ha de banano a lo largo del ciclo productivo.  | 55 |
| Cuadro 14. Flujo de caja para 1 Ha de banano proyectado al año 15.  | 55 |
| Cuadro 15. Tipos de tasas interés e inflación según datos de la banca de Costa Rica, para el calculo de la TMA.   | 56 |
| Cuadro 16. Costos para control de nematodos bajo diferentes tecnologías.  | 60 |
| Cuadro 17. Efecto de las tecnologías de control de nematodos sobre la producción del banano.  | 66 |
| Cuadro 18. Indicadores económicos de corto plazo, en US \$ / Ha, para el año 3 y año 10 del ciclo productivo.   | 67 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Representación de una planta completa de banano .....  | 5  |
| Figura 2. Corte longitudinal de un cormo de banano en donde: 1. zona cortical, 2. cilindro central, 3. ramificación de raíces, 4. brote apical y 5. vainas foliares. ....  | 6  |
| Figura 3. Orden de aparición y distribución de los brotes en una planta de banano. ....  | 7  |
| Figura 4. a) Sistema foliar e b) inflorescencia de una planta de banano. ....  | 7  |
| Figura 5. Producción, superficie sembrada y exportaciones de banano de Costa Rica en el periodo 1990 a 2003. ....  | 19 |
| Figura 6. Efecto de los productos biológicos sobre el control de <i>R. similis</i> después de 6 muestreos realizados en los sitios de estudios. ....   | 42 |
| Figura 7. Efecto de los productos biológicos sobre la dinámica poblacional de <i>Radopholus similis</i> en el sistema radical de banano, después de 6 muestreos mensuales a través del ciclo fenológico. A: Diferencia entre los tratamientos y el testigo comercial. B. Diferencia entre los tratamientos y el testigo absoluto. .... | 43 |
| Figura 8. Efecto de los productos biológicos sobre la sanidad radical del banano, después de 6 muestreos mensuales a través del ciclo fenológico. A. Raíz total y B. Raíz funcional. ....  | 45 |
| Figura 9. Curva de producción estimada para el análisis económico. ....  | 52 |
| Figura 10. Promedio de precios anuales históricos para la caja de banano. ....   | 53 |
| Figura 11. Estimación del valor máximo del bananal y su ciclo productivo óptimo. ....  | 58 |
| Figura 12. Efecto del cambio en el costo de la tecnología de control de nematodos en el valor del bananal y el ciclo productivo. ....  | 60 |
| Figura 13. Efecto en el cambio del precio de la caja de banano en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo. ....  | 61 |
| Figura 14. Efecto en el cambio de la producción de banano en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo. ....   | 63 |
| Figura 15. Efecto en el cambio de la tasa mínima de descuento en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo. ....   | 64 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 1. Morfología general de un nematodo (a la derecha, nematodo hembra; a la izquierda, nematodo macho). Fuente: Yépez (1972).  | 97  |
| Anexo 2. Ubicación de los diferentes proyectos en la Finca de la Empresa Agrocomercial EARTH.  | 98  |
| Anexo 3. Promedios de los análisis de suelos y foliar para el periodo 2002 – 2004 de Finca Agrocomercial EARTH.  | 99  |
| Anexo 4. Promedios de raíces y nematodos para el periodo 2002 – 2004 de Finca Agrocomercial EARTH.   | 99  |
| Anexo 5. Promedios de producción por cada proyecto hasta octubre de 2004 de la Finca Agrocomercial EARTH.  | 100 |
| Anexo 6. Representación del desarrollo de una planta de banano desde yema lateral hasta la cosecha. Fuente: Soto (2002).   | 101 |
| Anexo 7. Croquis general de campo y representación de la distribución de los tratamientos a ser evaluados.   | 102 |
| Anexo 8. Probabilidades del análisis de varianza para cada tratamiento por sitio de muestreo para los contenidos de nutrientes en suelo. A: Frente al hijo de producción y B: Entre calle (no frente al hijo de producción). | 103 |
| Anexo 9. Probabilidades del análisis de varianza para cada tratamiento en el contenido de nutrientes foliares.   | 103 |
| Anexo 10. Record de fertilización aplicado en la Empresa Agrocomercial EARTH y en las unidades experimentales.   | 104 |
| Anexo 11. Record de aplicaciones de nematicidas en la empresa Agrocomercial EARTH para el 2004 y 2005. Todas las parcelas experimentales recibieron las aplicaciones del 2004 y no las del 2005.                             | 104 |
| Anexo 12. Record de aplicaciones de fungicidas en la Empresa Agrocomercial. El mismo cronograma de aplicación se realizó en las parcelas experimentales.   | 105 |
| Anexo 13. Hoja de cálculo utilizado para estimar el valor del bananal, el ciclo productivo óptimo y realizar el estudio de sensibilidad.   | 106 |
| Anexo 14. Análisis estadísticos realizados para la etapa de campo.   | 107 |
| Anexo 15. Contenido de nutrientes, desglose de los costos de producción y descripción de método de producción del bokashi.   | 110 |

# 1. INTRODUCCION

El banano (*Musa AAA*) se ha mantenido por mucho tiempo como uno de los principales cultivos generadores de divisas de Costa Rica. Los clones comerciales cultivados y exportables son Gran Enano, Valery y Williams. La permanencia de la actividad bananera en el mercado está sujeta a su producción en forma rentable. Esta necesidad de rentabilidad, depende de un incremento en la eficiencia de la relación beneficio/costo del uso de la tierra y las prácticas agronómicas incluidas en el monocultivo de plantas perennes con alto uso de pesticidas, fertilizantes y modelos fijos de producción. (Araya *et al.* 1995).

Entre de los diversos problemas que enfrenta la producción bananera de Costa Rica, el manejo de plagas fungosas, insectiles y nematológicas ocupan un lugar sobresaliente. Una de las limitantes más fuertes en el control de plagas, lo constituyen los nematodos parásitos del cultivo. Entre los fitonematodos más destructores y ampliamente distribuidos se encuentran los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus*. En un segundo plano, se encuentran las especies del nematodo endoparásito sedentario *Meloidogyne spp* y el semiendoparásito sedentario *Rotylenchulus reniformis*. Siendo *R. similis* el de mayor importancia para el banano (Araya *et al.* 1995, Araya 1997).

Los daños causados por los nematodos se localizan en el sistema radical, afectando la absorción de agua y nutrientes y el anclaje de las plantas. Como consecuencia, se consiguen racimos de menor peso, se alargan los períodos de siembra a floración, de siembra a cosecha, de floración a cosecha, se incrementan los intervalos entre floraciones y entre cosechas, disminuye la longevidad de las plantas y se reducen los rendimientos. Evaluaciones precisas sobre los efectos de los nematodos en la producción son escasas, pero algunas estimaciones reportadas indican reducciones en rendimientos entre 50,0% - 80,0% en áreas de alta infestación (Araya 1999, Araya *et al.* 1995).

El uso de nematicidas es considerado hasta el momento como la opción más viable para el control de los fitonematodos (Gowen y Quénehervé 1995, Araya 1995). Aplicaciones bien dirigidas han permitido incrementos en producción hasta de 80,0% en Costa Rica y hasta de un 263,0% en Costa de Marfil (Araya 1999). Los nematicidas están entre los agroquímicos

más tóxicos, ya que fácilmente producen severas intoxicaciones a los trabajadores. Amador y Astorga (2002) ponen de manifiesto esta situación al indicar que “la tasa de intoxicaciones laborales en las bananeras es de un 6,4% de trabajadores con denuncias por año, cifra que representa un 100,0% de diferencia con respecto al 3,0% de intoxicaciones en los trabajadores agrícolas de los países en desarrollo”. Por otro lado, Araya (1995), Cepeda (1996), De Urriola (1998) y Castillo (2000) en distintos estudios indican que los nematicidas afectan negativamente al medio ambiente, debido a que reducen significativamente la micro y macro fauna del suelo y contaminan ecosistemas acuáticos cercanos a las plantaciones de banano.

En la actualidad, ha crecido el interés por la mitigación de los impactos de las actividades bananeras sobre el medio ambiente y la salud. En consecuencia se crearon certificaciones como: “Better Banana Project”, ISO 14001, EUREPGAP y SA 8000; que buscan garantizar que la industria bananera produzca adquiriendo compromisos demostrables en temas como: reducción de impactos ambientales, uso racional de agroquímicos, protección de ecosistemas frágiles, salud ocupacional, buenas practicas agrícolas, entre otros. Las fincas de banano que no certifiquen, no podrán exportar su producto a los principales mercados internacionales. Esto ha obligado al sector bananero a dar importancia a la exploración, desarrollo e implementación de nuevas tecnologías para el control de nematodos y otras plagas, amigables con el medio ambiente y la salud.

El propósito del estudio es evaluar la eficacia del uso de agentes biológicos (hongos nematofagos y DiTera), aplicaciones de materia orgánica (Bokashi) y extractos vegetales (QL Agri y Savitan); sobre: el control del nematodo barrenador del banano, la recuperación del sistema radical, y su influencia sobre algunos criterios económicos y de rendimiento. La investigación se llevó a cabo en la Finca Bananera de la Empresa Agrocomercial EARTH, localizada en Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica.



## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Estudiar técnica y económicamente algunos productos biológicos para el control del nematodo barrenador del banano (*Radopholus similis*), y el efecto de estos productos en la promoción del crecimiento de hijos en plantaciones comerciales de banano en la Empresa Agrocomercial EARTH.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de cinco productos biológicos sobre la reproducción del nematodo barrenador *R. similis* en plantaciones comerciales.
- Evaluar el efecto de cinco productos biológicos sobre la promoción del crecimiento de “hijos” de plantas de banano, y sobre la rentabilidad de una plantación comercial.

## **1.2. Hipótesis**

- Plantas tratadas con productos biológicos, reciben protección contra el ataque del nematodo barrenador *R. similis*.
- Los productos biológicos aplicados en campo inducen el crecimiento y desarrollo de los hijos de plantas de banano, mejorando la rentabilidad de la plantación comercial.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1. Aspectos técnicos sobre el cultivo de banano**

#### **2.1.1. Características generales del cultivo de banano**

Se considera que el banano es originario del sureste de Asia. Aunque, su cultivo se desarrolló de forma simultánea en Malasia e Islas Indonesias. El banano es una planta tropical, ya que su distribución natural se encuentra entre los 30° latitud norte y sur. Pero las condiciones más favorables para la planta esta entre 0° y 15° latitud norte o sur. El banano crece de forma natural en los bosques tropicales, bajo condiciones de luminosidad tenue. Sin embargo, el hombre con el fin de obtener mejores rendimientos, sometió a la planta a procesos de selección para aumentar su eficiencia fisiológica ante rigores climáticos (cultivo bajo plena luz), acelerando su metabolismo y ciclo productivo. En consecuencia la planta se hace más susceptible al ataque de plagas y enfermedades (Soto 2002).

El cultivo de banano se desarrolla de forma adecuada en altitudes comprendidas entre 0 y 300 m.s.n.m, aunque puede cultivarse hasta 1000 m.s.n.m. Los requerimientos de humedad considerados como adecuados varían de 100 a 180 mm de agua por mes. La temperatura tiene un efecto importante sobre el desarrollo del cultivo, por lo que la temperatura óptima para “cultivos comerciales debe estar alrededor de los 28°C con mínimas no menores de 18°C y máximas no mayores de 34°C”. Fuera de estos rangos la planta disminuye considerablemente su productividad (Moreira 1999 y Soto 2002).

#### **2.1.2. Morfología de la planta**

El banano es una planta herbácea que posee un pseudo-tallo aéreo. Este tiene su origen a partir de un cormo, del cual se desarrollan una gran cantidad de yemas laterales (hijos) y raíces. La inflorescencia se caracteriza por ser terminal y se abre paso a través del pseudo-tallo (Fig. 1). Moreira (1999) y Soto (2002) hacen una amplia descripción de la morfología de la planta, a continuación se presenta un resumen de la misma.

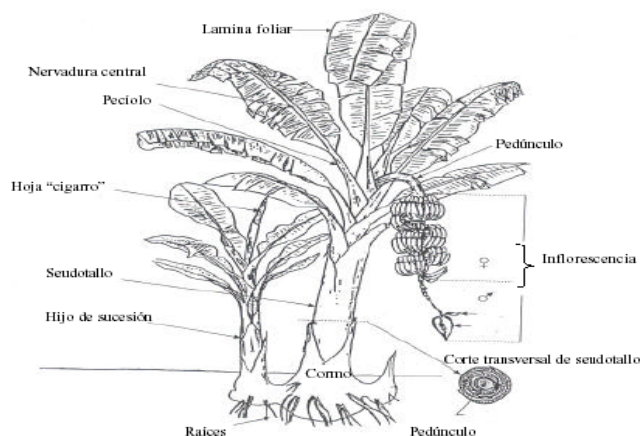


Figura 1. Representación de una planta completa de banano

Fuente: Cañizares (2003)

**a. Raíz:**

Las raíces se originan en la interfase comprendida entre el cilindro central y la corteza del cormo y atraviesan todos los tejidos localizados fuera de su punto de origen. Dichas raíces pueden formarse a partir de: a) los nudos asociados con las yemas axiliares, b) de forma independiente y c) a partir de los entrenudos.

“Las raíces tienen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 ó 4, su diámetro oscila entre 5 y 10 milímetros y pueden alcanzar un largo de hasta 10 m”. Crecen mayormente en forma horizontal ocupando los primeros 20 a 30 centímetros del suelo (cerca del 65,0%). Un reducido número de raíces (alrededor de 20,0%) crece en forma vertical llegando a profundidades que fluctúan entre 50 y 70 centímetros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Longitud y peso de raíces por decímetro cúbico de suelo a tres profundidades y tres distancias de la base de la planta, para el clon "gran enano".

| Profundidad(cm) | Distancia de la base de la planta (cm) |      |       |       |      |       |       |      |       |          |      |       |
|-----------------|--|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|----------|------|-------|
|                 | 0-30                                   |      |       | 30-60 |      |       | 60-90 |      |       | Promedio |      |       |
|                 | Long.                                  | Peso | P/L * | Long. | Peso | P/L * | Long. | Peso | P/L * | Long.    | Peso | P/L * |
| 0-30            | 47,50                                  | 3,70 | 0,08  | 21,80 | 1,00 | 0,05  | 17,50 | 0,60 | 0,03  | 28,93    | 1,77 | 0,06  |
| 30-60           | 16,50                                  | 0,80 | 0,05  | 4,90  | 0,10 | 0,02  | 3,10  | 0,06 | 0,02  | 8,17     | 0,32 | 0,04  |
| 60-90           | 13,70                                  | 0,30 | 0,02  | 4,50  | 0,05 | 0,01  | 2,20  | 0,02 | 0,01  | 6,80     | 0,12 | 0,02  |
| Total           | 77,70                                  | 4,80 | 0,15  | 31,20 | 1,15 | 0,08  | 22,80 | 0,68 | 0,06  | 43,90    | 2,21 | 0,12  |
| Promedio        | 25,90                                  | 1,60 | 0,05  | 10,40 | 0,38 | 0,03  | 7,60  | 0,23 | 0,02  | 14,63    | 0,74 | 0,04  |

\* P/L: Peso/Longitud, factor que determina el grosor de las raíces. Fuente: Soto 2002

Finalmente, las raíces de la planta parecen ser sensibles a la materia orgánica en descomposición, ya que se han observado gran cantidad de las mismas en áreas con presencia de dicha materia orgánica.

#### **b. Cormo:**

El cormo es considerado como un tallo y se localiza debajo del suelo. Es de donde todas las partes de la planta se sostienen directa o indirectamente. Si se realiza un corte vertical del cormo se pueden identificar fácilmente las partes ilustradas en la Fig. 2.

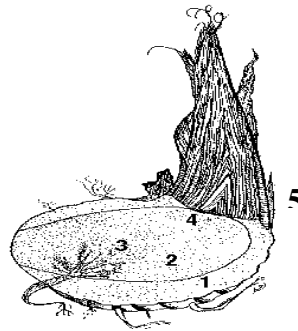


Figura 2. Corte longitudinal de un cormo de banano en donde: 1. zona cortical, 2. cilindro central, 3. ramificación de raíces, 4. brote apical y 5. vainas foliares.

Fuente: Moreira (1999)

El cormo está compuesto mayormente por parénquima amiláceo y se pueden distinguir en él dos partes principales: 1) **la zona cortical**, que está constituida básicamente por parénquima y al parecer tiene la función de protección. A través de ella se observan las trazas vasculares que suplen las hojas, las raíces y los retoños y 2) **el cilindro central o parte activa**, del cual se originan el sistema aéreo, radical y los retoños; “posee numerosos haces vasculares que por anastomosis (proceso de fusión y luego división) sucesivas originan las trazas foliares que atraviesan la corteza y penetran las bases foliares. El sistema vascular se complica por la profusión de haces vasculares que se desarrollan para formar las raíces laterales cuyo origen endógeno hace que se generen cerca de los haces longitudinales mayores del interior”. El cormo a través de su vida fisiológica puede llegar a desarrollar  $30 \pm 3$  puntos de crecimiento, los cuales presentan un patrón filotáxico de  $156^\circ$  ó  $2/5$ . Sin embargo, en plantaciones establecidas se llegan a desarrollar únicamente alrededor de 3, más o menos 12 quedan cubiertos por las vainas de las hojas y el resto ( $\pm 15$ ) producen raíces. Bajo condiciones adecuadas estas persisten y se desarrollan dando vigor a la planta madre, de lo

contrario mueren y la debilitan. La planta para suplir el deterioro de raíces promueve el desarrollo de yemas laterales (hijos o brotes), que crean un activo sistema radical supliendo el debilitamiento del sistema radical de la planta madre. La Fig. 3 muestra las yemas susceptibles a formar brotes y raíces

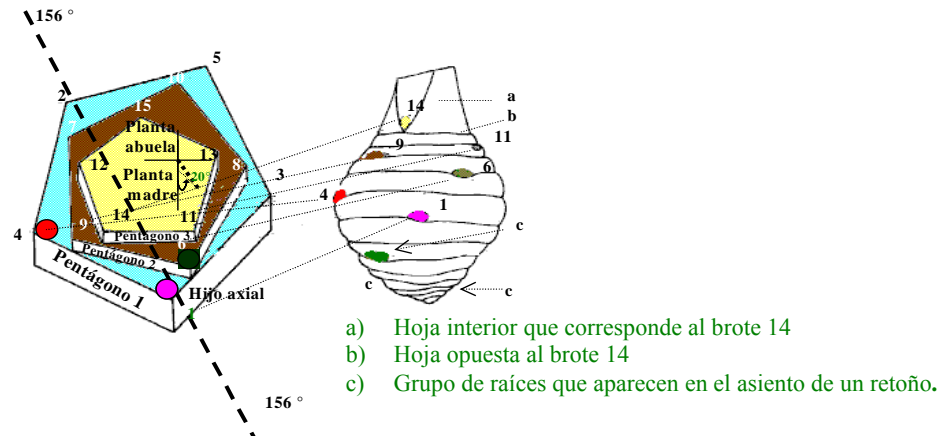


Figura 3. Orden de aparición y distribución de los brotes en una planta de banano.

Fuente: Soto (2002)

### c. Sistema foliar:

Las hojas constan de la base (vainas foliar), pecíolos y láminas. Están distribuidas en forma espiral y su patrón varía entre los clones y especies de musáceas. Las largas bases foliares se traslapan y forman el pseudo-tallo, a través del cual crece la inflorescencia terminal o fruto (Fig. 4 a y b).

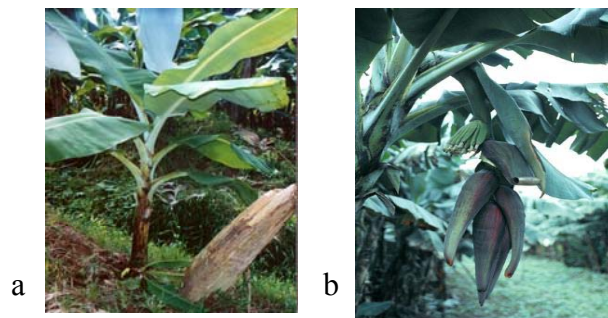


Figura 4. a) Sistema foliar e b) inflorescencia de una planta de banano.

Fuente: Moreira (1999) y Soto (2002)

### 2.1.3. Nematodos del banano

Los nematodos fitoparásitos son organismos vermiformes y redondos en sección transversal. Tienen simetría bilateral, hialinos, no segmentados, pseudo-celomados y triploblastos. Algunas especies tienen dimorfismo sexual. La mayoría pertenecen al orden Tylenchida. Obtienen su alimento a través de una estructura llamada estilete la cual está contenida dentro de su aparato bucal y que utilizan para perforar las células de los tejidos atacados (Anexo 1). De acuerdo a su hábito alimenticio algunas especies penetran dentro de los tejidos, abriéndose paso a través de ellos (endoparásitos migratorios) mientras que otras, al penetrar permanecen inmóviles durante su acción parasítica (endoparásitos sedentarios). Ciertas especies introducen solamente la parte anterior de su cuerpo dentro de los tejidos (semi-endoparásitos) mientras que la mayoría únicamente introducen su estilete, permaneciendo su cuerpo fuera de los tejidos de las raíces (ectoparásitos) (Fraga 1978, Viaene y Abawi 1997, Esquivel 1999 y Coyne 1999). Causan daños a la planta debido a que destruyen las células de las raíces y/o cormos al alimentarse y movilizarse entre los tejidos. Los nematodos pueden interactuar con otros organismos (como: *Fusarium*, *Sclerotium*, entre otros) incrementando los daños a las plantaciones.

El ciclo biológico de los nematodos fitoparásitos es más corto en los machos que en las hembras, este consta de: a) **huevo**, b) **juvenil primera etapa**, primera muda dentro del huevo, c) **juvenil segunda etapa**, segunda muda y eclosiona del huevo, d) **juvenil de tercera etapa**, tercera muda, e) **juvenil cuarta etapa**, cuarta muda y f) **adulto**, hembra ovípara y muere.

Tarté y Pinochet (1981); Sarah *et al.* (1996); Jones (1996); Araya (2003) y Cañizares (2003) concuerdan con que las principales especies de nematodos que atacan el cultivo de banano son las que se presentan en el Cuadro 2. Marín (2003); Gowen y Quénéhervé (1995) indican que el *R. similis* es el de mayor importancia.

“El *R. similis* fue descubierto parasitando raíces de banano en Fiji en 1893. Se diseminó en América Central, América del Sur y el Caribe, probablemente durante la expansión del cultivo del banano en estas regiones. *R. similis* se convirtió en el principal patógeno radical del banano en un lapso de 10-15 años como resultado del cambio en gran

escala ocurrido entre 1958 y 1970 de la variedad Gros Michel susceptible al Mal de Panamá por las variedades Cavendish, resistentes a esta enfermedad, pero susceptibles al nematodo” (Tarté y Pinochet 1981). Su reproducción es óptima alrededor de 30°C y deja de hacerlo a temperaturas por debajo de los 16°C o por arriba de los 33°C. Cumple su ciclo de vida en alrededor de 20 a 25 días en los tejidos de la raíz y cormo (Agrios 1997). Las hembras juveniles y adultas son móviles pudiendo dejar la raíz en presencia de condiciones adversas y pueden infectar eficientemente raíces sanas. Esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado, por lo que resultan no parasíticos. La penetración de los nematodos ocurre de preferencia en las áreas apicales, pero *R. similis* puede ingresar por cualquier parte de la raíz.

Cuadro 2. Principales especies de nematodos que atacan el cultivo de banano.

| <b>Nematodo</b>                     | <b>Hábito alimenticio</b>      |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Radopholus similis</i>           | endoparásito migratorio        |
| <i>Helicotylenchus multicinctus</i> | ecto y endoparásito migratorio |
| <i>Meloidogyne spp.</i>             | endoparásito sedentario        |
| <i>Pratylenchus coffeae</i>         | endoparásito migratorio        |
| <i>Rotylenchulus reniformis</i>     | semi-endoparásito              |

Fuente: Tarté y Pinochet (1981); Sarah *et al.* (1996); Jones (1996); Araya (2003) y Cañizares (2003)

#### 2.1.4. Métodos de combate

La mayoría de los nematodos son difíciles de controlar, debido posiblemente a que su principal defensa la constituye su resistente cutícula. Esta resistencia ha provocado la aparición y prueba de infinidad de métodos de control de nematodos (Cuadro 3). Dentro de la variedad de estos, el más utilizado en la industria bananera es el uso de nematicidas químicos, a pesar del efecto que estos causan al medio ambiente, el riesgo que representa para el ser humano y los altos costos requeridos para su obtención y aplicación (Chabrier y Quenehervé 2003; Dochez *et al.* 2000).

Cuadro 3. Diferentes métodos de combate de nematodos utilizados en la agricultura.

| Químico     | Físico           | Agronómico           | Genético               | Biológico            |
|-------------|------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Carbofuran  | Calor            | Rotación de cultivos | Variedades resistentes | Nematodos predadores |
| Ethoprop    | Electricidad     | Técnicas de escape   |                        | Otros predadores     |
| Phenamiphos | Presión osmótica | Barbecho             |                        | Hongos nematófagos   |
| Aldicarb    |                  | Abonos orgánicos     |                        | Extractos de plantas |
| Oxamyl      |                  | Cultivos trampa      |                        | Hongos endofíticos   |
| DBCP®*      |                  | Plantas antagonistas |                        |                      |
| Terbufos    |                  | Inundaciones         |                        |                      |

\*Descontinuado

Fuente: Yépez (1972), Tarté y Pinochet (1981), Marbán y Thomason (1985). Modificado por el autor.

A continuación se describirán algunos de los métodos de combate desde una perspectiva bananera:

#### a. Control químico

Es el método más usado en las plantaciones de banano; iniciándose su utilización con la aparición de nematicidas de fumigación del grupo de los hidrocarburos halogenados como el dibromocloropropano (DBCP®). Luego se siguió con el uso de nematicidas no volátiles del grupo de los carbamatos y órgano-fosforados granulados o líquidos (por ejemplo Temik®, Mocap®, Vydate®, Furadan®, Nematicur®, entre otros.). La aplicación de estos productos sintéticos se realiza en el suelo frente al hijo de producción (en ángulo de 180°). Los nematicidas que comúnmente han sido usados en banano se observan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Principales nematicidas usados en el cultivo de banano para el control de nematodos.

| Nombre comercial | Nombre común | Clase                   | Formulaciones   | Dosis de i.a / planta |
|------------------|--------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| Mocap®           | Ethoprop     | Órgano - fosforado      | 5G,10G          | 3 – 4 gramos.         |
| Nematicur®       | Phenamiphos  | Órgano-fosforado        | 5G,10G          | 2,5 – 3 gramos        |
| Counter®         | Terbufos     | Órgano-fosforado        | 10G, 15G        | 3 – 4 gramos          |
| Miral®           | Isazophos    | Órgano - fosforado      | 10G             | 3 – 4 gramos          |
| Rugby®           | Cadusafos    | Órgano - fosforado      | 10G             | 3 – 4 gramos          |
| Temik®           | Aldicarb     | Carbamato               | 10G, 15G        | 1,5 – 3 gramos        |
| Vydate® L        | Oxamyl       | Carbamato               | 24%             | 1,8 – 2,5 mililitros  |
| Furadan®         | Carbofuran   | Carbamato               | 3G,5G,10G,3F    | 2 – 3 gramos.         |
|                  | DBCP®*       | Hidrocarburo halogenado | Entre 82% - 97% | 4 – 16 mililitros     |

\*Descontinuado

Fuente: Tarté y Pinochet (1981), Sarah (2000). Modificado por el autor.



El efecto de los nematocidas sintéticos no ha sido evidente en términos de incrementos en productividad, ya que en algunos lugares no se ha observado respuestas a los mismos. En otros, el incremento se da en términos de reducción de la caída de plantas desraizadas y en otros se hizo evidente un incremento importante en el peso promedio de los racimos y rendimientos totales (Tarté y Pinnochet 1981, Araya 1999). Existe la posibilidad que la falta de respuesta se deba a irregularidades en cuanto a la dosis utilizada, método de aplicación, condiciones edáficas o época de aplicación (Marbán y Thomason 1985, Araya 1995).

#### **b. Combinación de varios métodos**

El establecimiento de plantaciones de banano requiere que el material de siembra este libre de nematodos. Una forma de lograrlo es pelando el corno eliminando las zonas afectadas, y luego sumergir en agua caliente a 55°C durante 20 minutos (termoterapia). Existen variantes a este sistema de control, que consisten en combinarla con el uso de productos químicos. El objetivo es llegar a sembrar un material limpio en un suelo libre de nematodos. Sin embargo, los resultados obtenidos no han sido satisfactorios debido a la implementación inadecuada del procedimiento y a la posibilidad de contaminación proveniente de áreas adyacentes. El mejor beneficio logrado ha sido mantener una plantación libre de nematodos por un espacio de 3 – 6 años. En la actualidad, la forma más adecuada de adquirir materiales libres de nematodos es por medio de plántulas propagadas con técnicas de cultivo de tejidos, denominadas en el medio bananero como “meristemo”; el mismo debería ser el único material permitido para la siembra (Molina 1989, Sarah 2000)

Figueroa *et al.* (1990) y Marín (1997) recomiendan, como método de control, el uso de inundaciones y/o rotación de cultivos en plantaciones de renovación. Dichos autores reportaron resultados satisfactorios en reducciones de *R similis* al alternar con “Mucuna” y “Yuca”, pero encontraron incrementos importantes en las poblaciones de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*. No obstante, esta práctica no ha sido difundida para plantaciones de banano, ya que implica eliminar totalmente el cultivo por un periodo considerable de tiempo, lo que resulta poco atractivo para los gerentes de fincas.

La práctica del apuntalamiento es utilizada para reducir las pérdidas ocasionadas por el ataque de nematodos, sin que estas tengan un efecto directo sobre el patógeno; ya que por

la inclinación natural de la planta producto del peso del racimo y aunado a un deficiente sistema radical provocado por el ataque de los nematodos, es la causa principal del “volcamiento” de las plantas y pérdida de racimos. Por lo tanto, algunas prácticas que se han implementado son el apuntalamiento de las plantas con bambú o con cuerdas de polietileno. Otro método, es dejar en barbecho las áreas de renovación durante 1 año como mínimo para reducir en un 27,0% la re-infección en el primer año después de la siembra nueva. En la Empresa Agrocomercial, se ha obtenido mejores rendimientos en zonas de barbecho de 3 – 5 años, debido posiblemente a la incorporación de materia orgánica proveniente de la cobertura natural, lo cual reactiva la fracción biológica del suelo. Sin embargo, no se observo poblaciones bajas de nematodos por mucho tiempo después de la siembra, haciéndose necesario el uso de nematicidas.

### **c. Variedades resistentes**

Con variedades resistentes que presenten rendimientos comercialmente aceptables aún cuando el suelo este infestado de nematodos, se solucionaría el problema sin tener que recurrir a otras prácticas, como el uso de nematicidas químicos que resultan costosos y afectan negativamente el medio ambiente.

La incorporación de resistencia a nematodos en banano presenta serias dificultades, debido a que por su naturaleza la planta presenta: partenocarpia, polen estéril y baja fertilidad femenina; haciendo que estos programas de mejoramiento sean muy costosos. Prácticamente, todos los bananos comerciales son genéticamente iguales y pertenecen al sub-grupo “Cavendish” del grupo triploide *Musa AAA* (Soto 2002). Todos los individuos pertenecientes a este grupo son susceptibles al ataque de *R. similis*, por lo tanto esto ha provocado la búsqueda de diploides (*Musa AA*) resistentes para incorporarlos en los programas de mejoramiento del banano. En este campo se destacan autores como Pinochet y Rowe (1979) por sus trabajos con los diploides del grupo Pisang Batuau, Pisang Lidi y Pisang Jari Buaya (PJB). Los PJB son los de mayor interés tanto por sus características agronómicas como de resistencia. Lamentablemente, el uso de dicho grupo ha sido limitado en mejoramiento, debido a su andró-esterilidad y baja fertilidad femenina. Sin embargo, dichas características (presentes en PJB) fue incorporada en las líneas parentales usadas para la obtención de híbridos que dieron origen a la variedad Goldfinger o FHIA-01, que presenta resistencia a

Sigatoka y mal de Panamá, pero no presenta las características organolépticas demandadas por el mercado (Sarah *et al.* 1996).

#### **d. Control biológico**

Sarah (1998) menciona que muchos estudios han demostrado que suelos con alto contenido de materia orgánica resultan ser supresivos al desarrollo de microorganismos patógenos de las plantas (incluyendo a los nematodos). Esto se debe a que los nematodos tienen muchos enemigos naturales o antagonistas. Los primeros antagonistas considerados para el control de nematodos, fueron los hongos tramperos tales como: *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Dactylaria*, entre otros. Pero eran difíciles de reproducir en grandes cantidades y su eficiencia estaba ligada a características específicas de suelos.

Luego, se exploró el uso de la bacteria *Pasteuria penetrans*. Sus endoesporas se adhieren a la cutícula del nematodo en donde se desarrolla un tubo germinativo que penetra en el Pseudoceloma del huésped invadiendo todo el cuerpo y formando esporas nuevas. Pero las relaciones entre cepas de bacteria y nematodos eran altamente específicas, por lo que resultó ser poco efectivo. Además, se han realizado pruebas con el hongo *Paecilomyces lilacinus*, que parasita los huevos y nematodos jóvenes y adultos (Mendoza 2004); pero su uso aún no ha sido acogido en el gremio bananero.

Zum Felde (2002), Cañizares (2003) y Meneses (2003), realizaron estudios con los denominados hongos endofíticos (con el género *Trichoderma* y *Fusarium*), encontrando reducciones sobre las poblaciones de *R. similis* de más del 90,0%. Estos hongos colonizan los tejidos u órganos internos de una planta sin causarle ningún síntoma adverso. Cuando la colonización le brinda protección a la planta contra el ataque de agentes bióticos y abióticos se denominan hongos endofíticos mutualistas (Carroll 1990; Latch 1993). Pocasangre *et al.* (2001) indica que el potencial de dichos hongos puede ser usado para el control biológico de los nematodos.

Autores como Yépez (1972), Fraga (1978), Jansson (1985), Bordallo *et al.* (2002) indican que los hongos nematófagos representan un buen potencial como controladores de

nematodos. Existen más de 300 especies de hongos nematófagos descritos, distribuidos por todo el mundo. Dichos hongos son habitantes del suelo, y se encuentran con mayor frecuencia en suelos con elevado contenido de materia orgánica.

Los hongos nematófagos se dividen en cuatro grupos dependiendo de su modo de infectar nematodos:

- **Hongos atrapadores de nematodos**, estos hongos forman varios tipos de órganos atrapadores en sus hifas. Hay dos mecanismos diferentes en la función de las trampas: adhesivos y mecánicos. En ambos, el hongo penetra la cutícula del nematodo formando el bulbo de infección dentro del nematodo, a partir del cual las hifas tróficas crecen dentro del cuerpo y digieren sus contenidos. Géneros comunes de este grupo son *Arthrobotrys* y *Monacrosporium*.
- **Hongos endoparásitos**, este grupo utiliza sus esporas para infectar nematodos. Estos hongos son a menudo parásitos obligados de nematodos. Las esporas de estos hongos pueden ser zoosporas (como las de *Catenaria spp*) que se enquistan sobre el nematodo adhiriéndose a él y penetrando la cutícula, conidios adhesivos (*Drechmeria coniospora*) o conidios que son ingeridos (*Harposporium spp*) por los nematodos bacteriófagos.
- **Hongos parásitos de huevos**, infectan estadios no móviles (huevos) de los nematodos. Producen apresorios. La cubierta del huevo es penetrada por el hongo y el contenido es digerido. Los géneros más comunes de este grupo son *Pochonia spp* y *Paecilomyces spp*.
- **Hongos productores de toxinas**, las hifas de estos hongos son como "tallos" cortos que contienen una gota de toxina. Tras ponerse en contacto con la toxina, el nematodo es rápidamente inmovilizado y las hifas del hongo crecen quimiotrópicamente (dirigidas) a través de la boca del nematodo hasta digerirlo. El hongo más común de este grupo es el descomponedor de madera *Pleurotus ostreatus*.

Se ha utilizado, además, un nematicida natural proveniente del hongo "muerto" *Myrothecium spp* (Hyphomicete) y se conoce como DiTera. Es producido por Valent BioSciences Corporation. Se compone básicamente de proteínas, azúcares y lípidos, y se comporta de forma estable ante ambientes rigurosos (por ejemplo, temperaturas elevadas).

Varios autores han investigado la eficiencia de este producto como controlador de nematodos a nivel de laboratorio, cámaras de crecimiento, invernadero y campo; los cuales han reportado resultados prometedores (Dole 1997, Twomey *et al.* 2000, Fernández *et al.* 2001).

La materia orgánica en el suelo es importante. Por ello, la Universidad EARTH ha realizado estudios dirigidos a la nutrición y control de nematodos a través de aplicaciones de materia orgánica tipo “Bokashi”. Shintani *et al.* (2000) mencionan que el “Bokashi” significa materia orgánica fermentada, el cual ha sido usado en Japón como un mejorador del suelo debido a que estimula la actividad microbiana del suelo, mejora sus propiedades físicas y químicas, aporta nutrientes y previene enfermedades. Higa (1996) recomienda la aplicación de 200 g a 1000 g de “Bokashi” por metro cuadrado de superficie. La Finca Bananera de la Empresa Agrocomercial EARTH recomienda aplicaciones de 600 y 800 g de “Bokashi” por planta. Cabe señalar que la Finca produce alrededor de 25 toneladas de “Bokashi” por semana sin problemas de malos olores y de moscas (Shintani *et al.* 2000).

Quezada (1999), Nevares y Garner (2003), Formowitz (2004) evaluaron en la Universidad EARTH (ensayos de 3 a 6 meses) el efecto de aplicaciones de “Bokashi” sobre poblaciones de nematodos en banano. Los resultados indicaron que dicho producto presentó efectos supresores sobre *R. similis*, y reportaron incrementos importantes en el porcentaje de raíz funcional. También, encontraron diferencias en el crecimiento de plántulas a nivel de invernadero. Elango (1999) y Tabora *et al.* (2002), reportan efectos supresores sobre poblaciones de nematodos 2 meses después de aplicar Bokashi en banano y los efectos supresores se mantuvieron durante 9 meses. Además, observaron al cabo de 1 año de evaluaciones incrementos significativos en la biomasa radical y peso promedio del racimo.

González y Fernández (2003) argumentan “que incrementando el uso de antagonistas tales como: hongos micorrízicos, nematófagos y endofíticos nativos o introducidos, bacterias y otros depredadores naturales en combinación con abonos orgánicos (compost, humus, vermicompost) representan una alternativa importante para la producción de un banano ambientalmente sostenible”.

No se debe dejar de mencionar que algunos investigadores han utilizado extractos de algunas plantas y árboles como controladores de nematodos. Entre estos, se encuentra el

extracto de la corteza de *Quillaja saponaria* (arbusto del jabón), conocido comercialmente en Costa Rica como QL Agri. El cual, pertenece a la familia de las Rosaceae, originaria de Chile. El extracto proveniente de este arbusto, es rico en: saponinas, poli-fenoles, sales y azúcares. Ha sido utilizado como repelente de insectos, para control de hongos, bio-estimulante y para controlar nematodos. Estudios realizados en uvas, mostraron mortalidades hasta de un 100,0% de *Meloidogyne* (Omar *et al.* 1994 y Sainz 1999). Además, se ha usado un producto conocido como Savitan, el cual es elaborado a partir de extractos de plantas de origen desértico y es rico en ácidos grasos (palmitito, esteárico y oleico) y ácido salicílico. Los ácidos grasos fortalecen las paredes celulares y el ácido salicílico activa el sistema de defensa de las plantas, como consecuencia la planta presenta un incremento en la resistencia al ataque de patógenos. El producto actúa sobre los nematodos de dos formas: 1) retardando el proceso de muda y 2) desorientándolo debido a la presencia de sustancias aromáticas en el producto (DeRuned 2005).

## **2.2. Aspectos económicos de la actividad bananera**

### **2.2.1. El banano como producto fresco en el mercado internacional**

El banano era un producto desconocido en el mercado Estadounidense y Europeo, hasta antes del año 1866. Las primeras frutas se importaron en Estados Unidos a finales del siglo XIX llevados por embarcaciones que navegaban por América Tropical. Las primeras exportaciones de banano centroamericano se registraron en: Guatemala en 1842, Honduras en 1860, Panamá en 1866 y Costa Rica en 1879 (Soto 2002).

La variedad denominada “Gros Michel”, proliferó en todo el mundo convirtiéndose en la única exportable. Esta variedad fue prácticamente erradicada por la enfermedad conocida como Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*). En el siglo XIX los británicos habían descubierto en el sur de China la variedad “Cavendish”, la que pasó a sustituir a la “Gros Michel” y prácticamente desde 1960 es la única variedad que se comercializa en todo el mundo.

Según datos de FAO (2006) la producción mundial de banano fue de 72.557.073 toneladas métricas en el 2004 y se distribuyó de la siguiente manera: India 23%, Brasil 9%,

China 9%, Ecuador 8%, Filipinas 8%, Indonesia 7%, Costa Rica 3%, México 3%, Tailandia 3%, Burundi 2%, Colombia 2%, Viet Nam 2% y otros acumulado 21%. El banano por su importancia como alimento de autoconsumo en países como India, Brasil y China, es muchas veces cultivado en parcelas familiares, para el consumo de la misma familia y si llegan a obtener un exceso de producción es comercializado a nivel local.

El volumen de las exportaciones mundiales de banano para el 2004, según datos de la FAO (2006), fue de 15.933.940 toneladas métricas, las cuales se distribuyeron a como se indica a continuación: Ecuador 29%, Costa Rica 13%, Filipinas 11%, Colombia 9%, Guatemala 7%, Honduras 4%, Panamá 2%, Camerún 2% y otros acumulados 23%. Esta distribución pone de manifiesto que los principales países exportadores a nivel mundial son: Ecuador, Costa Rica, Filipinas y Colombia.

El Centro de investigaciones sobre mercados sostenibles (CIMS) (2003) indica que las exportaciones de banano desde Ecuador se han mantenido relativamente estables en los últimos 10 años, con un pico en 1997 y un incremento importante en el 2003, exceptuando esto se ha mantenido en niveles similares desde 1998. Por otra parte, las exportaciones de Costa Rica disminuyeron entre 1998 al 2002, incrementando levemente a partir del 2003; mientras que las exportaciones desde Colombia se han mantenido estables. Filipinas incremento sus exportaciones a partir de 1999 hasta llegar a ser el segundo exportador de banano a nivel mundial en el año 2001, disminuyendo posteriormente para mantenerse como el tercer país exportador de esta fruta a nivel mundial.

El CIMS (2003), menciona en su informe que tradicionalmente las exportaciones provenientes de Latinoamérica se dirigen en su mayoría al mercado de Estados Unidos, pero en los últimos años se ha observado un aumento de las exportaciones hacia la Unión Europea. Por otra parte, el banano proveniente de Filipinas se exporta principalmente al mercado Asiático, por lo general no compiten directamente con el banano de Latinoamérica, aunque Filipinas esta promoviendo la exportación hacia la Unión Europea.

Según FAO (2006), existen 119 países importadores de banano para el 2004. Con un volumen de importación mundial de 14.652.568 millones de toneladas métricas. La

distribución de las importaciones mundiales se indican a continuación: Unión Europea 32%, Estados Unidos 26%, Japón 7%, Federación Rusa 6%, Canadá 3%, China 3%, Argentina 2%, Irán 2%, Polonia 2% y otros acumulados 17%. Estados Unidos es el país individual con mayor volumen de importación con aproximadamente 3,8 millones de toneladas métricas en el 2004. No obstante, el bloque económico con mayor volumen de importación lo constituye la Unión Europea con aproximadamente 4,7 millones de toneladas métricas de banano para dicho año.

### **2.2.2. Tendencias actuales del cultivo de banano**

En los últimos años se ha observado una fuerte tendencia de conversión de plantaciones de banano por otros cultivos, como piña. Esta tendencia se dio a raíz de los precios bajos del banano, que aun no se recuperan. Es de esperar que las empresas transnacionales, a raíz de la crisis en los precios y la creciente eficiencia en sus sistemas productivos, compren menos fruta a los productores independientes; obligándolos, a cambiar sus plantaciones bananeras por opciones más rentables.

Al mismo tiempo a nivel global, se ha observado un creciente interés por conservar el medio ambiente y cuidar la salud personal. Esta tendencia ha impulsado en los productores independientes a continuar produciendo banano bajo tecnologías alternativas, a fin de suplir la creciente demanda por productos sostenibles. Por lo que, muchas bananeras en la actualidad cuentan con certificaciones tales como: ISO 14000, EUREPGAP, SA 8000, “Rain forest alliance”, Banano para comercio justo y Banano orgánico. El interés de producir banano orgánico esta creciendo rápidamente, debido principalmente a que este tipo producto tiene mejores precios a nivel internacional. En general según datos de CIMS (2003) los precios de banano orgánico oscilaron entre \$5,40 a \$8,50 por caja de 18,14 kg, dependiendo del origen, la empresa comercializadora, el destino y las características de la fruta.

### **2.2.3. Importancia del sector bananero en la economía Costarricense**

Costa Rica, es el segundo mayor exportador de banano de Latinoamérica, después de Ecuador. Para el período comprendido entre 2000 – 2003, exportó 1971 millones de toneladas. Esto representó un ingreso aproximado de 514 millones de dólares. Sin embargo, se puede observar una disminución del área sembrada, producción y exportaciones de banano



en el país a partir de alrededor de 1998 (Fig. 6). Esto se debe básicamente a la reducción de los precios en Estados Unidos y la Unión Europea, y al incremento en los costos de los insumos y el transporte, producto del aumento en los precios del petróleo (FAO 2001). La Corporación Bananera Nacional (CORBANA) (2003) reporta que Costa Rica finalizó el 2003 con 134 fincas, de las cuales el 99,5% se ubican en la zona del caribe. El cantón de Matina alberga el 22,8% del cultivo, Pococí con el 22,3% y el resto se encuentra repartido en los cantones de Siquirres, Sarapiquí, Limón, Guácimo y Talamanca. Además, La actividad bananera genera en Costa Rica unos 40.000 empleos directos y 100.000 indirectos, lo cual reafirma la importancia de dicha actividad para la economía del país.

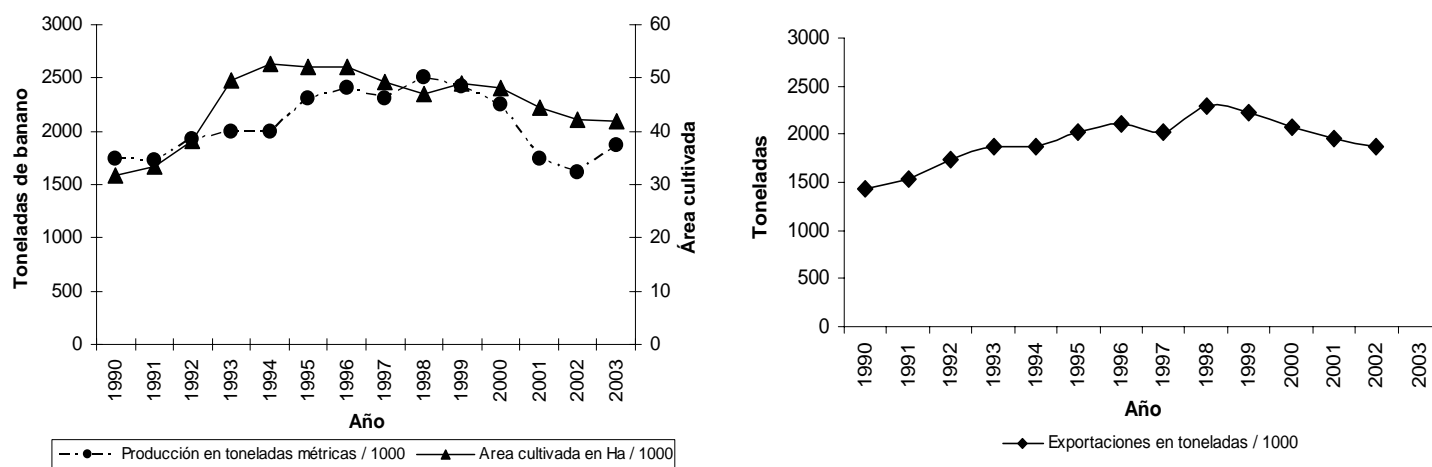


Figura 5. Producción, superficie sembrada y exportaciones de banano de Costa Rica en el periodo 1990 a 2003.

Fuente: Departamento de economía y sociología de FAO (2004). Grafico elaborado por el autor.

El cultivo de banano esta siendo afectado por la incidencia incremental de plagas y enfermedades, dentro de las cuales están los nematodos que afecta al sistema radical (Dochez *et al.* 2000).

#### 2.2.4. Importancia económica del nematodo *Radopholus similis* en banano

El *R. similis* puede causar pérdidas que oscilan entre 15,0% y 80,0% dependiendo de la severidad de la infección. Esto se debe principalmente a que el sistema radical se debilita, producto del ataque, disminuyendo la absorción y transporte de agua y nutrientes, causando una reducción en el tamaño del racimo y longitud de los dedos. Jones (1996) reportó pérdidas

de rendimiento en Costa Rica entre 30,0% – 40,0%, en Honduras y Guatemala reducciones entre 10,0% - 20,0%. En ensayos de campo con cero aplicaciones de nematicidas entre el 2002 y 2003 (datos sin publicar) realizados en la Finca Agrocomercial EARTH, mostraron reducciones en rendimientos de hasta un 60,0% y disminuciones importantes en peso de raíz total y funcional.

### **2.2.5. Relación entre *Radopholus similis*, sanidad radical y producción de banano**

En la mayoría de las plantaciones bananeras de Costa Rica, las poblaciones de nematodos son monitoreadas regularmente. Se miden variables tales como peso de raíz total, peso de raíz funcional y número de nematodos. La decisión para la aplicación de nematicida se basa en las condiciones climáticas, cambios en el peso de raíz y número de nematodos, biodegradación de los nematicidas y record de uso de los nematicidas (Moens *et al.* 2001). En el proceso decisión de aplicación de nematicidas, el número de nematodos juega un papel importante y 10.000 *R. similis*/100g de raíz funcional es utilizado como el umbral económico de aplicación (Tarté y Pinochet 1981). Sin embargo, en otros países se le brinda más atención al daño o necrosis del sistema radical. Posiblemente, esto se deba a que el daño del sistema radical es el resultado de una interacción compleja entre factores bióticos y abióticos, los cuales no solo incluye nematodos sino también hongos, bacterias, tipo de suelo, concentraciones Al, Fe y Mn, y condición de drenajes (Moens *et al.* 2001).

Moens *et al.* (2001) encontraron correlaciones significativas entre el número de *R. similis* y daño del sistema radical tanto en plantas madres como en hijos de sucesión. Para *R. similis* y daño de raíz de la planta madre, reportaron un coeficiente de correlación de 0,66 y para *R. similis* y daño de raíz del hijo de sucesión, reportaron un coeficiente de 0,71. Además, realizaron un análisis de regresión no lineal entre  $\text{Log}_{10}$  *R. similis* y el grado de necrosis, expresado en una escala de 0 a 10, del sistema radical de plantas madres e hijos de sucesión. Encontraron una relación cuadrática entre las variables antes mencionadas, aunque el  $R^2$  no fue mayor a 0,50 indicando que la regresión encontrada explica el 50% de la variación de los datos del estudio.

Por otro lado, Serrano y Marín (1998) correlacionaron el peso de raíz funcional con la productividad, expresada en cajas/ha/año, y el ratio (cajas/racimos procesados) del sector

bananero de Costa Rica, para el periodo de 1987 a 1997. Encontraron coeficientes de correlación de 0,85 y 0,92 respectivamente. Además, Serrano (2003) estudió la relación entre el contenido de raíz funcional y la productividad de 16 años, de 1987 a 2002, del cultivo de banano. Encontró una regresión lineal significativa entre la productividad y el peso de raíz funcional con  $R^2$  de más de 0,80.

## **2.2.6. Modelo micro económico**

### **a. Análisis de inversiones de una finca bananera**

El análisis de inversiones considera los costos y beneficios a través de la existencia de una inversión en particular. Para inversiones bananeras, es conveniente utilizar indicadores basados en la relación de los beneficios y costos actualizados, debido a los largos plazos de inversión en los cuales se experimentan cambios en el valor del dinero a través del tiempo (Piedra 2003).

Dentro de las fincas bananeras se busca explorar diferentes opciones de manejo y demostrar los posibles resultados al seleccionar una opción de las posibles alternativas, debido a que establece la rentabilidad del sistema productivo en términos del valor del activo, para este caso la plantación de banano más la tierra, e indica al inversionista la factibilidad económica de implementar un plan de manejo sostenible de una plantación bananera (Maginnis *et al.* 1998, Gómez y Quirós 2001), tomando en consideración que:

- a) un proyecto bananero posee un horizonte de tiempo significativo, por lo que, la técnica de descuento es importante en el calculo de la rentabilidad, debido a que representa las preferencias individuales del inversionista.
- b) históricamente el sector bananero es afectado por distorsiones en su mercado de fruta fresca, así como, la creación de mercados imperfectos para insumos o factores de producción.
- c) es necesario medir los impactos de usos alternativos del suelo, o sea, el costo de oportunidad.

## **b. Análisis costo e ingreso**

Esta clase de análisis estudia los costos y beneficios de un proyecto de inversión a precios de mercado y establece sus relaciones en forma de indicadores, reflejando las preferencias individuales intertemporales de los inversionistas a través del uso de tasas de descuento, ya que calculan valores específicos para cada inversionista.

A continuación se presentan algunos aspectos que deben ser tomados en cuenta al realizar un análisis costo e ingreso (Boarmann *et al.* 2001):

- a) Presentar diferentes alternativas de inversión o costos de oportunidad.
- b) Determinar los costos e ingresos.
- c) Pronosticar impactos que puedan afectar el ciclo productivo.
- d) Utilizar una de las técnicas de descuento del método del valor presente, para considerar las preferencias individuales intertemporales de los inversionistas.
- e) Evaluar el efecto de los factores de producción sobre la rentabilidad de la inversión.

Los indicadores económicos para una inversión, como el de una finca de banano, se basa en la actualización de los costos e ingresos del flujo de caja en el ciclo productivo, asumiendo que las proyecciones hacia el futuro están libre de la inflación. Por tanto, en este análisis de inversiones se utilizan precios constantes y tasas de interés reales a través del tiempo dentro de los periodos de análisis (Gómez y Quirós 2001, Navarro 2004).

## **c. El valor del bananal**

Las tierras utilizadas para la producción de banano pueden tener muchos usos potenciales, que van desde la forestería hasta otras actividades agrícolas y pecuarias. Para optar por producir banano sostenible, los costos del manejo sostenible deben ser menores o iguales que los costos de la actividad a la cual se dedicaba el suelo antes del cambio a banano sostenible.

Para inversiones que utilizan la tierra como bien de capital, puede usarse el método de valor presente neto (VPN) para conocer cuanto esta dispuesto a pagar el inversionista por un activo (en este caso bananera), descontando al presente un flujo de caja con una tasa de

descuento aceptable para el inversionista. El VPN es conocido como el valor de uso de la tierra o valor esperado de la tierra (VET). Para obtener el VET, basado en los ingresos netos por concepto de su uso, se debe descontar el flujo de caja proyectado en el ciclo productivo (Filius 1992, Klemperer 1996).

Para inversiones agrícolas, utilizando dicho concepto, el uso de la tierra con aptitud bananera dentro de un manejo sostenible, debe proveer un ingreso neto superior, sobre otros usos alternativos para prevalecer como uso en este sitio del paisaje. Para este análisis se utiliza el VET, el cual es un indicador de la voluntad de pago por el terreno limpio, asumiendo todas las rotaciones a perpetuidad y considerando las preferencias particulares del inversionista. O sea, que la voluntad de pago es el monto máximo que un inversionista puede ofrecer por la tierra limpia para dedicarla a otra actividad y ganar al menos el retorno sobre el capital invertido a la tasa mínima aceptable de descuento (TMA) del inversionista por una serie infinita de rotaciones.

El ciclo de producción que maximiza el VET se conoce como el ciclo de producción óptimo, regido por el teorema de Faustmann, Presler y Ohlin (Filius 1992, Klemperer 1996, Navarro 2004). El cual indica que un ciclo productivo es óptimo cuando el crecimiento porcentual del valor del cultivo (cultivo + tierra) sea igual a la tasa guía de la inversión, aquí es cuando renovamos el cultivo y este es el punto donde calculamos el VET máximo.

Según Filius (1992) y Klemperer (1996), el VET fue aplicado inicialmente en plantaciones forestales y considera el activo tierra proyectando a perpetuidad todos los ciclos productivos futuros a partir de reproducir el flujo de caja que describe el primer ciclo productivo. Esta simplificación no toma en cuenta cambios en la tecnología, precios de insumos, productos y cambios en la productividad del sitio.

Adaptando el VET al manejo sostenible de banano, dicho concepto, puede ser llamado Valor Esperado del Bananal o Valor del Banano (VBa), El cual significa el precio máximo que se podría pagar por el bananal (tierra + cultivo de banano + infraestructura) y al menos ganar el retorno sobre el capital invertido en producción y tierra. El VBa calcula el valor del

cultivo porque no se sabe cuanto del valor calculado corresponde al banano y cuanto a la productividad de la tierra. El VBa se calcula mediante la siguiente formula matemática:

$$VBa = \frac{\sum_{t=1}^T (I_t - C_t) \cdot (1+i)^{T-t}}{(1+i)^T - 1}$$

I: ingresos brutos por ha

C: costos totales por ha

i: tasa de descuento real

T: periodo total del análisis (ciclo productivo)

t: periodos del análisis (año)

La ecuación calcula el valor máximo que se puede pagar por el bananal, tomando en consideración un número infinito de ciclos productivos y se asume un rendimiento mínimo sobre la inversión, que equivale a la tasa de descuento usada en el análisis como un costo al capital invertido a lo largo de todos los ciclos productivos proyectados a futuro. En el numerador se muestran los ingresos netos obtenidos por venta de fruta fresca dentro del ciclo productivo, los cuales provienen de los ingresos brutos y los costos incurridos en el manejo sostenible de la plantación dentro del ciclo de producción. Ambos, costos e ingresos, se encuentran capitalizados por medio del factor  $(1+i)^{T-t}$  hasta el final del ciclo, calculándose la renta futura de un ciclo productivo del bananal que finaliza con los costos de renovación del sistema productivo.

Posteriormente, se calcula el VPN llevando los ciclos productivos a perpetuidad al dividir por el factor de descuento  $(1+i)^T - 1$  (Klemperer 1996, Navarro 1999, Gómez y Quirós 2001, Navarro 2004). El criterio de selección del VBa como indicador de rentabilidad es el ciclo productivo que maximiza el VBa y este debe ser superior que el precio de venta de mercado del bananal.

Klemperer (1996), Filius (1992) y Navarro (2004) indican algunas ventajas y desventajas de utilizar el VET como indicador dentro del análisis de inversiones; las mismas se enumeran abajo.

Ventajas:

- Permite determinar el valor máximo que se puede pagar por la tierra según su uso.
- Evalúa las inversiones en el mismo horizonte de tiempo (a perpetuidad).
- Puede comparar inversiones con diferentes ciclos productivos.
- Determina el valor del activo por medio de la voluntad de pago.
- El modelo depende del precio de mercado de la tierra, por lo que, puede influir en la aceptación o rechazo de proyectos de inversión.

Desventajas:

- Los resultados dependen de la tasa de descuento que debe estar cuidadosamente seleccionada y justificada para el tipo de inversionista para quien se le hace la valoración.
- El modelo asume que los ciclos productivos idénticos se repiten hasta la perpetuidad, lo cual no pasa en la realidad.
- La fórmula asume ciclos productivos a perpetuidad, esta es una situación que puede crear la ilusión de que un uso de la tierra o sistema productivo sea sostenible.
- El modelo depende del cumplimiento de una serie de supuestos.

#### **d. Premisas del modelo**

Johansson y Löfgren (1985) señalan que para este tipo de estudios se deben considerar una serie de supuestos de forma explícita, las cuales son establecidas por las condiciones controladas de un mercado perfecto. Esto brinda una herramienta de investigación que permite predecir el comportamiento del inversionista que busca maximizar sus beneficios. Dichas premisas se enuncian a continuación (Navarro *et al.* 2005):

- Los precios de las cajas de banano y los insumos son conocidos y constantes durante el periodo de análisis.
- Los rendimientos del cultivo son conocidos y libres de riesgos biológicos y ambientales.

- La tierra es un bien de mercado que puede ser vendida, comprada y rentada en un mercado perfecto. Sin embargo, el mercado no está en equilibrio por ello su precio y su valor son diferentes y se analizan bajo el cambio de uso de la tierra.
- El mercado de capitales es imperfecto. Hay tasas de interés para prestar y arrendar dinero a precio de mercado. Pero el mercado es perfecto en el sentido que no se contempla racionamiento de capital y las tasas también pueden ser conocidas y constantes.

### **2.2.7. Evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones**

Para la evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones, se utilizó como herramienta el análisis de sensibilidad. El cual puede ser utilizado para facilitar la toma de decisiones dentro de una empresa bananera. Este permitirá identificar los factores de producción (intertemporal) que más afectan la rentabilidad de la inversión. El análisis se lleva a cabo variando controladamente los factores que aportan variación a la inversión y se recalcula el indicador utilizado (en este caso el VBa) (Boardman *et al.* 2001).

En estudios donde se involucra el VBa como indicador, el análisis permite determinar el efecto de los cambios de algunos factores de producción sobre el VBa. Dichos cambios pueden ser llamados escenarios del estudio. Estos escenarios incluyen parámetros que afectan la rentabilidad de la inversión, tales como, cambios en la tecnología de control de nematodos, precio de la caja de banano, rendimientos del cultivo, tasa de descuento, entre otros (Maginnis *et al.* 1998).

A continuación se presentan los diferentes escenarios considerados en la presente investigación:

#### **a. Cambios en la tecnología de control de nematodos**

La tecnología de control de nematodo mayormente utilizada en las fincas bananeras es la aplicación de nematicidas sintéticos. “Su uso se ha expandido sin disponer de suficiente investigación que permita alertar a los productores sobre sus requerimientos para un control efectivo o al menos económico. Igualmente se carece de información sobre los posibles



efectos depresivos en el ambiente, trabajadores y demás componentes de la diversidad biológica” (Araya 1995).

La lucha contra los nematodos es continua y la búsqueda de nuevas tecnologías de control con menos riesgos para el ambiente y la salud es igualmente permanente. Las avermectinas aisladas de *Streptomyces avermitilis* han revelado un efecto nematostático similar a ethoprop y fenemiphos en el control de *Meloidogyne incógnita* (Jonson y Feldmesser 1987). También, se ha evaluado el uso de materia orgánica, extractos vegetales, feromonas, hongos y bacterias como tecnologías para control de nematodos en fincas bananeras (Araya 2004; Araya y Vargas 2005; zum Felde *et al.* 2003).

Los cambios tecnológicos de control de nematodos pueden mejorar la productividad de la actividad bananera, debido a que la tecnología funcione eficientemente, o provocar el efecto contrario si resulta poco eficiente. Además, los cambios tecnológicos conllevan a variaciones en los costos de la fincas, debido a variaciones de precios de insumos, frecuencia de aplicación, técnica de aplicación, dosis, entre otros.

#### **b. Precios de la caja de banano**

Los precios de banano fresco han mostrado variaciones importantes a través del tiempo. Este precio es gobernado por la oferta y demanda del producto. No obstante, el precio del banano a nivel de finca, conocido como “Free On Board” (FOB), está determinado por las grandes empresas comercializadoras tales como Dole, Chiquita y Del Monte. El precio FOB es el que se le pagó al productor en el puerto de exportación al momento de realizar la exportación (CIMS 2003).

La variación en los precios se debe principalmente por la sobreoferta mundial del producto, a la competencia con frutas de estación en los mercados destino y el tipo de sistema de producción (orgánico, fair trade o sostenible). Entre 1999 y 2000 los precios de banano bajaron a niveles históricos, debido a la sobreoferta mundial calculada en 100 millones de cajas de 18,14 Kg para dicho periodo. Los precios se recuperaron en el 2001, debido a que la oferta mundial de banano disminuyó dada a la reducción de precios de los dos años anteriores; oscilando actualmente entre 5 y 6 dólares estadounidenses por caja. Durante el primer semestre de cada año los precios son más altos que los del segundo semestre, esto se

debe a la competencia con otras frutas de estación como manzana, uvas, peras, entre otros. (CIMS 2003)

Según el CIMS (2003) el precio FOB de banano orgánico se ha mantenido estable a partir de mediados de 1997. Antes de ese año los precios FOB eran muy variables, alcanzando un pico en 1994 que oscilaba entre 16 y 28 dólares estadounidenses por caja. A partir de 1996 el precio decayó paulatinamente hasta llegar a los niveles actuales que fluctúan entre 8 y 11 dólares americanos por caja.

### **c. Rendimiento del cultivo**

La respuesta del cultivo de banano a variables fijas y factores de producción pueden estar determinadas por el modelo indicado por Jones y Cacho (2000), por lo cual el rendimiento del cultivo está fijado por factores como variedad, tipo de suelo, precipitación, enfermedades, plagas (por ejemplo nematodos), manejo de malezas, entre otros.

Entonces, la ecuación de la función de producción estaría representada por la siguiente expresión:  $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ . Si las variables de producción permanecen constantes y sólo cambia una de ellas, entonces será posible trazar las respuestas de rendimiento desde las variaciones en los parámetros evaluados. En consecuencia, se espera una disminución en el rendimiento del bananal mientras la densidad de nematodos se incrementa y viceversa (Acápite 2.2.5).

### **d. Tasa de descuento**

“La tasa de descuento es también conocida como la tasa mínima aceptable de retorno sobre el capital invertido (TMA). La TMA representa la tasa de retorno de la mejor alternativa de inversión a la que se renuncia y su magnitud se usa para caracterizar las preferencias particulares del inversionista” (Navarro 2004).

La TMA es utilizada para el cálculo del valor presente de un flujo de caja en un horizonte de tiempo que comprende varios años, lo cual indica que el valor presente depende del porcentaje de la tasa de descuento seleccionada. Una TMA alta indica un valor presente bajo y un ciclo productivo corto, y viceversa (Filius 1992). Por ejemplo, para proyectos

forestales entre menor es la TMA más largo son los ciclos de corta y mayor es el indicador calculado. Mientras que para TMA mayores ocurre lo contrario (Maginnis *et al.* 1998).

La TMA tiene mucha influencia en la rentabilidad de las inversiones, debido a la naturaleza misma del factor de descuento, el cual es exponencial. Por lo tanto, es importante minimizar los costos y maximizar los ingresos en periodos cortos de tiempo (Davies 1997, Maginnis *et al.* 1998). Para el caso de productores bananeros, se puede asumir que la TMA es el nivel de liquidez que estos tienen con la producción de banano y su impaciencia por tener el retorno de la inversión.

### **2.2.8. Estructura de costos e ingresos para el análisis de inversiones**

El éxito de una inversión bananera bajo manejo sostenible, requiere una condición de rentabilidad en todo el proceso. Esto incluye actividades como establecimiento, mantenimiento, manejo integrado de plagas, fertilización orgánica, manejo integrado de desechos, renovación, entre otros. Lo cual implica el conocimiento de todas las actividades que se realizan dentro de la finca, considerando todos los costos relacionados con la implementación de dichas actividades. Además, se requiere información sobre los ingresos por venta, cosecha y transporte de la producción del banano.

#### **a. Estructura de costos**

Para el análisis se requiere de información acerca de los costos de la actividad bananera que van desde establecimiento hasta mantenimiento de la plantación. Se deben considerar los costos relacionados con la realización de estudios de campo (suelos, drenajes, topografía, entre otros). “Los costos totales se subdividen en dos categorías: costos fijos (CF) y costos variables (CV)” (Gómez y Quirós 2001).

Los CF para este estudio se derivan de inversiones fijas como caminos, maquinaria, equipo, infraestructura; las cuales tienen una vida útil de varios años. Además se consideran contrataciones u obligaciones permanentes, como costos de administración y pago de impuestos sobre bienes inmuebles. Los CV consideran los gastos en actividades como la mano de obra, los materiales, el empaque, el transporte y los servicios utilizados en el proceso de producción.

## **b. Estructura de ingresos**

El análisis se requiere, además, de información acerca de los ingresos provenientes de la venta de las cajas de banano, tales como precio de la caja y cantidad cajas producidas; así como los CV mencionados en la sección “a” del acápite 2.2.8 (Gómez y Quirós 2001).

### **2.2.9. Indicadores económicos de corto plazo**

Para el análisis de actividades productivas de corto plazo, normalmente menores a 1 año, como ocurre en la actividad bananera al estudiar los costos e ingresos que se generan durante 1 año dentro del ciclo productivo; puede optarse por los indicadores económicos de corto plazo, también conocidos como “indicadores no descontados” tales como el ingreso bruto, margen bruto, ingreso neto, relación ingreso total costo total, entre otros (Gómez y Quirós 2001).

El uso de los indicadores económicos de corto plazo se justifica en el hecho que en el corto plazo, los cambios en el valor del dinero no introducen alteraciones importantes en los resultados del análisis, excepto en condiciones de alta inflación lo cual amerita descontar los valores mensuales (Gómez y Quirós 2001).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue desarrollado en dos etapas:

1. **Manejo de *Radopholus similis*.** Se realizó una investigación que pretendió evaluar el efecto de productos biológicos sobre la reproducción del nematodo barrenador *R. similis* y sobre la promoción del crecimiento y producción de plantas de banano.
2. **Estudio económico.** Se llevó a cabo un estudio económico para determinar el efecto, a través del tiempo, de los productos biológicos en la rentabilidad de una empresa bananera.

#### 3.1. Localización del estudio

La investigación se llevó a cabo durante el año 2005 en la Finca Bananera de la Empresa Agrocomercial EARTH, ubicada en el cantón de Guácimo en la provincia de Limón, Costa Rica. La finca se localiza entre los 83° longitud oeste y 10° latitud norte y a una altura de 50 m.s.n.m.

La finca posee una precipitación promedio anual 3200 mm. La humedad relativa es de 80,0%. La temperatura máxima oscila alrededor de 31°C, con media de 27°C y una mínima de 22 °C (EARTH 2001). La finca tiene 268.14 hectáreas con una producción total para el año 2004 de 590.000 cajas de 18,14 Kg<sup>1</sup>. Los suelos de la finca se clasifican entre clase III y IV con texturas franco arenosas.

#### 3.2. Descripción de los proyectos seleccionados

La Finca Bananera de la Empresa Agrocomercial de EARTH se divide en cinco proyectos y su nomenclatura es: a) Proyecto 1A, b) proyecto 1B, c) Proyecto 2, d) Proyecto 4 y e) Proyecto 5. Se eligieron para el estudio los proyectos 1A, 1B, 2 y 4, debido a que en estos proyectos predomina una sola variedad de banano, conocida como “Williams”. Además, dichos proyectos facilitan la logística para la implementación y ejecución de la investigación. Se presenta una descripción general de los proyectos de la Finca Bananera de la Empresa Agrocomercial EARTH en los Anexos 2, 3, 4 y 5.

---

<sup>1</sup> Quirós, L. 2004. Productividad de la Empresa Agrocomercial EARTH (entrevista). Guácimo, CR, Universidad EARTH.

### 3.3. Área física de investigación

Se seleccionó un cable por proyecto (según nomenclatura de la finca), los cuales se mencionan a continuación: a) Proyecto 1A – cable 5, b) proyecto 1B – cable 2, c) Proyecto 2 – cable 4 y d) Proyecto 4 – cable 1. En cada uno de estos cables se estableció un bloque o repetición, el cual consistió de siete unidades experimentales de aproximadamente 1000 metros cuadrados cada una, para un total de 28 unidades equivalentes a 2,77 hectáreas (Cuadro5). En el Anexo 7 se presenta el croquis general de campo que fue utilizado para este estudio.

Cuadro 5. Descripción general del área del estudio.

| Proyecto | Cable | Área total del cable (Ha) | Área total del estudio (Ha) | Repetición |
|----------|-------|---------------------------|-----------------------------|------------|
| 1A       | 5     | 6,85                      | 0,70                        | 1          |
| 1B       | 2     | 7,64                      | 0,76                        | 2          |
| 2        | 4     | 7,25                      | 0,71                        | 3          |
| 4        | 1     | 6,00                      | 0,60                        | 4          |
| Totales  |       | 27,74                     | 2,77                        |            |

### 3.4. Premuestreo

Se realizó un premuestreo en las áreas seleccionadas, para determinar la presencia del nematodo barrenador *R. similis* en el sitio de estudio. Para lo cual, se tomaron 5 sub-muestras de raíz por unidad experimental, de plantas en estado fenológico entre F10 y FM. Estas fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio RAMIREZ BINS S.A. La extracción de los nematodos fue realizada con la metodología de macerado y filtrado de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) que es una adaptación al método Taylor y Loegering (1953), el cual se detalla en Araya (2002).

### 3.5. Plantas para el muestreo

Se utilizaron plantas comercialmente establecidas del grupo Cavendish variedad “Williams”. Las plantas fueron seleccionadas y marcadas de acuerdo a su edad, altura y número de hojas, de modo que fueran lo más similar posible. Por lo que, se marcaron en estado fenológico entre F10 y FM (Anexo 6) con características viables de una planta joven y sana. Se marcó un promedio de 55 plantas por unidad experimental. Todas las plantas recibieron el manejo agronómico de una finca bananera comercial.

### 3.6. Descripción de tratamientos

Los tratamientos fueron siete: una mezcla de varios hongos nematófagos, un hongo muerto, dos extractos vegetales, materia orgánica tipo Bokashi, un testigo comercial (manejado mediante el uso alterno de 2 diferentes nematicidas) y un testigo absoluto. En el Cuadro 6 se describen los tratamientos utilizados.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos utilizados en el estudio.

| Tratamiento | Código                       | Tipo             | Empresa                        | Ingrediente activo   | Dosis/ha       | Aplicaciones/año                    |
|-------------|------------------------------|------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------------|
| T1          | H. nematófagos               | Hongo            | Agricultura Creativa S.A,      | <i>Arthrobotrys oligospora, A. botryospora, Dactylella brochophaga y Drechmeria coniospora</i> | 4,8 L          | 5 (febrero a abril. Junio y julio ) |
| T2          | DiTera                       | Hongo            | Valent BioSciences Corporation | <i>Myrothecium spp</i>   | 10 kg          | 6 (a partir de febrero)             |
| T3          | Savitan                      | Extracto vegetal | DeruNed <sub>bv</sub>          | Extracto de plantas de origen desértico  | 2,0 L          | 6 (a partir de febrero)             |
| T4          | QL Agri                      | Extracto vegetal | Casa Agri                      | <i>Quillaja saponaria</i>  | 20 L           | 4 (febrero a mayo)                  |
| T5          | Bokashi*                     | Materia orgánica | EARTH                          | Microorganismos eficientes y desperdicios banano y pinzonte                                    | 5 Ton          | 2 (febrero y mayo)                  |
| T6          | Furadan® 10G<br>Counter® 15G | Nematicida       | DUPONT<br>BAYER                | Carbofuran<br>Terbufos   | 50 kg<br>36 kg | 2 (febrero y mayo)                  |
| T7          | Testigo absoluto             |                  |                                |  |                |                                     |

\*Una descripción detallada del proceso de elaboración del bokashi en la Empresa Agrocomercial se encuentra detallado en Valle (2004) (Anexo 15).

Todos los tratamientos fueron aplicados frente al hijo de producción formando una media luna de aproximadamente 60 cm de radio, a partir de la base del hijo de sucesión.

### 3.7. Variables evaluadas

Para determinar el efecto de los productos biológicos utilizados para el control de nematodos se definieron las siguientes variables: a) Manejo de nematodos (población del nematodo barrenador *R. similis*, raíz total y raíz funcional), b) Promoción del crecimiento (altura de la planta, circunferencia del pseudo-tallo, total de hojas y distancia de entrenudos), c) Producción (peso del racimo, grado y longitud del dedo central de la segunda mano basal, número de manos y total de dedos) y d) Nutrición mineral (Nutrientes en suelo en: 1. banda de fertilización y 2. fuera de la banda de fertilización; nutrientes en tejido foliar).

#### 3.7.1. Manejo de nematodos

Para la evaluación de población de nematodos, se realizaron 6 muestreos partiendo 1 mes después de aplicados los tratamientos, hasta que se alcanzó la floración; seleccionando al

azar 5 plantas/tratamiento/repetición entre las plantas marcadas en la sección 3.5 (muestreo a través del estado fenológico de las plantas). En total se realizaron 6 muestreos mensuales durante el periodo de estudio. A dichas plantas, se les extrajo una muestra de raíz excavando un hueco de 30 x 30 x 30 cm. Las muestras fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio de nematología RAMIREZ BINS S.A., para que fueran analizadas a través de la metodología de macerado y filtrado, que es una adaptación al método Taylor y Loegering (1953), el cual se detalla en Araya (2002).

### **3.7.2. Promoción del crecimiento**

Para evaluar las variables de crecimiento, se seleccionaron al azar 10 plantas (del grupo marcado en la sección 3.5)/tratamiento/repetición. Estas fueron marcadas con una cinta, registrándose los datos a partir del momento de la marcación hasta alcanzar la floración. En total se realizaron 4 muestreos a intervalos de 1,5 meses a partir de la marcación. Se evaluó: a) Altura de la planta, en cm, partiendo de la base del pseudotallo hasta la inserción de la hoja bandera con ayuda de una estadia graduada en cm, b) circunferencia, a una altura de 100 cm de la base del pseudotallo utilizando una cinta métrica, c) total de hojas, a través de un conteo visual y d) distancia de entrenudos, medido desde la inserción de la hoja bandera hasta la última hoja, utilizando una estadia graduada en cm.

### **3.7.3. Variables de producción**

Para medir las variables de producción se cosecharon las plantas marcadas en la sección 3.7.2, los racimos cosechados fueron transportados hacia la planta empacadora en donde se les realizó las siguientes mediciones: peso del racimo mediante una balanza de reloj de  $50 \pm 0,25$  Kg; grado y longitud del dedo central de la segunda mano basal con ayuda de un calibrador de 7/8 de pulgada con divisiones de 1/32 de pulgada y una cinta para medir; el número de manos y total de dedos por conteo visual.

### **3.7.4. Variables de nutrición mineral**

Se seleccionaron al azar cinco plantas, de las marcadas en sección 3.5, y se muestrearon en dos sitios: 1) en la banda de fertilización y 2) en la entrecalle (o sea, fuera de la banda de fertilización). Se obtuvieron, por tanto, dos muestras compuestas por cinco sub-muestras por unidad experimental. Las sub-muestras se tomaron con un barreno de tornillo a una profundidad de 0 –20 centímetros. Para la muestra foliar se utilizaron las mismas cinco



plantas seleccionadas en el muestreo de suelos. De cada una se cortó la hoja número 3 (de arriba hacia abajo) y se tomó una banda de la sección central de ambos limbos de la hoja (15 x 10 centímetros), eliminando el borde extremo de la lámina. Ambos muestreos se realizaron al inicio, mediado y final del estudio. Las muestras fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad EARTH para ser analizadas según la metodología descrita en su manual de laboratorio (Arrieta y Jiménez 2002).

### 3.8. Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado para analizar las diferentes variables de respuesta (control de nematodos, crecimiento, producción y nutrición) fue bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones y con mediciones en el tiempo.

Se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} + m_k + \tau * m_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$\beta_i$  = efecto del  $i$  ésimo bloque

$\tau_j$  = efecto del  $j$  ésimo tratamiento

$m_k$  = efecto de las mediciones en el tiempo

$\tau * m$  = efecto de la interacción tratamiento por medición

$\varepsilon$  = errores experimentales, los cuales se distribuyen normal e independiente con esperanza cero y varianza común.

### 3.9. Análisis estadístico

Los resultados de cada variable de respuesta fueron analizadas a través de un análisis de varianza ANAVA, para determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Para esto se utilizó el procedimiento análisis de la varianza del programa estadístico Infostat versión 2005 p1 (Anexo 14). Los resultados de conteo de nematodos fueron transformados antes de realizar el análisis estadístico utilizando la función  $\text{Log}_{10}(x +$

1). Las medias fueron comparadas mediante una prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ).

### **3.10. Estudio económico**

El análisis económico estudia los costos y beneficios a precios de mercado y no mercado, y determina sus relaciones en términos de indicadores. Además, brinda información sobre cuando se requieren los fondos y cuando se espera recibirlos (análisis ex ante), o presenta cuando se ejecutaron las actividades productivas y el flujo real de costos e ingresos, durante el periodo de análisis y balance final (análisis ex post) (Gómez y Quirós 2001).

#### **3.10.1. El caso base**

La información para este estudio fue obtenida de la Empresa Agrocomercial de la Universidad EARTH. También, proviene de los resultados obtenidos del estudio de control biológico de nematodos llevado a cabo en esta investigación. El estudio comprende un análisis de inversiones basado en las diferentes tecnologías sostenibles evaluadas en el estudio de campo de la presente investigación (Cuadro 6).

El método utilizado en este estudio fue el análisis de costo ingresos, el cual involucra la estimación del VBa, tomado como el valor de la tierra del bananal más la plantación de banano. El VBa es una herramienta para estudiar la rentabilidad en inversiones que tienen que ver con el suelo y la plantación agrícola, desde el punto de vista de los ciclos productivos, lo que permite comparaciones entre varias inversiones.

El caso base lo constituye 1 hectárea (Ha) de banano manejado convencionalmente. Los flujos de caja fueron estimados para el manejo de 1 Ha de banano bajo el paquete tecnológico convencional de producción bananera de Costa Rica. Dichos flujos de caja fueron basados en datos obtenidos de la Empresa Agrocomercial EARTH para el año 2005.

#### **a. Estructuras de costos e ingresos**

Para elaborar las estructuras de costos e ingresos para una finca bananera, se utilizó como herramienta una reunión de trabajo, que involucró al gerente de producción y al gerente financiero de la Empresa Agrocomercial EARTH.

La información para clasificar y determinar los costos, para una finca de banano, fue estimada a partir de los registros financieros de la finca bananera. Los costos fueron clasificados en CV y CF. A su vez estos costos son subclasificados en establecimiento de la plantación, mantenimiento de la plantación, cosecha, empaque y transporte de la fruta. Dentro de las diferentes subclasificaciones se incluyen los costos de la mano de obra y materiales. Los ingresos fueron calculados en base al precio de mercado de la caja de banano y el volumen de producción estimado por año.

### **b. Estimación de la curva de producción**

Para la elaboración de la curva de producción del estudio, se utilizó como herramienta la curva de producción histórica de la finca bananera La Cartagena (ubicada en el cantón de Guácimo, Costa Rica), debido básicamente a que esta finca posee registros de producción de 10 años a partir de la siembra. Esta información fue adaptada para las condiciones productivas de la bananera de EARTH.

Dicha información fue graficada para 15 años de producción, ya que después de este periodo cualquier estimación estaría sujeta a un margen de error muy grande<sup>2</sup>; debido básicamente, a que son pocas las fincas que poseen registros de tanto tiempo. Además, para periodos mayores a 15 años los efectos sobre la producción de factores como clima y pérdida de fertilidad de los suelos son difíciles de estimar.

Posteriormente se realizó una regresión no lineal, permitiendo obtener una relación entre la producción en cajas por Ha por año y el tiempo de siembra a 15 años de producción. Por lo tanto, esta regresión no lineal produjo una relación polinómica de tercer grado, la cual constituye la curva de producción estimada para este estudio.

### **c. Precio de la caja de banano**

El precio para el caso base fue el promedio de precio percibido por la Finca Bananera de la Universidad EARTH durante el año 2005. Para obtener dicho precio se recurrió a los registros de cajas exportadas e ingresos percibidos durante el periodo 2005. Se dividió el total

---

<sup>2</sup> Soto, M. 2005. Curvas de producción históricas para banano en Costa Rica (comunicación personal). Guácimo, CR, Universidad EARTH.

de ingresos entre la cantidad de cajas exportadas, obteniéndose como resultado el precio promedio de la caja de banano para el año 2005, el cual fue de US \$5,45 / caja.

### **3.10.2. Análisis de inversiones**

#### **a. Modelo micro económico**

A partir de los volúmenes de producción por año estimados para 15 años, el flujo de caja de la finca de banano, el precios de mercado de la caja de banano y de la tierra con aptitud bananera; se evaluaron diferentes ciclos productivos para encontrar el ciclo que maximiza el valor del bananal (VBa máximo).

Se construyó el modelo, en una hoja de cálculo, a partir de los costos e ingresos que ocurren para cada ciclo productivo. El modelo corresponde a uno de los criterios de eficiencia del método de valor presente neto. Este método utiliza el concepto de tasa de descuento para poder comparar flujos de caja que ocurren en diferentes momentos en un horizonte de producción largo. El valor descontado corresponde al valor esperado del bananal o VBa (Navarro 2004). La ecuación matemática del modelo se explica detalladamente en la sección “c” del acápite 2.2.6.

#### **b. Tasa de descuento**

Para análisis de inversiones normalmente se utilizan flujos de caja a precios constantes, lo cual requiere la aplicación de una tasa de descuento real, o sea, que se le ha descontado el efecto de la inflación. Esto aplica cuando se realizan proyecciones de costos e ingresos para periodos futuros (CONAP 1999).

Los ingresos y costos, en este estudio, se definieron a precios constantes, tomando como base el año donde se realizaron los cálculos, año 2005. Además, para este estudio se definió una tasa mínima aceptable de descuento basada en el nivel de liquides de la empresa, para ello se esta usando la tasa de interés en dólares a que tiene acceso la empresa para este tipo de inversión. Para el cálculo de la tasa de descuento real se utilizó la siguiente formula matemática:

$$\text{Tasa real} = \left[ \frac{(1 + \text{Tasa nominal})}{(1 + \text{Tasa inflación})} \right] - 1,$$

Fuente: Klemperer (1996)

La TMA es comparable a la tasa de interés de préstamo, ya que expresa el nivel de liquidez del inversionista, el grado de percepción de riesgo y el nivel de conocimiento de la actividad productiva; por lo que la TMA para el caso base se fijó en base a la tasa de préstamo nominal a la que tiene acceso la finca bananera con el BAC San José, que fue de 7,75% calculándose la TMA real en 4,22%.

### **3.10.3. Evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones**

Para la evaluación de varios factores de producción sobre la eficiencia de las inversiones, se utilizó como herramienta el análisis de sensibilidad. Para el cual se estimaron cuatro escenarios, teniendo como base las variaciones producidas por las técnicas de manejo sostenible de los nematodos adoptadas por la finca. Los escenarios se enumeran a continuación:

1. Cambios en la tecnología de control de nematodos.
2. Cambios en los precios de la caja de banano.
3. Variación en la producción de la finca bananera.
4. Variación de la tasa de descuento.

Se utilizó, en el análisis, el enfoque *ceteris paribus*, lo cual indica que al efectuar el análisis se toma el caso base y se cambia solo una variable por vez, mientras las otras permanecen constantes. A continuación se hace una descripción de los escenarios:

#### **a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos**

Para determinar el efecto sobre los costos de la finca, debido a la adopción de tecnologías alternativas para controlar nematodos, se procedió a la elaboración de un programa de control de nematodos para cada alternativa evaluada. A partir de este programa se calculó la cantidad de producto, mano de obra y materiales requeridos para cumplirlo. Posteriormente se calculó el costo por Ha por año de cada alternativa de control.

#### **b. Efecto del cambio en los precios de la caja de banano**

Para analizar el efecto del cambio en los precios de la caja de banano, se solicitó a CORBANA S.A. para el periodo de 1994 al 2005 la siguiente información a nivel nacional: 1) valor de las exportaciones en dólares estadounidenses y 2) volumen de las exportaciones

en cajas de 18,14 Kg. Se dividió 1 entre 2, resultando el precio promedio nacional por caja por año en dólares; posteriormente se calculó un promedio general de precio para todo el periodo 1994 – 2005, que fue de US \$5,31 / caja. Este precio representó la situación de bajos precios enfrentada por los productores de banano en algunos años. El precio para las épocas de buen precio fue fijado en base al precio presupuestado para el año 2007 en la Empresa Agrocomercial EARTH, siendo de US \$6,00 / caja<sup>3</sup>.

### **c. Efecto de la variación en la producción de la finca bananera**

Se exploró el efecto del cambio de tecnologías de control de nematodos en la producción de la finca de banano, para ello se recurrió al análisis de las evidencias encontradas en el peso del racimo (etapa de campo de esta investigación) debido a las aplicaciones de las tecnologías de control de nematodo. Basados en dicha información se calculó el porcentaje de incremento o disminución del peso de racimo respecto a la tecnología de control convencional. Estos incrementos o disminuciones fueron asumidos como incrementos o disminuciones de producción respecto al caso base.

### **d. Efecto de la variación en la tasa de descuento**

Para analizar el efecto de la variación en la TMA real se utilizó la tasa de interés pagada en un certificado de ahorro para 1 año, al que tiene acceso la empresa con el BAC San José, la cual fue de 5,0% para una TMA real de 1,56%. Esta tasa representó a los productores con un buen nivel de liquidez y que no necesitan tomar dinero prestado para realizar sus inversiones. Para representar a los inversionistas con poco nivel de liquidez y que requieren tomar crédito agrícola para realizar sus inversiones, se utilizó la tasa de interés nominal en dólares de 13,0% (TMA real de 8,76% ) ofrecida por el Banco Nacional de Costa Rica.

### **3.10.4. Indicadores económicos de corto plazo**

Para el análisis económico de corto plazo se utilizó la estructura de costos de la empresa diferenciándolos en costos fijos y variables, y se consideró la estructura de ingresos. A partir de esta información se llevó a cabo un análisis de costos e ingresos en el corto plazo o sea para 1 año dentro del ciclo productivo, ya que esta fue la unidad de medición seleccionada para la presente investigación, y se calcularon indicadores de corto plazo: Margen bruto (MB)

---

<sup>3</sup> Barrantes, R.; Quiros, L. 2006. Comportamiento de los precios de la caja de banano en la Empresa Agrocomercial EARTH (comunicación personal). Guácimo, CR, Universidad EARTH.

Ingreso neto (IN) y Relación ingreso/costo (I/C). Se utilizó para el análisis el años 3 que representa un año promedio de producción y el año 10 que fue el año en que se maximiza el VBa.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Manejo de *Radopholus similis*

Los resultados para la variable población de *R. similis*, mostrados en la Fig. 6, expresan que hubo diferencia significativa para los tratamientos ( $P=0,017$ ). Los mejores controles fueron registrados con los nematicidas químicos (Furadan-Counter), seguido de los hongos nematófagos y Bokashi. Aunque, la diferencia del Bokashi no fue lo suficiente para ser estadísticamente significativo del resto de tratamientos según la prueba de Duncan.

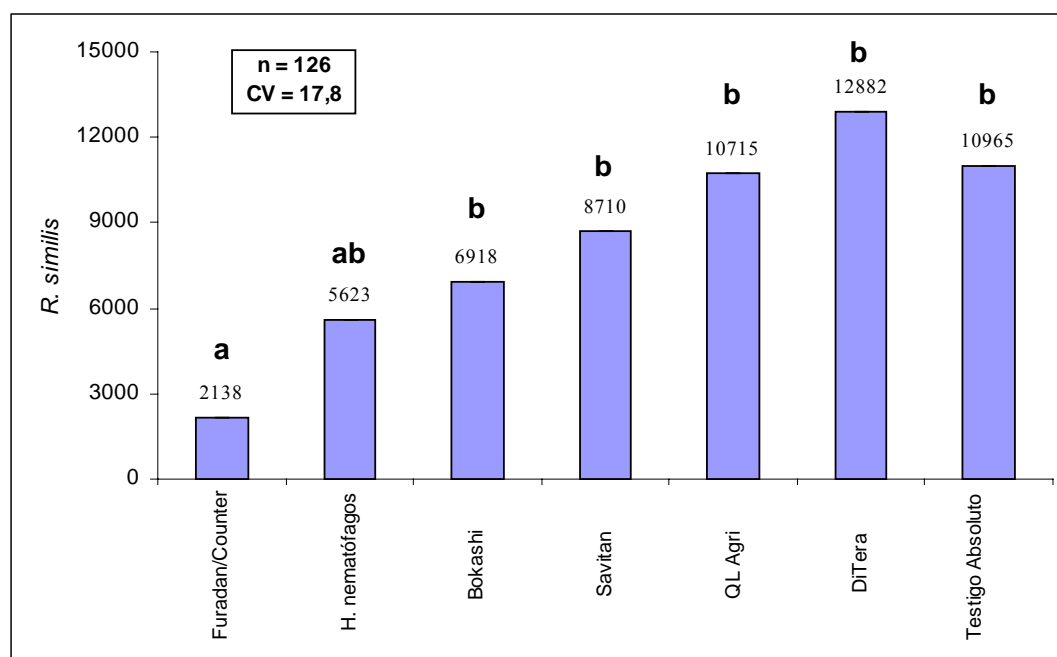


Figura 6. Efecto de los productos biológicos sobre el control de *R. similis* después de 6 muestreos realizados en los sitios de estudios.

En la Fig. 7 A y B, se presenta la dinámica poblacional de *R. similis* a través del ciclo fenológico de la planta de banano. Las curvas de cada tratamiento fueron comparadas contra el tratamiento químico y el testigo absoluto. En la Fig. 7 A se comparan los diferentes tratamientos contra el tratamiento químico, indicando que las poblaciones de *R. similis* de todos los tratamientos biológicos estuvieron por arriba del tratamiento químico, exceptuando el Bokashi en abril y agosto, hongos nematófagos en mayo y Savitan en mayo y agosto. Además, las poblaciones en los tratamientos Bokashi, y Savitan disminuyeron de forma



consistente a partir de junio hasta el final del estudio. En la Fig. 7 B se comparan los diferentes tratamientos contra el testigo absoluto, indicando que los tratamientos químicos y Bokashi mantuvieron las poblaciones de *R. similis* por abajo del testigo absoluto durante el periodo de investigación. Las poblaciones de *R. similis* en los tratamientos de hongos nemátofagos, QL agri y Savitan estuvieron por debajo del testigo absoluto a partir de mayo; pero las poblaciones en los tratamientos de los hongos nemátofagos y QL agri se incrementaron de forma consistente a partir de junio hasta finalizar el estudio.

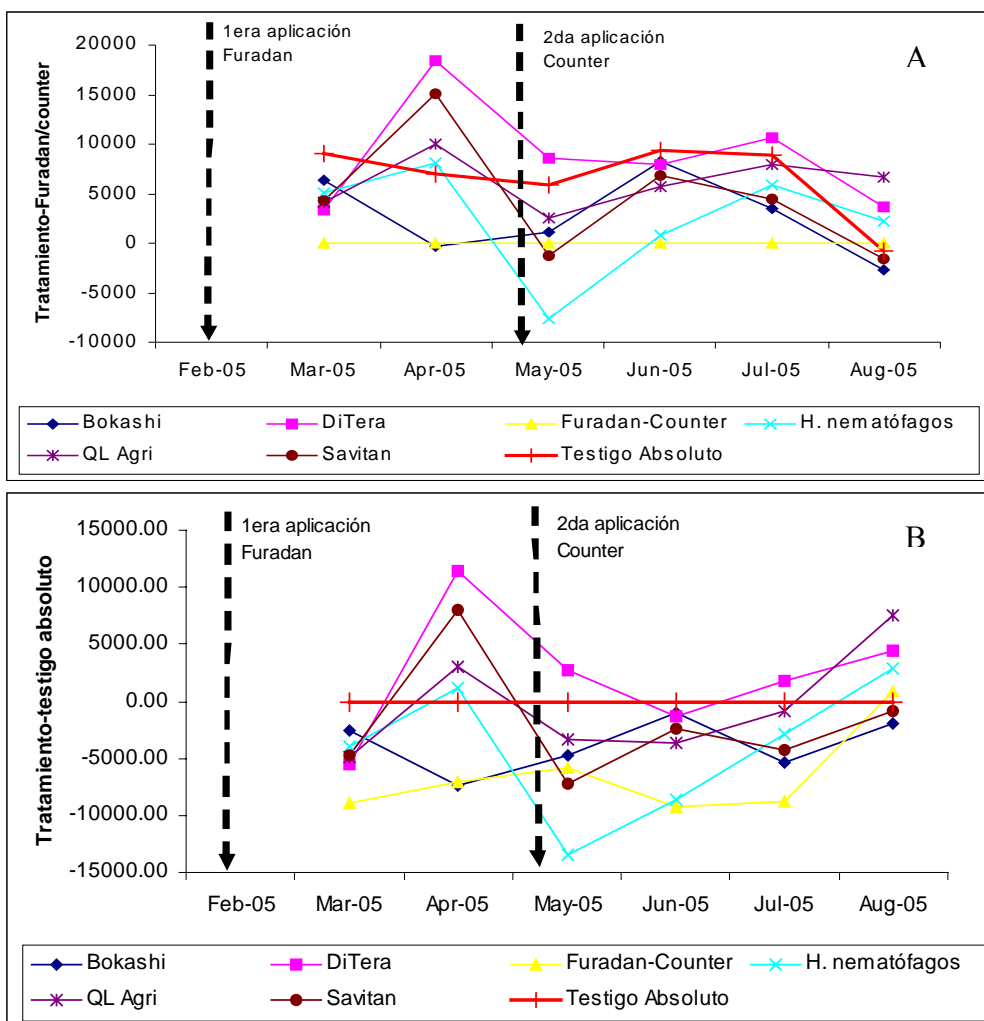


Figura 7. Efecto de los productos biológicos sobre la dinámica poblacional de *Radopholus similis* en el sistema radical de banano, después de 6 muestreos mensuales a través del ciclo fenológico. A: Diferencia entre los tratamientos y el testigo comercial. B. Diferencia entre los tratamientos y el testigo absoluto.

Los resultados para las variables peso de raíz total ( $P=0,481$ ) y peso de raíz funcional ( $P=0,305$ ), indican que no hubo diferencias significativas. Los tratamientos Bokashi y DiTera registraron los mayores promedios generales de peso de raíz total y funcional, dichos resultados concuerdan con los de otros investigadores (Elango 1999). Mientras que el tratamiento con hongos nematófagos registró el menor promedio para raíz total y el tratamiento Savitan presentó el menor promedio en raíz funcional.

Cuadro 7. Efecto de los productos biológicos sobre la condición radical después de 6 muestreos realizados en los sitios de estudios.

| <b>Tratamiento</b> | <b>Raíz total (g)</b> | <b>Raíz funcional (g)</b> |
|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| Bokashi            | 64,89 a               | 40,78 a                   |
| DiTera             | 57,11 a               | 35,44 ab                  |
| Furadan-Counter    | 55,50 a               | 34,00 ab                  |
| H. nematófagos     | 52,22 a               | 31,33 ab                  |
| QL Agri            | 53,67 a               | 34,67 ab                  |
| Savitan            | 54,50 a               | 28,83 b                   |
| Testigo Absoluto   | 56,44 a               | 33,22 ab                  |

N=126. Promedios acompañados de letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas según la prueba de duncan al 5% de probabilidad.

La Fig. 8 A y B, presenta el peso de raíz total y funcional a través del ciclo fenológico de las plantas de banano. La gráfica indica que el Bokashi se mantuvo estable por arriba del tratamiento químico a partir de abril hasta agosto y al compararlo con el testigo absoluto se mantuvo estable encima desde mayo hasta finalizar el estudio. El Savitan mostró consistentemente el menor promedio en peso de raíz funcional.

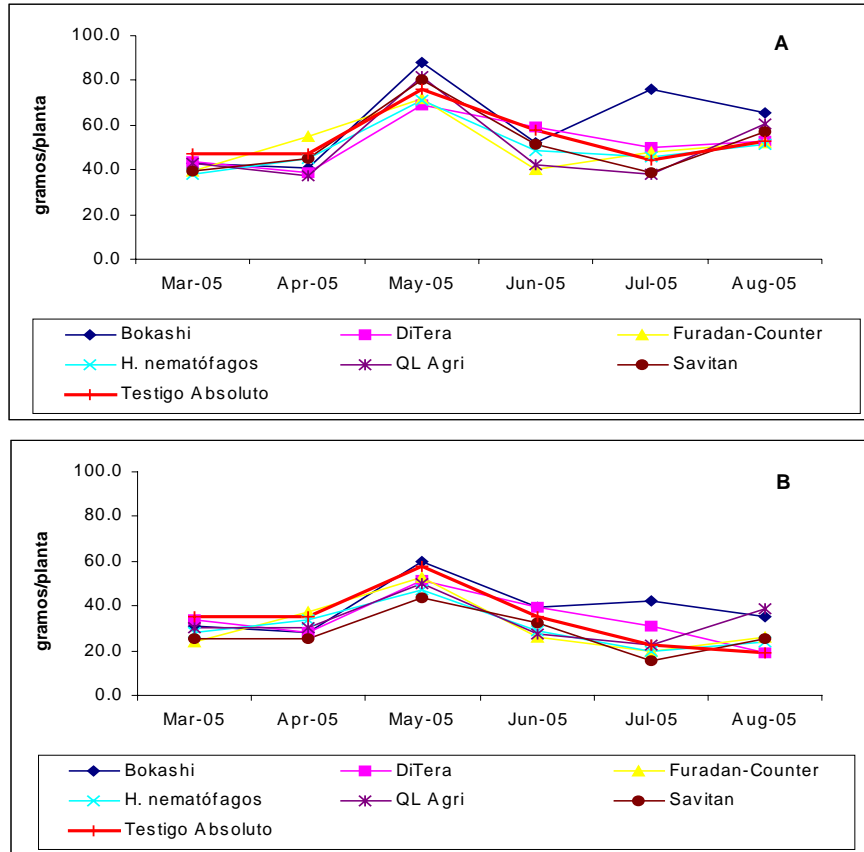


Figura 8. Efecto de los productos biológicos sobre la sanidad radical del banano, después de 6 muestreos mensuales a través del ciclo fenológico. A. Raíz total y B. Raíz funcional.

#### 4.2. Promoción del crecimiento

Los resultados obtenidos para las variables altura de planta y circunferencia del pseudotallo (Cuadro 8), indicaron que no hubo diferencias significativas ( $P=0,307$ ) y ( $P=0,377$ ) respectivamente. La mayor altura fue detectada en el tratamiento químico con 342,24 cm y el mayor diámetro fue detectado en el testigo absoluto con 64,73 cm seguido del tratamiento químico con 64,36 cm. La menor altura y diámetro fue detectada en el tratamiento Bokashi con 316,01 cm y 62,16 cm respectivamente.

Para las variables total de hojas y distancia entre hojas (Cuadro 8) se encontró diferencias significativas ( $P=0,027$ ) y ( $P=0,005$ ) respectivamente. Para total de hojas DiTera difiere estadísticamente del tratamiento químico, pero este no difiere estadísticamente del

testigo absoluto, según la prueba de Duncan. Para la variable distancia entre hojas el tratamiento químico mostró el mayor promedio difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos, exceptuando el Bokashi que se comportó similar al químico.

Cuadro 8. Efecto de productos biológicos sobre la promoción de crecimiento (en cm) en banano cultivar Williams, después de 7 meses de crecimiento a partir de entre F10 - FM.

| Tratamiento            | Altura  | Circunferencia | Total hojas | Distancia entre hojas |
|------------------------|---------|----------------|-------------|-----------------------|
| <b>Bokashi</b>         | 316,01a | 62,16a         | 8,48ab      | 8,85ab                |
| <b>DiTera</b>          | 335,87a | 63,73a         | 9,32b       | 8,57a                 |
| <b>Furadan-Counter</b> | 342,24a | 64,36a         | 8,06a       | 9,68b                 |
| <b>H. nematófagos</b>  | 327,39a | 62,96a         | 8,03a       | 8,65a                 |
| <b>QL Agri</b>         | 323,63a | 62,85a         | 8,24a       | 8,25a                 |
| <b>Savitan</b>         | 329,98a | 64,23a         | 8,70ab      | 7,91a                 |
| <b>Testigo Ads</b>     | 330,89a | 64,73a         | 8,84ab      | 8,03a                 |

n = 280. Promedios acompañados de letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

### 4.3. Producción

Los resultados de las variables de producción, mostradas en el Cuadro 9, indican que no hubo diferencias significativas en diámetro ( $P= 0,815$ ) y largo ( $P= 0,239$ ) del dedo central de la segunda mano basal, número de manos ( $P= 0,383$ ) y peso del racimo ( $P= 0,708$ ). Sin embargo, para diámetro del dedo, todos los tratamientos superaron al tratamiento químico, excepto hongos nematófagos y QL agri. Para la variable largo del dedo el tratamiento químico fue superado solo por DiTera. En número de manos por racimo el promedio más alto fue detectado en el tratamiento químico. En la variable peso de racimo el tratamiento químico fue superado por DiTera.

Cuadro 9. Efecto de productos biológicos sobre la producción de banano, medidos al momento de la cosecha.

| Tratamiento       | Diámetro<br>dedo central<br>2da mano<br>(cm) | Largo<br>dedo<br>central 2da<br>mano (cm) | Número<br>de<br>manos | Peso del<br>racimo (kg) | % de variación del<br>peso de racimo<br>respecto a<br>Furadan®-<br>Counter® |
|-------------------|--|---|-----------------------|-------------------------|---|
| Bokashi           | 3,47 a                                       | 23,27 a                                   | 6,67 a                | 23,77 a                 | -4  |
| DiTera            | 3,56 a                                       | 24,14 a                                   | 6,67 a                | 27,47 a                 | +11   |
| Furadan®-Counter® | 3,46 a                                       | 23,42 a                                   | 7,67 a                | 24,73 a                 | ---   |
| H. nematófagos    | 3,39 a                                       | 23,15 a                                   | 7,00 a                | 22,53 a                 | -9  |
| QL Agri           | 3,43 a                                       | 23,42 a                                   | 7,00 a                | 23,03 a                 | -7  |
| Savitan           | 3,62 a                                       | 21,89 a                                   | 6,33 a                | 21,37 a                 | -13   |
| Testigo Absoluto  | 3,48 a                                       | 23,71 a                                   | 6,33 a                | 23,13 a                 | -6  |

n = 28. Promedios acompañados de letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas según la prueba de duncan al 5% de probabilidad.

#### 4.4. Nutrición mineral

Para los análisis de nutrientes en el suelo y tejido foliar, no se detecto diferencias significativas (Cuadros 10 y 11; Anexos 8 y 9). En el suelo, todos los elementos se encuentran en el rango aceptable, excepto el Ca que se encontró por abajo del nivel óptimo y el Fe que se encontró por encima del nivel óptimo. En el tejido foliar todos los elementos se encontraron dentro de los niveles óptimos.

Cuadro 10. Efectos de los productos biológicos sobre la condición nutricional del suelo después de 7 meses de aplicación. Sitios de muestreo: A: Frente al hijo de producción y B: Entre calle o no frente al hijo de producción.

| Tratamientos           | pH        |      | cmol+/L   |      |        |      | P     |      | Fe      |    | ppm<br>Cu |     | Zn     |   | Mn     |   |        |    |
|------------------------|-----------|------|-----------|------|--------|------|-------|------|---------|----|-----------|-----|--------|---|--------|---|--------|----|
|                        | A         | B    | A         | B    | A      | B    | A     | B    | A       | B  | A         | B   | A      | B | A      | B |        |    |
| <b>Bokashi</b>         | 5,15      | 4,82 | 1,14      | 0,61 | 2,71   | 2,4  | 0,98  | 0,87 | 28      | 22 | 181       | 215 | 8      | 7 | 3      | 2 | 14     | 16 |
| <b>DiTera</b>          | 4,87      | 5,14 | 1,08      | 0,66 | 3,46   | 3,27 | 1,23  | 1,03 | 32      | 30 | 210       | 209 | 9      | 7 | 3      | 3 | 24     | 13 |
| <b>Furadan-Counter</b> | 4,7       | 5,28 | 0,67      | 0,57 | 2,57   | 4,03 | 0,94  | 1,45 | 47      | 38 | 266       | 225 | 7      | 8 | 4      | 4 | 35     | 28 |
| <b>H. netatófagos</b>  | 5,09      | 5,02 | 0,76      | 0,88 | 3,82   | 3,45 | 1,24  | 1,08 | 34      | 36 | 251       | 245 | 8      | 9 | 3      | 4 | 26     | 26 |
| <b>QL Agri</b>         | 5,27      | 5,45 | 1,01      | 1,04 | 4,65   | 3,82 | 1,72  | 1,28 | 40      | 38 | 217       | 207 | 8      | 9 | 4      | 3 | 28     | 20 |
| <b>Savitan</b>         | 4,98      | 5,28 | 0,71      | 0,72 | 3,59   | 4,23 | 1,15  | 1,31 | 50      | 42 | 242       | 217 | 8      | 8 | 3      | 3 | 38     | 19 |
| <b>Testigo Abs</b>     | 5,00      | 4,91 | 0,58      | 0,67 | 2,46   | 3,36 | 0,74  | 1,18 | 42      | 44 | 213       | 276 | 6      | 9 | 2      | 4 | 15     | 29 |
| Rangos óptimos*        | 5,5 - 6,5 |      | 0,2 - 0,6 |      | 4 - 20 |      | 1 - 5 |      | 10 - 20 |    | 10 - 100  |     | 2 - 20 |   | 2 - 10 |   | 5 - 50 |    |

\*Tomado de Berstch 1995

n = 28. ppm = mg/Kg (partes por millón).

Cuadro 11. Efectos de los productos biológicos sobre la nutrición de las plantas de banano después de 7 meses de aplicaciones.

| Tratamiento       | -----%----- |             |             |             |             | -----ppm----- |         |         |     |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------|---------|-----|
|                   | N           | P           | K           | Ca          | Mg          | Fe            | Cu      | Zn      | Mn  |
| Bokashi           | 2,34        | 0,21        | 5,07        | 0,71        | 0,31        | 92            | 10      | 16      | 225 |
| DiTera            | 2,31        | 0,21        | 4,96        | 0,76        | 0,33        | 64            | 10      | 16      | 208 |
| Furadan-Counter   | 2,32        | 0,19        | 5,16        | 0,72        | 0,35        | 102           | 11      | 16      | 249 |
| H. nematófagos    | 2,25        | 0,2         | 5,25        | 0,77        | 0,33        | 100           | 11      | 16      | 185 |
| QL Agri           | 2,3         | 0,22        | 5,14        | 0,8         | 0,35        | 91            | 9       | 16      | 244 |
| Savitan           | 2,48        | 0,21        | 4,96        | 0,76        | 0,34        | 86            | 10      | 14      | 222 |
| Testigo Abs       | 2,25        | 0,22        | 5,3         | 0,75        | 0,3         | 91            | 10      | 15      | 160 |
| Niveles normales* | 2,60 - 3,50 | 0,18 - 0,29 | 2,70 - 4,53 | 0,71 - 1,00 | 0,18 - 0,36 | 70            | 11 - 24 | 18 - 43 | 650 |

\*Tomado de Soto 1992

n = 28. ppm = mg/Kg (partes por millón).

## **4.5. Estudio económico**

### **4.5.1. Caso base**

Existen factores que afectan el valor del bananal, dichos factores influyen de forma positiva o negativa en la rentabilidad de la actividad bananera. Entre los factores positivos se encuentra el cambio en la tecnología de control de nematodos, ya que se espera que haya mayor control sobre los nematodos resultando en raíces más sanas y por consiguiente un incremento en la productividad de la finca (Serrano y Marín 1998). El precio de la caja de banano también influye positivamente, ya que si se produce con tecnologías sostenibles el mercado paga un Premium en el precio de la caja mejorando de este modo la rentabilidad de de la finca bananera (CIMS 2003).

Entre los factores negativos se puede mencionar la tasa de descuento, ya que inversiones evaluadas con tasas de descuento altas producen menor rentabilidad; este el caso de la mayoría de los productores de banano independientes que no cuentan con suficiente liquidez y deben optar por préstamos para realizar sus inversiones<sup>4</sup>. Además, el incremento en los costos causados por cambiar de una tecnología de control de nematodos convencional, basada en aplicaciones de nematicidas sintéticos, a una tecnología sostenible, fundamentada en el control biológico de nematodos, podría afectar negativamente la rentabilidad de una inversión bananera.

#### **a. Estimación de la curva de producción**

A partir de los registros de producción de Finca La Cartagena ubicada en el Cantón de Guácimo, Costa Rica (los datos fueron ajustados a las condiciones de la Finca bananera de EARTH), se estimó la curva de producción utilizada en la presente investigación (Fig. 9). Dicha curva fue estimada en base a una tecnología de producción que se mantuvo constante durante todo el periodo de análisis; la cual se describe a continuación:

La plantación se estableció en un área que estuvo dedicada al pastoreo por varios años; se inicio con una chapia del área y luego se subsoló, con el fin de mejorar el drenaje

---

<sup>4</sup> Barrantes, R. 2006. Situación económica de los productores independientes de banano en Costa Rica (comunicación personal). Guácimo, CR.

interno del terreno. Posteriormente, se procedió al diseño y construcción del sistema de drenajes, el cual constó de drenajes primarios, secundarios y terciarios, y se distribuyó la tierra que salio de los drenajes según la técnica de “semidomo”.

Después de construidos los drenajes se procedió al diseño y construcción del sistema de cable vía. Para al siembra se utilizó plántulas de la variedad “Williams” provenientes de cultivo de tejidos. El sistema de siembra utilizado fue en “tresbolillo”, las distancias de siembra fueron 2,50 m entre filas por 2,40 m entre plantas para 1.666 plantas / Ha.

Posterior a la siembra las principales labores son: a) Fertilización, a 2da semana, después de siembra, se aplica un DAP; a la 4ta y 6ta se aplica Sulfato de amonio; a la 8va Nitrate de amonio; 10ma DAP; de la 12ava a la 20ava en periodos de 2 semanas se aplica formula completa hasta que las plantas entran en producción (dosis 2 sacos / Ha), b) Deshija o poda de formación, se realiza en la 12va, 16ava y 20ava semana después de la siembra; c) Rodajear: eliminación de las malezas alrededor de cada unidad de producción y d) deshierba: chapear el resto del área de siembra.

Una vez que la plantación entra en producción las principales labores son:

- a) control de malezas, que consiste en aplicaciones de herbicidas cada 6 semanas;
- b) fertilización, consta de aplicaciones de formula completa cada 4 semanas;
- c) deshija (poda) de mantenimiento, selección del hijo de sucesión cada 8 semanas;
- d) resiembra, reposición de las unidades de producción perdidas cada 8 semanas;
- e) embolse, encintado, desflora, desmane, apuntalamiento y deshoje, todas estas labores se realizan semanalmente;
- f) Mantenimiento de drenajes cada 8 semanas;
- g) manejo de la sigatoka negra a través de aplicaciones de fungicidas que oscilan entre 40 y 52 ciclos al año (Anexo 12), las cuales se programan en base al sistema de monitoreo de la enfermedad conocido como preaviso biológico;
- h) el control de nematodos se lleva a cabo por medio del uso de 3 ciclos de nematicida al año (Anexo 11);
- i) control de otras plagas y enfermedades, se lleva a cabo con el uso de agroquímicos según lo indique el monitoreo constante;



y j) cosecha y empaque, la fruta es cosechada en el campo por cuadrillas de trabajadores y se transporta a la planta empacadora en donde se procesa la fruta para su exportación.

En base al paquete tecnológico antes descrito se estimó una curva de producción para ser utilizada en la presente investigación. La curva explica el comportamiento típico de una finca bananera que en los primeros 3 años (después de la siembra) la producción presenta una fase de incremento; aproximadamente del año 4 al año 8 las fincas entran en una fase de producción estable y a partir del año 9 la producción pasa por una fase de disminución paulatina de la producción.

Este comportamiento típico de una finca de banano se debe a que 6 meses (26 semanas) después de la siembra se inicia la primera floración extendiéndose durante aproximadamente 3 meses (12 semanas); a partir de la primera floración 7,4 meses (32 semanas) después inicia una segunda floración que se extiende aproximadamente de 3,2 a 3,7 meses (14 a 16 semanas), a partir del inicio de la segunda floración 9,2 meses (40 semanas) se da el inicio de la tercera floración extendiéndose durante un periodo de 4,2 a 4,6 meses (18 a 20 semanas). Después de la tercera floración la producción se estabiliza habiendo floraciones semanales<sup>5</sup>.

La producción de una finca de banano entra en una fase de disminución gradual de la producción debido al deterioro radical provocado por la “degradación paulatina de la propiedades físicas y químicas del suelo, deterioro de la actividad biológica, sistemas de drenajes deficientes (diseño, implementación, manejo y mantenimiento) y practicas pobres del manejo del cultivo (control de enfermedades, nematodos, insectos y malezas). Entre los factores climáticos se destacan la interacción entre la precipitación y la topografía, lo cual resulta en el deterioro rápido o paulatino de la raíz. Entre los factores biológicos sobresalen la pudrición de los cormos, incidencia de nematodos y disminución de la actividad biológica del suelo” (Gauggel *et al.* 2003, Serrano 2003, Marin 2003).

---

<sup>5</sup> Soto, M.; Barrantes, R. 2006. Comportamiento de la producción de bananera (comunicación personal). Guácimo, CR.

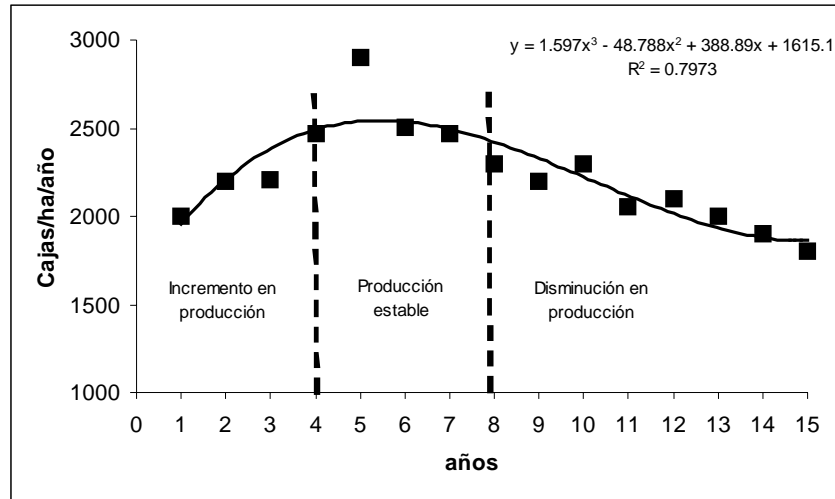


Figura 9. Curva de producción estimada para el análisis económico en cajas/ha/año.  
Fuente: Departamento de estadísticas de Finca La Cartagena (2006)

### b. Precios de la caja de banano

Los precios de la caja de banano históricamente han demostrado ser fluctuantes, desde 5,04 hasta 5,79 dólares por caja. Un periodo crítico para el sector bananero fue cuando desde 1998 los precios se desplomaron hasta el 2001, que poco a poco se están recuperando (Fig. 10) (CORBANA 2003). En la actualidad el consumidor de banano se preocupa por el medio ambiente y por su salud, por ello esta dispuesto a pagar un sobre precio por fruta producidas bajo un esquema de mayor sostenibilidad. En Ecuador, se ha registrado precios de hasta 9.0 dólares por caja de banano proveniente de sistemas de producción orgánico (CIMS 2003).

La empresa Agrocomercial de EARTH durante el año 2005 obtuvo un precio promedio por caja de banano para todo el año de US \$5,45. Mientras que para el 2007 se espera un precio promedio de US \$6,00 por caja. La empresa ha logrado mejores precios debido a que vende sin intermediarios a nicho de mercado en Estados Unidos y Europa. Además, la empresa posee su propia marca de exportación.

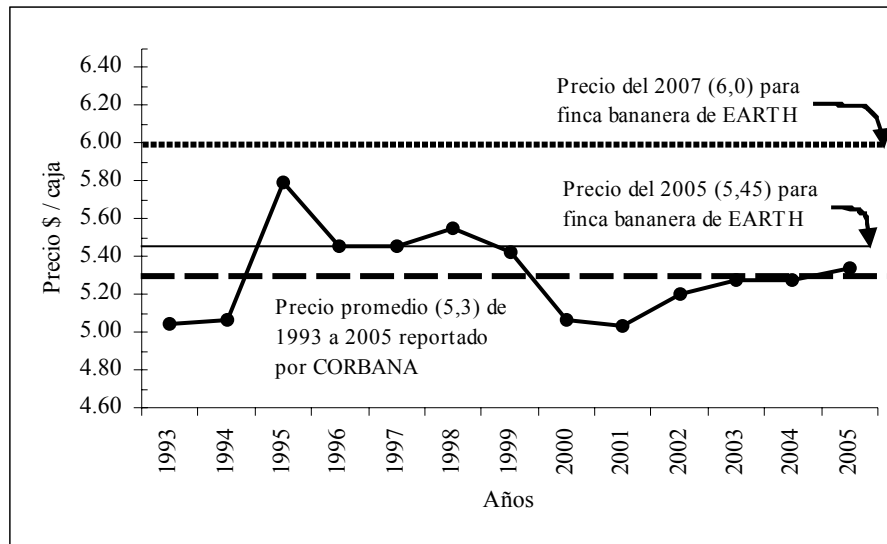


Figura 10. Promedio de precios anuales históricos para la caja de banano.  
Fuente: CORBANA (2003)

### c. Estructura de costos e ingresos de una finca bananera

Para llevar a cabo el análisis económico se elaboró la estructura de costos e ingresos en relación al ciclo productivo del cultivo de banano. Para este estudio el ciclo productivo fue proyectado a 15 años, ya que en este estudio se determinó el ciclo productivo óptimo. Se seleccionó el año como unidad de tiempo y la hectárea como unidad de superficie para el registro de los costos e ingresos. Los costos fueron divididos en costos fijos y costos variables.

Los costos fijos se clasificaron como establecimiento, mantenimiento y otros gastos, los cuales suman para el primer año US \$10.427 / Ha y US \$6.840 / Ha para el segundo año en adelante. Por otro lado, los costos variables fueron clasificados en cosecha, empaque y transporte, que suman en total US \$2,14 / caja. Además, se incluye el costo de renovación del cultivo al final del ciclo productivo. Los ingresos se obtienen a partir de la cantidad de cajas estimadas por año, en la curva de producción, multiplicada por el precio en dólares de la caja de banano percibido por la Finca de banano de EARTH durante el año 2005 (US \$5,45) (Cuadros 12 y 13). En base a la estructura de costos e ingresos se construyó el flujo de caja para el cultivo de banano. Este incluye los costos e ingresos proyectados anualmente para todo el ciclo productivo (Cuadro 14).

Cuadro 12. Estructura de costos para la producción de 1 Ha de banano a lo largo del ciclo productivo.

| Actividades Año 1   | Costo/Ha         |
|---|------------------|
| <b>1. Área de siembra</b>   | <b>2.826,30</b>  |
| Construcción de drenajes y distribución de tierra en semidomo                         | 1156,00          |
| Construcción del cable vía  | 1670,30          |
| <b>2. Establecimiento</b>   | <b>1.377,29</b>  |
| Compra de semillas  | 1017,50          |
| Acarreo, distribución, marcación con cuerdas, hoyado, siembra y recolección de bolsas | 277,50           |
| Resiembra   | 82,29            |
| <b>3. Mantenimiento</b>   | <b>4.450,69</b>  |
| Fertilización   | 1029,70          |
| Control de malezas-rodaja   | 142,87           |
| Control de malezas-chapea de área   | 137,80           |
| Control de malezas-herbicida  | 35,43            |
| Control de nematodos  | 327,30           |
| Control de sigatoka negra   | 1.206,60         |
| Desbajarar  | 141,60           |
| Deshojar  | 179,49           |
| Control de otras plagas   | 19,76            |
| Control de población-palettea   | 47,52            |
| Control de población-deshija  | 138,61           |
| Certificación ISO14000 y EUREPGAP   | 79,00            |
| Embolse-desflora  | 515,00           |
| Apuntalamiento  | 350,00           |
| Labores varias  | 100,00           |
| <b>4. Otros gastos</b>  | <b>1.773,00</b>  |
| Gastos de mantenimiento de activos  | 425,00           |
| Gastos administrativos  | 608,00           |
| Gastos overhead   | 553,00           |
| Beneficios  | 187,00           |
| <b>Total establecimiento y mantenimiento año 1</b>                                    | <b>10.427,28</b> |
| Actividades Año 2 en adelante   | Costo/ha         |
| <b>1. Mantenimiento</b>   | <b>5.067,95</b>  |
| Fertilización   | 1029,70          |
| Control de nematodos  | 396,35           |
| Control de malezas-chapea de área   | 179,14           |
| Control de malezas-herbicida  | 47,24            |
| Control de población-deshija  | 180,20           |
| Resiembra   | 82,29            |
| Deshojar  | 301,08           |
| Control de sigatoka negra   | 1.267,11         |
| Control de otras plagas   | 85,61            |
| Labores ambientales   | 19,75            |
| Embolse-desflora  | 515,00           |
| Apuntalamiento  | 350,00           |
| Mantenimiento y reparación de drenajes  | 266,00           |
| Labores varias  | 100,00           |
| Certificación ISO14000 y EUREPGAP   | 79,00            |
| Depreciaciones  | 169,47           |
| <b>2. Otros gastos</b>  | <b>1.773,00</b>  |
| Gastos de mantenimiento de activos  | 425,00           |
| Gastos administrativos  | 608,00           |

|   |                 |
|---|-----------------|
| Gastos overhead                                 | 553.00          |
| Beneficios                                      | 187.00          |
| Total mantenimiento año 2 en adelante           | <b>6.840,95</b> |
| <b>Renovación al final del ciclo productivo</b> | <b>5.583,73</b> |

Cuadro 13. Estructura de ingresos para 1 Ha de banano a lo largo del ciclo productivo.

| Años | Cantidad de cajas | Precio (US \$ / caja) | Costos de cosecha, empaque y transporte (US \$) | Ingreso total (US \$) |
|------|-------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| 1    | 1.957             |                       |   | 10.665                |
| 2    | 2.211             |                       |   | 12.047                |
| 3    | 2.386             |                       |   | 13.003                |
| 4    | 2.492             |                       |   | 13.583                |
| 5    | 2.539             |                       |   | 13.840                |
| 6    | 2.537             |                       |   | 13.827                |
| 7    | 2.494             |                       |   | 13.595                |
| 8    | 2.421             | 5,45                  | 2,14  | 13.197                |
| 9    | 2.327             |                       |   | 12.685                |
| 10   | 2.222             |                       |   | 12.111                |
| 11   | 2.115             |                       |   | 11.528                |
| 12   | 2.016             |                       |   | 10.987                |
| 13   | 1.934             |                       |   | 10.541                |
| 14   | 1.879             |                       |   | 10.242                |
| 15   | 1.861             |                       |   | 10.143                |

Cuadro 14. Flujo de caja para 1 Ha de banano proyectado al año 15.

| Edad | Costos fijos/ha | Producción Cajas/ha/año | Costos Cosecha y empaque | Ingresos | In Neto |
|------|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------|---------|
| 1    | 6.224           | 1.957                   | 4.197                    | 10.665   | 244     |
| 2    | 6.841           | 2.211                   | 4.741                    | 12.047   | 465     |
| 3    | 6.841           | 2.386                   | 5.117                    | 13.003   | 1.044   |
| 4    | 6.841           | 2.492                   | 5.346                    | 13.583   | 1.396   |
| 5    | 6.841           | 2.539                   | 5.447                    | 13.840   | 1.552   |
| 6    | 6.841           | 2.537                   | 5.442                    | 13.827   | 1.544   |
| 7    | 6.841           | 2.494                   | 5.351                    | 13.595   | 1.403   |
| 8    | 6.841           | 2.421                   | 5.194                    | 13.197   | 1.162   |
| 9    | 6.841           | 2.327                   | 4.992                    | 12.685   | 851     |
| 10   | 6.841           | 2.222                   | 4.767                    | 12.111   | 503     |
| 11   | 6.841           | 2.115                   | 4.537                    | 11.528   | 150     |
| 12   | 6.841           | 2.016                   | 4.324                    | 10.987   | -178    |
| 13   | 6.841           | 1.934                   | 4.149                    | 10.541   | -449    |
| 14   | 6.841           | 1.879                   | 4.031                    | 10.242   | -630    |
| 15   | 6.841           | 1.861                   | 3.992                    | 10.143   | -690    |

#### d. Tasa de descuento

En el análisis de inversiones, en la presente investigación, se considera un horizonte de producción a largo plazo, por lo que la TMA representa las preferencias del inversionista sobre el capital invertido a lo largo de dicho horizonte; además representa el costo de oportunidad del capital utilizado en la inversión. La TMA se encuentra en función de la percepción de riesgo de la actividad, nivel de liquidez y conocimientos sobre la actividad productiva por parte del inversionista. Actividades con mucho riesgo se evalúan con TMA mayores que las actividades con poco riesgo como los certificados a plazo ofrecidos por los bancos a nivel nacional (Navarro 2006).

La TMA fue calculada a partir de las tasas de interés del mercado de capitales para préstamos y ahorros del sector agropecuario de la banca nacional de Costa Rica. Estas tasas de interés nominales fueron corregidas por inflación para obtener tasas de interés y descuento reales. En el Cuadro 15 se presentan las tasas nominales y reales calculadas a partir de los datos colectados.

Las tasas de interés para crédito y ahorro agropecuario son diferentes; las primeras son mayores debido a que son tasas para actividades productivas que generan ingresos periódicos y necesitan mayor capital de inversión, mientras que las segundas son actividades que no generan ingresos. La TMA real para la actividad bananera se compara con la tasa de interés para préstamos y ahorros del sector productivo, ya que consideran el nivel de liquidez del inversionista (Navarro 2006).

Cuadro 15. Tipos de tasas interés e inflación según datos de la banca de Costa Rica, para el cálculo de la TMA.

| Tipo de tasa   | Nominal (\$) | Real (\$) |
|--|--------------|-----------|
| Certificado de ahorro con garantía público privado 1 año plazo, BAC San José-Banco Central de Costa Rica | 5,00 %       | 1,56 %    |
| Crédito para el sector agropecuario, BAC San José  | 7,75 %       | 4,22 %    |
| Crédito para el sector agropecuario, Banco Nacional de Costa Rica  | 13,00 %      | 8,76 %    |
| Inflación (2005) para Estados Unidos   | 3,39 %       |           |

Fuente: Departamento de contabilidad de la Universidad EARTH. Banco Nacional de Costa Rica.

#### **e. Valor del bananal como criterio de inversión y/o adopción de tecnología**

El valor del bananal se utilizó como indicador de inversiones para conocer la voluntad máxima de pago que puede tener una plantación bananera. También, se determinó el ciclo productivo óptimo que ofrece el mayor retorno de la inversión, el cual fue donde se calculó el VBa máximo. Para el cálculo del VBa, que constituyó el caso base, se partió de la estructura de costo e ingreso que describieron toda la actividad bananera durante todo el ciclo productivo. Para el cálculo se utilizó el costo de control de nematodos convencional (primer año US \$327 / Ha y del segundo año en adelante US \$396 / Ha), el precio promedio de la caja de banano percibido por la empresa en el año 2005 (US \$5,45), la producción estimada por año para todo el ciclo productivo (Cuadro 14) y una TMA de 4,22% que es la tasa de interés real a la que tiene acceso la empresa.

El cálculo del VBa fue realizado evaluando diferentes opciones de ciclo productivo proyectado hasta un horizonte 15 años, ya que después de este periodo cualquier estimación de producción se vuelve imprecisa. De este análisis se obtiene el ciclo productivo óptimo desde el punto de vista económico, y es el año de ciclo productivo que calcula el máximo VBa tal como se muestra en la Fig. 11.

El VBa fue comparado con el precio de mercado de la tierra con vocación bananera en la zona (US \$6000 / Ha)<sup>6</sup>, para determinar la aceptación o rechazo de la inversión para el cambio de tecnología de control de nematodos. El criterio fue el siguiente: la inversión se acepta si el precio de la tierra con vocación bananera (en la zona atlántica de Costa Rica) es menor al VBa calculado y viceversa.

El VBa alcanza un valor máximo de US \$8,806 / Ha con un ciclo productivo óptimo de 10 años. Según la curva de producción en este año se tiene una producción de 2.222 cajas / Ha. Al comparar el VBa máximo con el precio de la tierra con aptitud bananera se pudo observar que la actividad bananera en la zona atlántica de Costa Rica es rentable (US \$6000 / Ha < US \$8,806 / Ha). El ciclo productivo óptimo calculado indica el año en que se debe realizar la renovación de la plantación para obtener el máximo retorno de la inversión. En el

---

<sup>6</sup> Rodríguez, L.; Barrantes, R. 2006. Precio de la tierra aptas para banano (actualmente potreros) (Entrevista). Guácimo, Costa Rica

Anexo 13 se muestran los cálculos detallados de la estimación del VBa y el ciclo productivo óptimo.

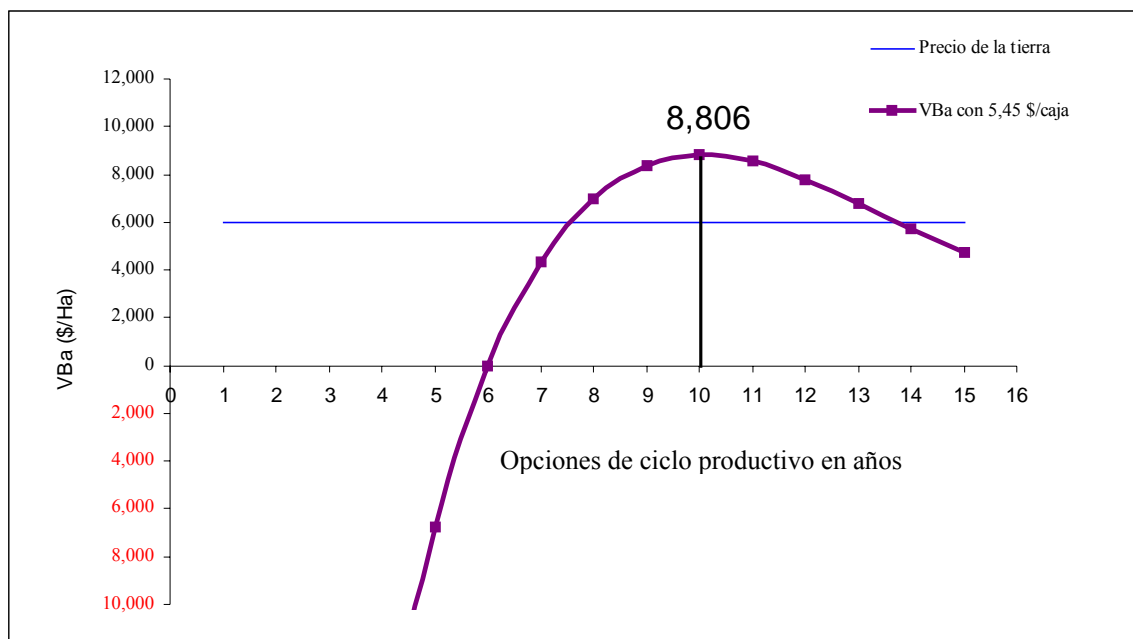


Figura 11. Estimación del valor máximo del bananal y su ciclo productivo óptimo.

#### 4.5.2. Factores que afectan el valor del bananal (sensibilidad del caso base)

Partiendo del caso base para la empresa bananera en estudio, se realizó un análisis para determinar el efecto que tienen algunos factores de producción sobre el valor del bananal. A partir del sistema de producción con control de nematodos convencional, se van cambiando los costos de las tecnologías de control de nematodos, ya que presentan distintas dosis, frecuencias y precios; se cambia el nivel de producción de la finca asumiendo que al cambiar de tecnología de control de nematodos se incrementa o se reduce; se varía el precio de la caja de banano, debido a que se espera que el mercado pague mayor precio por caja porque la empresa produce utilizando menor cantidad de agroquímicos; y se varía la TMA ya que en el sector bananero existen productores con distintos niveles de liquidez para financiar sus inversiones.

Para facilitar la comprensión del efecto que poseen las variables sobre el VBa se graficaron los resultados de los diferentes cálculos. En general, en las figuras se seleccionó en el eje de las X las opciones del ciclo productivo y en el eje de las Y el VBa expresado en



dólares por hectárea. El precio de la tierra bananera se encuentra graficado en forma horizontal, con el fin de compararlo con los VBa calculados. En el Anexo 13 se muestran los cálculos detallados utilizados para el análisis de sensibilidad.

#### **a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos**

Para determinar el efecto de la tecnología de control de nematodos sobre el VBa, se estimaron los costos de cada una de las tecnologías evaluadas en la presente investigación y se incluyeron en la estructura de costos de la finca bananera. En el Cuadro 16 se presentan los costos de las diferentes tecnologías de control de nematodos evaluadas, en los costos se incluyen el precio de los productos aplicados, las dosis en que se aplicaron, frecuencia de aplicación durante un año y la mano de obra requerida para cumplir con las aplicaciones.

El caso base parte del escenario que utiliza los nematicidas sintéticos como tecnología de control, posteriormente se sustituye el costo total / Ha / año del caso base por el costo de las diferentes tecnologías de control de nematodos evaluadas, con esto se determinó el efecto del cambio de tecnología en el VBa. En la Fig. 12 se presenta el efecto del cambio en el costo de control de nematodos sobre el VBa y sobre el ciclo productivo óptimo, cuya tendencia muestra que a mayores costos de control menor es el VBa. En el caso de la tecnología a base de hongos nematófagos, tiene el menor costo de implementación US \$216 / Ha, lo que incrementó el VBa en 46% que representa US \$12.884 / Ha. En el caso de las tecnologías a base de DiTera y Savitan, que tienen los costos más altos US \$2.305 y \$2.739 / Ha respectivamente, fueron responsables de una pérdida promedio del VBa de 575% el cual bajo en promedio a US \$-41.761 / Ha. El método de control QL Agri provoca un 51% de pérdida en el VBa que baja a US \$4.329 / Ha y el Bokashi causa una pérdida en el VBa de 147% ya que bajó a US \$-4.615 / Ha. Aunque el costo de control varió, el ciclo productivo óptimo no lo hizo manteniéndose en 10 años para este caso.

Al comparar las diferentes tecnologías con el precio de la tierra se observó que únicamente la tecnología a base de hongos nematófagos y el caso base hacen rentable la inversión para adoptar las tecnologías, ya que US \$12.884 / Ha (hongos nematófagos) y US \$8.806 / Ha (caso base) son mayores que US \$6.000 / Ha (precio de la tierra). La tecnología a

base de QL Agri hace la inversión no aceptable ya que su VBa fue de US \$4.329 / Ha que es menor al precio de la tierra, sin embargo no provoca perdidas desde el punto de vista de la inversión. Por otro lado, las otras tecnologías de control; Savitan, DiTera y Bokashi; son tan costosas que causan pérdidas en el VBa.

El cambio en las tecnologías de control de nematodos no mostró efectos en el ciclo productivo, ya que para todas las tecnologías evaluadas el ciclo productivo óptimo fue calculado en el año 10, indicando para todos los casos que este fue el año recomendado para realizar la renovación de la plantación bananera, desde el punto de vista económico.

Cuadro 16. Costos para control de nematodos bajo diferentes tecnologías.

| Producto               | Unidad | Precio \$/Unidad | Dosis unidad/ha | Frecuencia/año | Costo/ha | Costo MO/ha | Costo total /ha/año |
|------------------------|--------|------------------|-----------------|----------------|----------|-------------|---------------------|
| Nematicidas sintéticos | Kg     | 2,87             | 43,0            | 3              | 370,23   | 26,55       | 397                 |
| Hongos nematófagos     | Lt     | 3,29             | 4,8             | 12             | 189,50   | 26,55       | 216                 |
| DiTera                 | Kg     | 30,00            | 6,3             | 12             | 2278,80  | 26,55       | 2305                |
| Savitan                | Lt     | 113,00           | 2,0             | 12             | 2712,00  | 26,55       | 2739                |
| QL Agri                | Lt     | 13,76            | 20,0            | 2              | 550,40   | 26,55       | 577                 |
| Bokashi                | Kg     | 0,06             | 5000,0          | 3              | 900,00   | 36,13       | 936                 |

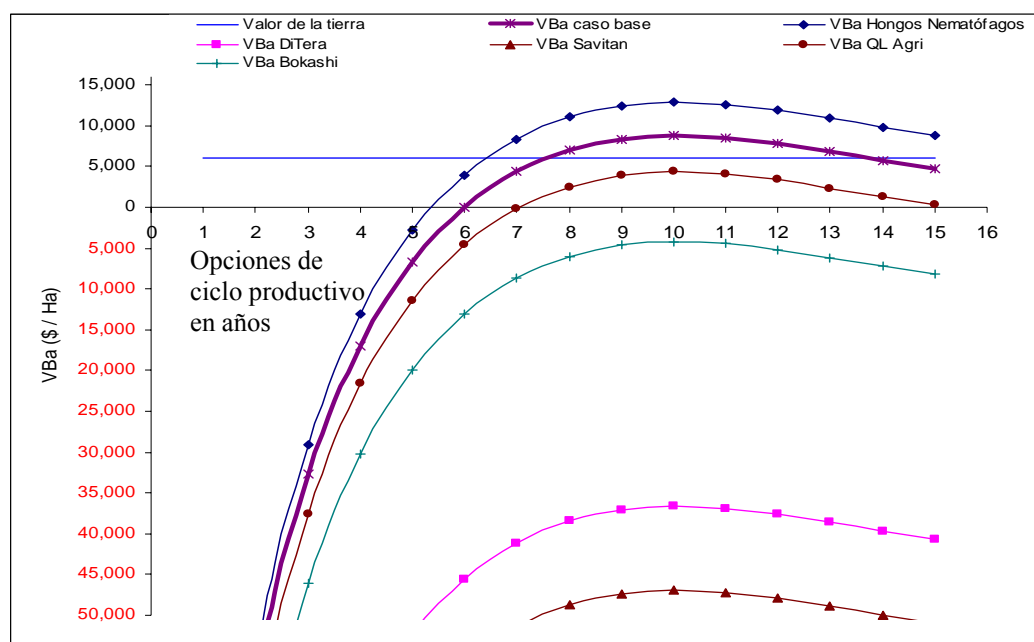


Figura 12. Efecto del cambio en el costo de la tecnología de control de nematodos en el valor del bananal y el ciclo productivo.

## b. Variación en los precios de la caja de banano.

Para estudiar el efecto de las variaciones en el precio de la caja de banano se utilizó el precio percibido por la empresa durante el año 2005 que fue US \$5,45, el cual fue utilizado para el cálculo del caso base. A partir de este precio se vario a US \$6,00 / caja que fue el precio presupuestado para el año 2007, este escenario representa las situaciones en que la finca adquiere buenos precios. Los años en que la finca percibió precios bajos fue analizada con el precio promedio nacional del año 1993 a 2005 que fue US \$5,31 / Ha (CORBANA 2003).

En la Fig. 13 se analiza el efecto en el cambio del precio de la caja de banano en el VBa y el ciclo productivo óptimo. La tendencia indica que un incremento en el precio de la caja de banano produce un incremento en el VBa. El precio de US \$6,00 / caja hace que el VBa incremente en 346% hasta US \$39.444 / Ha; lo cual hace la inversión rentable debido que este VBa es mayor al precio de la tierra. Por otro lado, el precio de la caja de banano de US \$5,31 produce una reducción del VBa de 89% con US \$1.007 / Ha, haciendo no aceptable la inversión ya que el VBa fue menor al precio de la tierra. El ciclo productivo óptimo fue calculado en el año 10 en todos los casos, lo cual indica que el precio no tiene efecto en esta variable de análisis, debido básicamente a la forma de la curva de producción que asume un volumen de cajas producidas y vendidas en un año determinado o sea que no hay un efecto acumulativo de la producción de un año a otro.

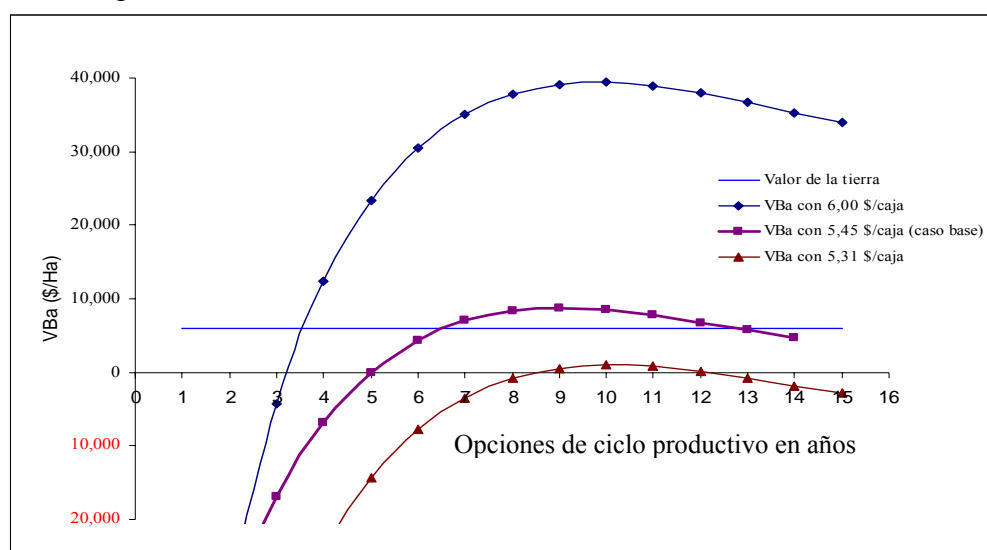


Figura 13. Efecto en el cambio del precio de la caja de banano en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo.

### **c. Variación en la producción de la finca bananera**

Sabiendo que la efectividad del control de nematodos puede influir en la producción de una finca bananera, la variación de este dato fue establecida en base al efecto provocado por las tecnologías de control de nematodos en la producción encontradas en la etapa de campo de esta investigación (Cuadro 9). El cuadro muestra la diferencia obtenida en el peso de racimo, expresado en %, de las tecnologías de control de nematodos respecto al peso registrado en el control convencional de nematodos; encontrándose que DiTera produjo un 11% más de peso, mientras que Bokashi, QL Agri, hongos nematófagos, y Savitan presentaron 4, 7, 9, y 13% menos de peso de racimo respectivamente.

En base a dicha información se cambió la curva de producción del caso base (producción con control convencional de nematodos) a 11% que representa una tecnología alternativa de control con un nivel de efecto sobre la producción alta. Los casos en donde la tecnología de control tuvo efectos malos y regulares fueron estudiados reduciendo la producción en -13%, -9%, -7% y -4% respectivamente.

En la Fig. 14 se presenta el efecto de los cambios en la producción en el VBa y el ciclo productivo óptimo. El VBa del sistema incrementa conforme la producción aumenta, ya que para un incremento de 11% de producción, respecto al caso base, el VBa pasa de US \$8.806 / Ha a US \$29.058 / Ha que equivale a un 230%. En el caso de que la producción se reduzca en 13%, que representa un método de control deficiente, el VBa se reduce en 272% con US \$-15.128 / Ha y para un nivel de control regular el cual produjo una reducción en la producción de -4% mostró un VBa de US \$1.442 / Ha.

Para este análisis cualquier incremento en la producción, respecto al caso base, hace que el VBa sea aceptable al compararlo con el precio de la tierra, por lo que se debe prestar atención al efecto que tengan las tecnologías alternativas de control de nematodos en la producción de la finca bananera; por lo que, la tecnología más influyente fueron los hongos nematófagos. El ciclo productivo óptimo fue calculado en el año 10, indicando que el nivel de producción no afecta el ciclo productivo, lo cual se debe a que la curva de producción no tiene un efecto acumulativo de producción ya que las cajas se producen y se venden el mismo año.

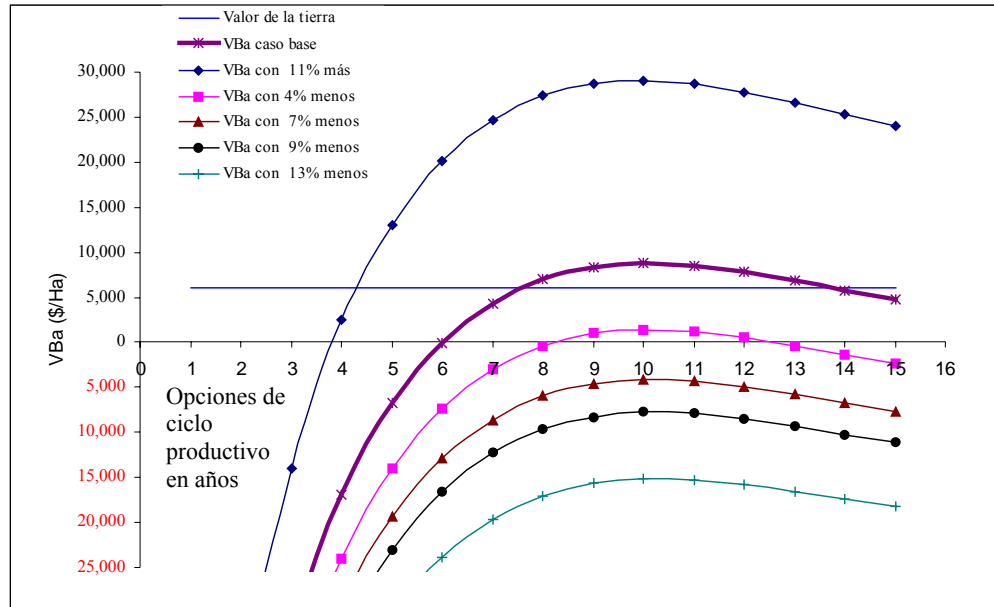


Figura 14. Efecto en el cambio de la producción de banano en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo.

#### d. La variación de la tasa de descuento

Se analizó el nivel de liquidez de la empresa como inversionista a través de la variación en la TMA, a partir del caso base que fue evaluado con una TMA real de 4,22% representando a un inversionista que posee cierto nivel de liquidez y que puede acceder a tasas de interés preferenciales en la banca privada de Costa Rica. Mientras que los inversionistas que no poseen liquidez y que deben tomar créditos en la banca nacional de Costa Rica fueron analizados con una tasa de interés real de 8,76%. Los inversionistas que tienen liquidez y que no requieren de créditos para financiar sus inversiones fueron evaluados con una tasa de interés real 1,56%, pagada por el BAC San José en un certificado a 1 año plazo con garantía público-privado. Estas tasas de interés fueron utilizadas en el análisis debido a que la finca bananera de EARTH tiene acceso a ellas.

En la Fig. 15 se analiza el efecto de la variación en la TMA en el VBa y el ciclo productivo óptimo. Se puede apreciar que conforme disminuye la TMA el VBa incrementa, ya que la TMA real de 1,56% aumentó el VBa de 211% equivalentes a US \$27.366 / Ha. Por otro lado, la TMA real de 8,76% provocó una reducción en el VBa del 65% con US \$3.102 /

Ha. No se encontró evidencias de efecto de la TMA en el ciclo productivo ya que en las TMA evaluadas mostraron el ciclo productivo óptimo en el año 10.

Se observa en la Fig. 15, además, que al disminuir la TMA real la inversión es aceptable, ya que el VBa es mayor al precio de la tierra. Mientras que al aumentar la TMA real la inversión no se acepta porque US \$3.102 / Ha es menor a US 6.000 / Ha. Para TMA reales por arriba de 5,67% comienzan a afectada la rentabilidad de la actividad, ya que inversiones que se realicen después de dicha TMA resultan no aceptables según el criterio utilizado en esta investigación.

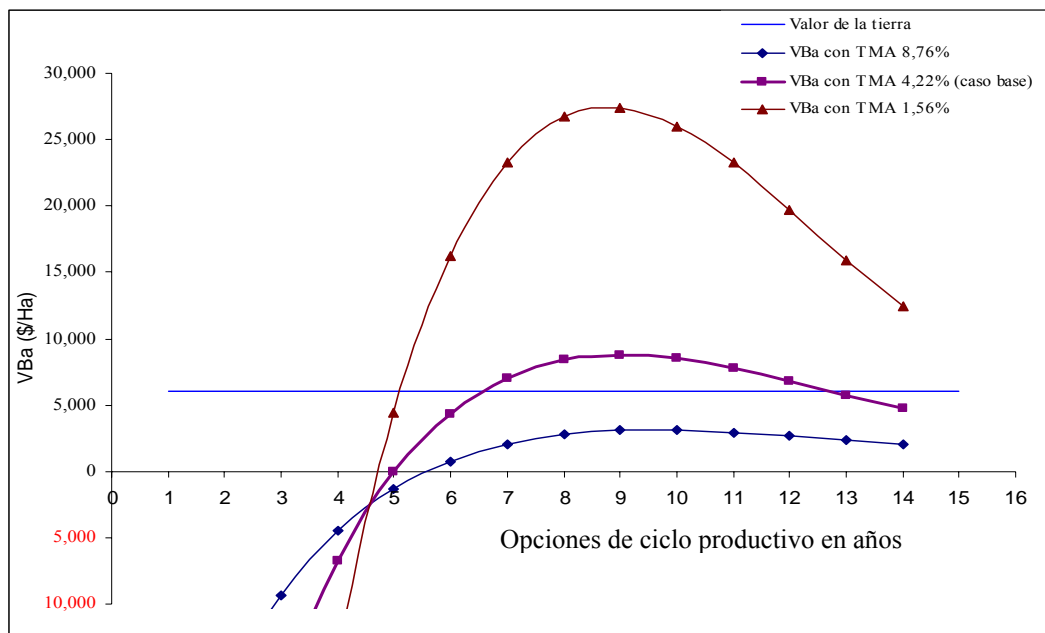


Figura 15. Efecto en el cambio de la tasa mínima de descuento en el valor del bananal y el ciclo productivo óptimo.

### **e. Análisis de la influencia de las tecnologías de control de nematodos en la producción bananera**

Se examinó la influencia de las tecnologías de control nematodos en la producción de la finca bananera a través del análisis de sensibilidad como herramienta, pero fuera de la condición *ceteris paribus* (Cuadro 17). En el cuadro se incluyen el costo total de implementar la tecnología, el incremento o disminución en la producción (Cuadro 9) y el VBa calculado a diferentes precios.

El análisis indicó que el caso base hace aceptable la inversión cuando se percibe un precio por caja de US \$5,45 y 6,00 debido a que sus VBa fueron US \$8.806 / Ha y \$39.444 / Ha respectivamente, siendo mayores al precio de la tierra apta para banano (US \$6000 / Ha). Por otro lado, al evaluar el caso base con un precio de US \$5,31 / caja es rentable desde el punto de vista de la inversión, pero al comparar el VBa con el precio de la tierra la inversión no es aceptable (US \$1.007 / Ha < \$6000 / Ha).

Todos las tecnologías alternativas presentaron VBa negativos a un precio de \$5,31 excepto DiTera con US \$20.401 / Ha. Esto se debe a que DiTera incrementó la producción en 11% y este hecho aumento el VBa (US \$20.401 / Ha) aproximadamente 19 veces respecto al caso base (US \$1.007 / Ha). A un precio por caja de US \$5,45 la tecnología a DiTera sigue siendo la más rentable con un VBa de US \$29.058 / Ha; mientras que el Bokashi aumento su VBa a US \$1.442 / Ha, sin embargo al compararlo con el precio de la tierra esta inversión no se acepta. Las tecnologías Savitan y QL Agri continúan presentando VBa negativos, lo cual se debe a la fuerte reducción en la producción obtenida bajo estos sistemas de control de nematodos.

A un precio por caja de US \$6,00 la inversión en todas las tecnologías de control alternativo de nematodos fue aceptable económicamente al ser comparadas con el precio de la tierra. Los que indica que dicho precio compensa la reducción en producción producto del cambio de una tecnología de control convencional a tecnologías alternas, ya que, el precio incremento en 13% al pasar de US \$5,31 a 6,00 / caja compensando el 13% de disminución en producción de la tecnología Savitan, aumentando su VBa en 47% al pasar de US \$-21.913

a \$ 11.527 / Ha. Lo anterior indica la importancia que tiene la negociación de un buen precio antes de vender su fruta, para garantizar la rentabilidad de la actividad.

Cuadro 17. Efecto de las tecnologías de control de nematodos sobre la producción del banano.

| Tecnologías para control de nematodos | Costo \$ total/ha/año | % incremento o disminución en producción | VBa (\$/Ha)        |                    |                    |
|---------------------------------------|-----------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                       |                       |  | Precio \$5,31/caja | Precio \$5,45/caja | Precio \$6,00/caja |
| Nematicidas sintéticos                | 397                   | Caso base                                | 1.007              | 8.806              | 39.444             |
| Hongos nematófagos                    | 216                   | -9                                       | -14.860            | -7.764             | 20.117             |
| DiTera                                | 2305                  | 11                                       | 20.401             | 29.058             | 63.066             |
| Savitán                               | 2739                  | -13                                      | -21.913            | -15.128            | 11.527             |
| QL Agri                               | 577                   | -7                                       | -11.334            | -4.082             | 24.412             |
| Bokashi                               | 936                   | -4                                       | -6.045             | 1.442              | 30.854             |

#### 4.5.3. Indicadores económicos de corto plazo

Los indicadores económicos de corto plazo fueron calculados para el año 3 (después de la siembra), ya que representa una producción promedio del ciclo productivo. También, fueron calculados para el año 10 (después de la siembra) del ciclo productivo, ya que en este año se maximizó el VBa siendo este el ciclo productivo óptimo desde el punto de vista económico.

En el Cuadro 18 se muestran los cálculos de los indicadores de corto plazo para cada una de las tecnologías de control de nematodos en estudio. Todas las tecnologías presentaron mayores ingresos brutos en el año 3 respecto al año 10 del ciclo productivo, debido a que el primero tiene mayor producción en comparación al segundo (año 3: 2.386 cajas / Ha / año; año 10: 2.222 cajas / Ha / año). Por tal razón, los costos variables mostraron un comportamiento similar, ya que estos dependen del nivel de producción. Los costos fijos fueron iguales para cada una de las tecnologías de control tanto en el año 3 como en el año 10 del ciclo productivo; dicho costo fue diferente entre las tecnologías de control de nematodos, debido a que la implementación de cada una de ellas posee diferentes costos.

En general la finca presentó un margen bruto más alto para el año 3 en comparación con el año 10, para todas las tecnologías de control de nematodos, ya que los costos variables



en el año 3 fueron mayores a los obtenidos en el año 10. El margen bruto indicó que la empresa con las opciones de tecnologías a base de nematicida sintético, hongos nematófagos, QL Agri y Bokashi pudo cubrir sus costos fijos y sus ganancias; mientras que DiTera y Savitan no se pudo cubrir ni los costos fijos ya que el margen bruto fue menor a los costos fijos.

Las tecnologías DiTera y Savitan mostraron pérdidas económicas, ya que los ingresos no cubrieron todos los costos adicionales producidos por implementar dichas tecnologías, lo cual se debe a que el precio de los productos usados son altos (DiTera US \$113 / litro y Savitan US \$30 / litro). Por otro lado, la empresa tuvo un ingreso neto positivo, en los años 3 y 10, para las tecnologías nematicidas sintéticos, hongos nematófagos y QL Agri, aunque no muy alta. La tecnología Bokashi tuvo ingreso neto positivo en el año 3 mientras que en el año 10 presentó una leve pérdida (US \$-37 / Ha), debido a que en el año 3 el ingreso bruto fue mayor porque hubo más cajas / Ha / año.

La relación ingreso costo fue superior a la unidad en las tecnologías nematicida sintético, hongos nematófagos, QL Agri y Bokashi; el rendimiento por cada dólar invertido osciló entre 0 y 10% siendo el más alto en hongos nematófagos para el año 3 (US \$1,10 / Ha). Las tecnologías DiTera y Savitan presentaron relaciones ingreso costo por debajo de la unidad, oscilando entre US \$0,94 y \$0,87 indicando que por cada dólar invertido se pierden entre 6 y 13 centavos de dólar.

Cuadro 18. Indicadores económicos de corto plazo, en US \$ / Ha, para el año 3 y año 10 del ciclo productivo.

| Indicadores                           | NS     |        | HN     |        | DT     |        | SV     |        | QL     |        | BK     |        |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                       | 3*     | 10**   | 3      | 10     | 3      | 10     | 3      | 10     | 3      | 10     | 3      | 10     |
| 1. Ingreso bruto                      | 13.003 | 12.111 | 13.003 | 12.111 | 13.003 | 12.111 | 13.003 | 12.111 | 13.003 | 12.111 | 13.003 | 12.111 |
| 2. Costos variables                   | 5.117  | 4.767  | 5.117  | 4.767  | 5.117  | 4.767  | 5.117  | 4.767  | 5.117  | 4.767  | 5.117  | 4.767  |
| 3. Costos fijos                       | 6.841  | 6.841  | 6661   | 6.661  | 8750   | 8.750  | 9.134  | 9.134  | 7.022  | 7.022  | 7.381  | 7.381  |
| 4. Margen bruto (1 – 2)               | 7.886  | 7.344  | 7.886  | 7.344  | 7.886  | 7.344  | 7.886  | 7.344  | 7.886  | 7.344  | 7.886  | 7.344  |
| 5. Ingreso neto (4 – 3)               | 1.045  | 503    | 1.225  | 683    | -864   | -1.406 | -1.248 | -1.790 | 864    | 322    | 505    | -37    |
| 6. Relación ingreso costo (1 / 2 + 3) | 1,09   | 1,04   | 1,10   | 1,06   | 0,94   | 0,90   | 0,91   | 0,87   | 1,07   | 1,03   | 1,04   | 1,00   |

NS: Nematicidas sintéticos, HN: Hongos Nematófagos, DT: DiTera, SV: Savitan, QL: QL Agri, BK: Bokashi.

\*Es un año con producción promedio dentro del ciclo productivo. \*\*El Año donde el VBa se maximiza.

## 5. DISCUSIÓN

Tradicionalmente el manejo de nematodos en el cultivo de banano se ha basado en el uso de nematicidas sintéticos, a pesar de su efecto negativo en el medio ambiente, en la salud de los seres vivos y de los altos costos para su fabricación y aplicación (Araya 1999, Dochez et al. 2000, Chabrier y Quenehervé 2003). Actualmente se buscan alternativas para el manejo de los nematodos del banano, tales como el uso de hongos endófitos (zum Felde *et al.* 2003, Cañizares 2003, Sikora y Pocasangre 2004), extractos vegetales (Omar *et al.* 1994 y Sainz 1999) y materia orgánica (Elango 1999 y Tabora *et al.* 2002). Dichas alternativas deben ser capaces de controlar las poblaciones de nematodos y además ser rentables para las operaciones de una finca de banano.

### 5.1. Manejo de *Radopholus similis*

#### 5.1.1. Biocontrol

El efecto de los productos biológicos, estudiados en la presente investigación, sobre la reproducción de *R. similis* no fue muy claro. Sin embargo, el tratamiento con hongos nematófagos se comportó estadísticamente igual al tratamiento químico y ambos tratamientos fueron estadísticamente distintos del testigo absoluto (Fig. 6 y 7).

Resultados similares fueron encontrados por Leyns *et al.* (1995), Daneel *et al.* (1999) y Fernández *et al.* (2003) evaluando aplicaciones de *Paecilomyces lilacinus*, *Bacillus sp.*, *Streptomyces avermirtilis*, *Myrothecium sp.* y *Corynebacterium purometabolum* a nivel de invernadero y campo. Dichos autores indicaron niveles de control de nematodos similares a los obtenidos con el uso del nematicida Cadusafos, para el caso de los productos *P. lilacinus* y *Bacillus sp.* Pero debido a la competencia microbiana presente en el suelo su efecto no fue prolongado y las poblaciones de nematodos se recuperaron a un ritmo constante.

Por otra parte, Smith y Smith (2003), Elsen *et al.* (2003) y Jaizme *et al.* (2003), realizaron distintos estudios sobre el efecto del uso de micorrizas en el control de nematodos y la arquitectura del sistema radical en el cultivo de banano. Concluyeron, que estos hongos afectan las poblaciones de nematodos y promueven el desarrollo de sistema radical, lo que

mejora la nutrición y desarrollo de las plantas de banano. Es importante mencionar (según los autores) que estas relaciones entre hongos micorrizicos-nematodos-sistema radical es muy complejo y no se puede aislar un efecto neto que explique la interacción de este sistema.

Además, Sikora y Pocasangre (2004), quienes acuñaron el concepto de “Potenciación biológica y supresividad in planta”. Mencionan que “la actividad de control biológico puede ocurrir principalmente en la planta y no en el suelo, con la planta misma que selecciona una comunidad microbiana conducente a la salud de la misma”. Esto para el caso de los hongos endófitos, pero se considera que este concepto puede ser extendido para explicar los resultados no satisfactorios obtenidos hasta el momento en el control de nematodos, a través de las aplicaciones de materia orgánica, extractos vegetales y algunos hongos; ya que la estrategia de control de nematodos utilizada hasta el momento por las empresas bananeras y sus centros de investigaciones, se basa en que la actividad de control se da en mayor importancia en el suelo y no en la planta. Probablemente, se deberá tomar en cuenta el enfoque presentado por Sikora y Pocasangre (2004), para diseñar futuros métodos biológicos de control de nematodos, a fin de mejorar el desempeño de este tipo de tecnologías.

El tratamiento DiTera (*Myrotecium sp*) fue estadísticamente distinto del tratamiento químico, pero fue estadísticamente igual al testigo absoluto. Marín (2003) evaluó DiTera, en ensayos de campo, pero no encontró efectos significativos sobre las poblaciones de *R. similis*. Estos resultados difieren de los reportados por Daneel *et al.* (1999), ya que en ensayos de invernadero con aplicaciones de DiTera registraron conteos de *R. similis* similares al nematocida Fenamifos. Sin embargo, en ensayos de campo con aplicaciones de 50 Kg/ha de DiTera la cantidad de *R. similis* fue muy variable, por lo que no pudieron llegar a una conclusión sólida.

Los tratamientos QL agri y Savitan indicaron un comportamiento similar al DiTera. Daneel *et al.* (1999) indicaron resultados similares al usar Furfural, extracto de caña de azúcar, en estudios de campo. Los mismos autores, concluyeron que los tratamientos biológicos no afectaron las poblaciones del endoparásito *R. similis*, posiblemente porque estos no pudieron alcanzarlos dentro de la raíz; ya que las moléculas de furfuraldehído (Furfural) son grandes y al parecer no pueden ser adsorbidas por las raíces. Sin embargo, al inyectar

dicho producto al pseudotallo la efectividad del control mejoró marcadamente en relación al testigo, posiblemente porque el producto logró alcanzar a *R. similis* dentro del sistema radical.

Por otra parte, Omar *et al.* (1994) y Sainz (1999) en estudios realizados en uvas con aplicaciones de QL agri, indicaron mortalidades de *Meloidogyne* hasta de un 100 %. Aunque, dicho producto aún no ha sido utilizado para control de *R. similis*.

El tratamiento Bokashi, o sea materia orgánica, fue estadísticamente distinto del tratamiento químico, pero no difirió estadísticamente del testigo absoluto. Sin embargo, a través del tiempo se comportó de forma consistente con respecto al tratamiento químico y el testigo absoluto. Araya *et al.* (2004) al aplicar materia orgánica en ensayos de invernadero y campo, no encontró efectos sobre las poblaciones de *R. similis*. No obstante, Dole (1997), Tabora *et al.* (2002) y Formowitz (2004) encontraron efectos significativos sobre las poblaciones de *R. similis* después de aplicar materia orgánica al suelo.

Por lo que en la actualidad la materia orgánica esta siendo usada rutinariamente para el manejo de nematodos en plantaciones bananeras. Luc *et al.* (2005), indican que la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica a cualquier suelo reduce las densidades poblacionales de nematodos. Además, mencionan que la combinación de materia orgánica con varios agentes de control biológico aumenta el nivel de control de esta tecnología. Dicho incremento en el nivel control puede deberse a: 1. metabolitos tóxicos producto de la degradación microbiana de la materia orgánica y 2. incremento del potencial antagonista del suelo. Este hecho, abre la posibilidad para continuar investigaciones que combinen uso de Bokashi con otros métodos de control biológicos.

La inconsistencia de los resultados de los productos biológicos utilizados en la presente investigación están relacionados al hábito del nematodo barrenador *R. similis*. “Este penetra y completa su ciclo de vida dentro de las raíces del banano, sin requerir de una fase en el suelo, lo que previene que entre en contacto con los agentes de control biológicos o se exponga a la liberación de compuestos tóxicos” (Araya 2004). Además, se debe tomar en cuenta que la distribución horizontal del nematodo normalmente se extiende desde la base del pseudotallo hasta 90 cm y de forma vertical hasta los 120 cm (Araya *et al.* 1999, Araya y De

Waele 2000). Las mayores densidades poblacionales se localizan de los 0 a 30 cm de profundidad y de 0 a 60 cm de radio (Araya 2004).

Así mismo, podría afectar la eficacia de las estrategias su origen biológico, ya que su periodo de degradación es acelerado y se inactivan antes de causar reducciones importantes en las poblaciones de *R. similis*. Además, las características físicas-químicas-biológicas de los suelos tropicales y el clima de esta región podrían no ser adecuadas para las alternativas de control biológicas evaluadas en este estudio, causando reducciones importantes en la capacidad de control de dichas alternativas. Esto implicaría el incremento en las dosis y frecuencias de aplicación de este tipo de técnicas de control de nematodos, así como periodos de evaluación o estudios de largo plazo.

### **5.1.2. Sanidad del sistema radical**

Para peso de raíz total y funcional no se detecto diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 7 y Fig. 8). Araya *et al.* (2004) en diferentes estudios con aplicaciones de hongos, bacterias y extractos vegetales, no encontraron efectos significativos sobre el sistema radical, expresado como gramos de raíz total y funcional. No obstante, Daneel *et al.* (1999) en estudios con aplicaciones de *Streptomyces avermirtilis* obtuvieron incrementos del sistema radical similares al nematicida Fenamifos. Jaizme *et al.* (2003) y Elsen *et al.* (2003) en estudios separados evaluando el uso de hongos micorrizicos arbusculares, encontraron que estos hongos estimulan el sistema radical del banano. Cañizares (2003), Meneses (2003) y zum Felde *et al.* (2003) en estudios conducentes a la evaluación del uso potencial de comunidades microbianas presentes en plantas supresivas para proteger las raíces de banano, encontraron que las raíces de estas plantas son más sanas y presentan mayor peso.

Cabe destacar, que aritméticamente los gráficos muestran que el Bokashi tuvo mayor peso de raíz total y funcional en relación al resto de los tratamientos. Además, es importante señalar que el estímulo del sistema radical se observó a partir del tercer mes, después de la aplicación del Bokashi. Araya *et al.* (2004) y Formowitz (2004) no encontraron diferencias estadísticas en peso de raíces, en estudios de invernadero y de campo, al aplicar diferentes tipos y dosis de materia orgánica al suelo. En cambio, Elango (1999), Tabora *et al.* (2002) y

Navares y Garner (2003), después de realizar estudios de campo con aplicaciones de materia orgánica reportaron efectos significativos en incremento de la biomasa del sistema radical.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta el efecto estimulador de la materia orgánica y otros productos biológicos en las raíces del banano, al momento de implementar un programa de manejo integrado de nematodos. Debido a que al tener mayor biomasa de raíces es de esperar que se tenga mayor producción. Lo anterior está respaldado por un estudio que realizó Serrano (2003), el cual analizó la relación entre las raíces funcionales del banano y su producción en el periodo de 1987 al 2001, para los cantones productores de banano del Atlántico de Costa Rica. La regresión lineal que encontró para el cantón de Pococí, la ubicación más cercana a la Empresa Agrocomercial EARTH, “indicó que por cada 10 g de pérdida en raíz funcional/planta se pierden 140 cajas/ha/año”. Por lo tanto, la utilización de técnicas sostenibles de control de nematodos combinadas con aplicaciones de Bokashi al campo, podría ser una opción importante para una finca bananera deseosa de proteger los recursos naturales sin sacrificar su productividad.

## **5.2. Promoción del crecimiento**

En la literatura está bien documentado que algunos agentes controladores de nematodos como hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias poseen efecto positivo en el crecimiento de las plantas de banano (Elsen *et al.* 2003). Niere *et al.* (1999) y Pocasangre *et al.* (2000) documentaron, con endófitos no patogénicos de *Fusarium sp.*, promoción de crecimiento de plantas de banano tres meses después de su inoculación.

Para las variables altura de plantas y circunferencia del pseudotallo, tratadas con agentes biológicos, no presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 8). Elango (1999), Araya *et al.* (2003), Fernández *et al.* (2003), Navares y Garner (2003) reportaron resultados similares después de llevar a cabo diferentes estudios tanto en invernadero como en campo. Sin embargo, Reissinger (1995) encontró que un *Fusarium oxysporum* no patogénico, aislado en el este de África, tuvo efectos positivos en el crecimiento de plantas de banano. También, Davide (1994), Daneel *et al.* (1999), Jaizme *et al.* (2003) y Jonathan *et al.* (2004) reportaron efectos significativos en crecimiento de plantas

de banano, producto de las aplicaciones de agentes biológicos como controladores de nematodos.

Para total de hojas se detectó que el tratamiento DiTera presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento químico, pero se comportó de forma similar al testigo absoluto, Savitan y Bokashi. Meneses (2003) y zum Felde *et al.* (2003) demostraron que plantas inoculadas con hongos endófitos del género *Trichoderma*, presentaron un incremento del área foliar hasta de un 29% respecto al testigo absoluto.

Para distancia entre hojas o nivel de estrés de la planta de banano (conocido en el gremio bananero como arpillamiento), se detectó que el tratamiento químico presentó diferencias estadísticamente significativas a favor con respecto al resto de los tratamientos. Únicamente el Bokashi indicó un comportamiento similar al tratamiento químico.

### **5.3. Producción**

Las variables de producción permiten identificar si el efecto de los productos biológicos utilizados como controladores de *R. similis* y promotores del crecimiento en el cultivo de banano, influyeron positivamente en el rendimiento de las plantas al final del ciclo fenológico. Speijer *et al.* (1994) y Fogain y Gowen (1997) indican que existe una correlación positiva entre densidades de nematodos y necrosis del sistema radical. Serrano (2003) demostró que un desarrollo radical adecuado conlleva a mejorar la productividad de una finca bananera.

El diámetro y largo del dedo central de las segundas manos basales obtenidas en los diferentes tratamientos, indican que no hubo diferencias estadísticas significativas. Para las variables número de manos y peso de racimo no se detectó diferencias estadísticamente significativas. No obstante, para el número de manos el tratamiento químico presentó el promedio más alto, seguido de hongos nematófagos y QL agri. Para el peso de racimo el tratamiento DiTera indicó el promedio más alto, seguido del tratamiento químico y Bokashi (Cuadro 9).

Araya *et al.* (2003) y Fernández *et al.* (2003) no encontraron diferencias significativas para número de manos y peso de racimo después de llevar a cabo estudios de campo con uso de agentes biológicos como controladores de *R. similis*. Sin embargo, Davide (1994), Elango (1999), Jaizme *et al.* (2003) y Jonathan *et al.* (2004) indican efectos positivos en número de manos y peso de racimo después de aplicar agentes biológicos en el campo.

#### **5.4. Nutrición mineral**

López y Espinoza (1995) y López (1999) “sugieren que para interpretar los resultados de los análisis de laboratorio de suelo y tejido foliar, se utiliza el concepto de niveles críticos”. De acuerdo a la definición hecha por Sarasola y Rocca (1975), “el nivel crítico es una franja de contenidos de un elemento debajo del cual la producción es limitada y encima del cual el empleo de fertilizantes ya no resulta económico”.

Para el análisis de suelo, se detectó que para pH frente al hijo y en la entrecalle los tratamientos están dentro del rango óptimo (Cuadro 10). En cuanto a los elementos mayores, en general, se detectó que todos estaban dentro del rango óptimo, excepto el Ca que indicó estar por debajo del nivel óptimo. Para los elementos menores todos estaban dentro del rango óptimo, excepto el Fe que se encontraba por encima del rango óptimo. Acevedo (1997) y Tabora *et al.* (2002) encontraron resultados similares y sostienen que existe un debate en torno a que las altas concentraciones de Fe provocan daños a la raíces y que esta situación es posiblemente el precursor del ataque de los nematodos. Schewertmann (1986) indica que en lugares con altos contenidos de materia orgánica, la inmovilización del Fe es alta.

Resultados similares fueron encontrados en este estudio, ya que en los análisis frente al hijo de producción la diferencia en concentración de Fe de los tratamientos comparado con Bokashi fue mínimo 29 ppm y máximo 85 ppm. Para el análisis en la entrecalle la diferencia mínima fue de 26 ppm y máxima de 95 ppm. Se debe continuar realizando estudios minuciosos en donde se relacionen los contenidos de Fe en suelo y en los diferentes tejidos radicales, con la sanidad de las raíces y el ataque de nematodos, para determinar la validez de esta hipótesis.



Para el análisis de tejido foliar, no se encontró diferencias en el contenido de nutrientes entre los diferentes tratamientos (Cuadro 11). En cuanto a los elementos mayores, se encontró que todos estaban dentro del rango óptimo. En el caso de los elementos menores todos estaban dentro del rango óptimo, excepto el Fe que se encontraba por encima del rango óptimo. Tabora *et al.* (2002) encontraron resultados similares, en plantaciones bananeras establecidas, después de aplicar materia orgánica como fertilizante orgánico.

## **5.5 Estudio económico**

El análisis de inversiones sirve para evaluar decisiones, medir que tan rentables son los sistemas productivos y evaluar cuanto pagar por las prácticas de manejo en una actividad agrícola, p.e. el control de nematodos en una empresa bananera.

En el análisis de inversiones una inversión se considera rentable, utilizando el valor esperado de la tierra (VET) como indicador económico, cuando el uso propuesto es superior o igual al precio mismo de la tierra, donde se llevará a cabo la inversión. Por lo tanto, la mejor alternativa será aquella que tenga el VET más alto. Bajo estas consideraciones, se analizó el VET como criterio de inversión y/o adopción de tecnologías para el control sostenible de nematodos en banano.

### **5.5.1. Valor del bananal como criterio de inversión y/o adopción de tecnología**

El VET fue utilizado como valor del bananal (VBa), ya que es un indicador reconocido por considerar la tierra y la plantación como capital. No obstante, en el sector agrícola y forestal son pocos los estudios de rentabilidad que lo toman en cuenta, entre los cuales se pueden citar Johansson y Löfgren (1985), Gómez y Quirós 2001, Navarro (1999), Navarro (2004), Navarro *et al.* 2005 y Navarro 2006.

Bajo la tecnología actual de control de nematodos (caso base) el VBa se maximizó en US \$8.806 / Ha, el cual está por encima del precio de mercado de la tierra en la zona, que fue US \$6000 / Ha. Esto puede indicar: (1) que las tierras con potencial bananero están subvaloradas y (2) bajo este criterio el sistema bananero actual representó una inversión rentable (Fig. 11). Navarro (2006) reportó un VET para banano más bajo al encontrado en este estudio fue US \$5.745 / Ha calculado con un precio de \$5,40 / caja, indicando que a este precio la actividad no es rentable desde el punto de vista de la teoría de inversiones. Por otro lado, el VET para el cultivo de café para la zona de Dota en Costa Rica, reportado por Salazar (2005), se queda por debajo del VBa US \$8.806 / Ha > VET café US \$ 5.085/ Ha.

La evidencia de los buenos resultados de rentabilidad del sistema de producción con tecnología de control de nematodos convencional se debe, básicamente, a que la caja de banano fue pagada a un buen precio promedio en el 2005 (US \$ 5,45 / caja). Esto comparado con los costos de producción, US \$5,22 / caja para el año 10 de este estudio, hacen que esta actividad obtenga márgenes de ganancias aceptables. FUNDAGRO (1999), en un estudio sobre la de rentabilidad versus precio de la caja de banano encontró que la rentabilidad de las fincas de banano incrementa conforme el precio promedio de la caja de banano aumenta.

Por tales razones, las investigaciones del sector bananero apuntan a desarrollar tecnologías de producción alternativas, con el fin de aplicarlas en esquemas de producción como: banano sostenible, “fare trade”, banano orgánico, entre otros; apuntando al acceso de mercados con mejores precios para incrementar la rentabilidad de las fincas. Esto es evidenciado en Sikora *et al.* (2005) que analizo el numero de publicaciones en temas de control de nematodos convencional y biológico para el periodo entre 1974 al 2001, encontró que el numero de publicaciones en control convencional se han reducido desde 70% en 1970 hasta poco más de 25% en el 2001, mientras que las publicaciones sobre control biológico de nematodos incremento desde casi 0% en 1970 hasta aproximadamente 40% en el 2001.

En estudios sobre análisis de precios de banano convencional versus banano orgánico realizados por CIMS (2003), se encontró que el precio promedio de la caja de banano orgánico pagada al productor es alrededor de un 48% más alto que el precio pagado a los bananeros convencionales. Por lo que, el desarrollo de sistemas productivos más amigables con el ambiente en Costa Rica sería una estrategia interesante para el sector bananero.

En este estudio se calculó el ciclo productivo óptimo, el cual se obtiene cuando los ingresos marginales de producir una caja adicional de banano se igualan a los costos marginales de producir dicha caja extra de banano. En general la regla es: (1) si los ingresos marginales  $>$  costos marginales se debe producir banano 1 año más y (2) si los ingresos marginales  $\leq$  costo marginal la plantación de banano debe renovarse (Chang 1984, Johansson y Löfgren 1985). En una empresa bananera el ciclo productivo óptimo se obtienen en el año en que el VBa se maximiza.

El ciclo productivo óptimo fue alcanzado en el año 10 (Fig. 11), indicando que este es el año que genera la mayor rentabilidad al realizar la renovación de la plantación. Por lo que, una finca vieja como el de Empresa Agrocomercial EARTH (más de 40 años) puede establecer un programa de renovación del 10% de su área cada año o el 20% cada 2 años. El ciclo productivo óptimo calculado, fue diferente al reportado por Nava *et al.* (2005) quien determinó la edad de renovación del cultivo de banano entre el año 3 y 4 después de la siembra. Soto (2006) indicó que un área de banano debería ser renovada cuando su productividad es igual o inferior al punto de equilibrio financiero, el cual se alcanza en promedio para Costa Rica en 2.030 cajas / Ha / año; bajo esta óptica el ciclo productivo para la presente investigación estaría entre el año 11 y 12, los cuales presentan productividades de 2.115 y 2.016 cajas / Ha / año respectivamente (Cuadro 14).

### **5.5.2. Factores que afectan el valor del bananal (sensibilidad del caso base)**

#### **a. Efecto del cambio en la tecnología de control de nematodos**

El cambio en las tecnologías de control de nematodos provocó cambios en los costos fijos de la empresa. Por lo que, el incremento en el costo de control de nematodos disminuye la rentabilidad de la finca y viceversa. El caso base con tecnología de control convencional (costo \$397 / Ha) presentó un VBa máximo de US \$8.806 / Ha. Mientras que la tecnología a base de hongos nematófagos fue la de menor costo con US \$216 / Ha con un VBa máximo de US \$12.884 / Ha, seguido del control con QL Agri que fue de US \$577 / Ha con VBa máximo de US \$4.329 / Ha. Las demás tecnologías produjeron VBa negativos siendo la más costosa el Savitan con US \$2.739,00 / Ha con un VBa máximo negativo de US \$46.903 / Ha (Cuadro 16 y Fig. 12).

Estos resultados son consistentes con los resultados reportados por FUNDAGRO (1999) y SICA (sf.), los cuales encontraron que el nivel de tecnificación en fincas bananeras pequeñas podría reducir la rentabilidad de las mismas, debido a que la adopción de la tecnificación generaría altos costos fijos que serían cubiertos por una cantidad pequeña de cajas producidas. Chag (2000) encontró que con aumentos del 66% en los costos de la mano de obra y el diesel producen márgenes de US \$0,16 / caja y con aumentos de 133% la actividad deja de ser rentable. Para el caso base el margen calculado (precio de la caja menos

costo total / caja) fue US \$0,23 / caja, para la tecnología hongos nematófagos con una disminución del 2% en el costo total dio un margen de US \$0,31 / caja y para la tecnología Savitan con un aumento del 16% en los costos totales produce un margen de US \$-0,80 / caja.

#### **b. Variación en los precios de la caja de banano**

Esta es una variable importante, ya que la rentabilidad de las fincas de banano tiene una clara influencia del precio de la caja de banano. Cuando se tienen precios altos los ingresos son altos diluyendo los costos fijos (FUNDAGRO 1999, Chang 2000, Nava et al. 2005).

En este estudio se encontró que el VBa es muy sensible a pequeñas variaciones de precio, siendo la relación directamente proporcional. Para el caso base evaluado con un precio de \$5,45 / Ha el VBa máximo fue de US \$8.806 / Ha. Para un precio de US \$6,00 / caja el VBa máximo fue de US \$39.444 / Ha, mientras que para un precio de \$5,31 / Ha el VBa máximo fue de US \$1007 / Ha (Fig. 13). Esto indica que cambios del 2,6% en el precio de la caja de banano (respecto al caso base) puede significar el éxito o fracaso de una inversión en el cultivo de banano.

La adopción de una tecnología alternativa en este cultivo, debe apuntar hacia la negociación de precios preferenciales tales como los de nichos de mercado, ya que el posible incremento en costos de producción (debido a las tecnologías alternativas) podría ser compensado con el precio al que se coloque el banano alternativo en el mercado (sostenible, orgánico, “fare trade”, entre otros).

Resultados similares fueron reportados por Salazar (2005) y Martínez (2005) quienes encontraron la misma relación, entre el precio y la rentabilidad, para el cultivo de café. Navarro (2006), reportó que el cultivo de banano y la piña son muy sensibles a cambios en el precio de la caja, ya que una disminución de 15% hace que el cultivo de banano no sea rentable y disminución de 25% hacen que la piña no sea rentable. Resultados similares fueron reportados para el cultivo de banano por FUNDAGRO (1999) y Chang (2000).

### **c. Variación en la producción de la finca bananera**

Es de esperar que cambios en las tecnologías de control de nematodos produzcan incrementos en la producción de una finca, conllevando al incremento de su rentabilidad. Estudios realizados sobre control biológico de nematodos realizados por Daneel *et al.* (1999), Davide (1994), Jonathan *et al.* (2004) y Menjivar (2005), demostraron que el uso de este tipo de tecnologías incrementa la producción del banano expresada en peso de racimo.

En este estudio se vario la producción de acuerdo con el peso de racimo registrado para cada tecnología (Cuadro 9), seleccionándose un incrementos en producción respecto al caso base de 11%, y reducciones en producción de entre -4% y -13%. Estas variaciones representan los resultados obtenidos en peso de racimo de las diferentes tecnologías de control. Se encontró que los incrementos (11%) mejoraron la rentabilidad del sistema con VBa máximo de \$29.058 / Ha; estando por encima del precio de mercado de la tierra. Esto indicó porcentajes de incremento en rentabilidad respecto al caso base 230%. Al reducir la producción se registró un comportamiento inverso, haciendo que la inversión sea no rentable desde al óptica de la teoría de inversión (Fig. 14). Soto (2006) encontró que en fincas de banano al incrementar la productividad en 200 cajas / Ha / año se incrementa la rentabilidad en 6,8%. Salazar (2005) encontró que incrementos de 30% en los rendimientos de fincas cafetaleras incrementan el VET de los productores y viceversa.

Esto indica claramente que el VBa es muy sensible a pequeños cambios en la producción de la finca. Por lo que, cualquier tecnología alternativa que lleve a mejorar la producción de la finca será aceptada fácilmente, ya que tendrá una contribución directa al valor de la tierra bananera. Bajo esta aseveración la tecnología DiTera con incremento en peso de racimo del 11% fue la mejor alternativa.

### **d. La variación de la tasa de descuento**

En la literatura se reporta que la relación entre la TMA y la rentabilidad de una actividad productiva es inversa, o sea que, para TMA altas la rentabilidad será baja y viceversa (Gittinger 1972, Klemperer 1996). En este análisis se utilizo para el caso base una

TMA de 4,22% y se vario la TMA entre 1,56% a 8,76%, incluyéndose las tasas de interés real a la que tiene acceso la finca (Cuadro 15).

Los resultados de la Fig. 15 indican que para TMA (8,76%) altas, el VBa máximo es US \$3.102 / Ha y para TMA bajas (1,56%) el VBa máximo es US \$27.366 / Ha, lo cual concuerda con los resultados encontrados por Navarro (2006), el cual indicó que el cultivo de banano es bastante sensible a las variaciones de la TMA. Por lo tanto, se observa que la TMA ejerce un efecto considerable en la actividad bananera, debido que inversionistas con preferencias por el dinero a corto plazo (TMA 8,76%) son afectados de forma negativa, ya que presentan VB máximo < precio de la tierra, por lo que la actividad se vuelve no aceptable financieramente. En este caso el VBa disminuye debido a que se capitalizan los costos y el valor de uso de la tierra no compensa financieramente la inversión. Por otro lado, para inversionistas con mayor liquidez (TMA 1,56%) su actividad se vuelve financieramente rentable bajo el criterio  $VBa \geq$  precio de la tierra.

#### **e. Ciclo productivo óptimo**

El ciclo productivo óptimo para el caso base fue calculado en el año 10. Este valor no cambio en el análisis de sensibilidad. Lo cual difiere de los resultados reportados por Navarro (2004), el cual indica que el ciclo productivo disminuye conforme incrementa la TMA; incrementos en el precio reducen el ciclo productivo; e incrementos en el volumen de producción reduce el ciclo productivo.

La constancia del ciclo productivo óptimo, en este estudio, se debió a la naturaleza de la curva de producción de la actividad bananera, ya que esta no presenta acumulación de producción de un año a otro, si no que es una cantidad de cajas producidas por año y se venden ese mismo año. Lo cual si ocurre con las curvas productivas de la actividad forestal, debido a que los árboles año con año incrementan su volumen, acumulándolo, para su posterior venta.

## **f. Análisis de la influencia de las tecnologías de control de nematodos en la producción bananera**

Las tecnologías de control de nematodos poseen una influencia importante en la producción de las fincas bananeras, ya que existe una relación entre la población de nematodos, sanidad radical y producción. Serrano y Marín (1998), Moens *et al.* (2001), Gauggel *et al.* (2003), Moens (2003) y Serrano (2003) han demostraron que la relación que existe entre la densidad de nematodos-sanidad radical es inversa, o sea que a mayores poblaciones de nematodos menor sanidad radical se tendrá y la relación entre sanidad radical-producción es directa, o sea que entre mayor sanidad radical presentan las plantas de banano mayor será su producción.

El costo de la tecnología de control tiene un efecto inverso sobre la rentabilidad, debido a que la disminución de los costos fijos hace que se diluya con la cantidad de cajas producidas. Además, si la tecnología incrementa el nivel de producción igualmente los costos fijos se diluirán ante el incremento de producción (FUNDAGRO 1999, Chang 2000). Esto se evidencio en la tecnología DiTera que incrementó la producción en 11% haciendo la inversión aceptable a los diferentes precios evaluados, US \$5,31; \$5,45 y \$6,00 / caja (Cuadro 17).

El riesgo en la reducción de la productividad de la empresa producto de la adopción de tecnologías alternativas de control de nematodos, podría ser compensada por la posibilidad de acceder a mercados con mejores precios, ya que el análisis del Cuadro 17 indicó que una disminución del 13% en la producción, registrada por la tecnología Savitan, aun hace rentable la actividad bajo la óptica de la teoría de inversiones.

### **5.5.3. Indicadores económicos de corto plazo**

Para el análisis de actividades productivas, banano para este estudio, que se llevan a cabo para un ciclo productivo menor a 1 año pueden utilizarse indicadores económicos no descontados, ya que los cambios en el dinero no provocan variaciones importantes en los resultados (Louman *et al.* 2001). Dichos indicadores expresan los promedios de producción,



costos y precios recibidos por la finca estudiada bajo las diferentes técnicas de control de nematodos durante 1 año (Cuadro 18).

Los indicadores del Cuadro 18, muestran que el ingreso neto de la finca esta inversamente relacionados con el costo de la tecnología de control de nematodos. Esto se debe a que estas tecnologías forman parte de los costos fijos de la finca, lo que afecta el cálculo del ingreso neto. Evidencia de esto fue que el ingreso bruto, costo variable y margen bruto no tuvieron variación para las tecnologías de control de nematodos evaluadas; mientras que el costo fijo si lo hizo. La tecnología que provoca el mejor ingreso neto fue los hongos nematófagos, seguido de nematicidas sintéticos y QL Agri. Las tecnologías DiTera y Savitan produjeron pérdidas, mientras que Bokashi hizo la actividad “tablas”. Estos resultados no concuerdan con FUNDAGRO (1999), Chang (2000) y SICA (sf.) que indican que las fincas que presentan mayores costos de producción tienen utilidades más bajas.

Solo las tecnologías de control a base de hongos nematófagos, nematicidas sintéticos y QL Agri produjeron relaciones beneficio costo superior o igual a la unidad. Sin embargo, el rendimiento por dólar invertido osciló entre 0% y 10% en el mejor de los casos. Indicando que la actividad no aporta un rendimiento sobre la inversión muy alta bajo las condiciones actuales del sector (precios de la caja variables y elevados costos de producción). Esto hace que la actividad sea muy riesgosa por lo que implementar tecnologías de control de nematodos alternativas más costosas que el sistema convencional signifique tener pérdidas económicas en un año determinado. Por lo tanto, para que sea aceptada una inversión en producción alternativa de banano, se debe optar por nichos de mercado que paguen mejores precios por las cajas producidas.

## 6. CONCLUSIONES

- Las plantas protegidas con los hongos nematófagos mantuvieron un mejor control de *R. similis* que el testigo absoluto después de seis muestreos, encontrándose que no hubo diferencias estadísticas con respecto al tratamiento químico.
- El análisis de la dinámica poblacional de *R. similis* indicó que todos los tratamientos estuvieron por arriba del tratamiento químico. No obstante, los hongos nematófagos, Bokashi, Savitan y el tratamiento químico se mantuvieron consistentes por abajo del testigo absoluto. El Bokashi y Savitan fueron los únicos tratamientos que se mantuvieron por abajo del testigo absoluto hasta el final del estudio.
- Las plantas protegidas con Bokashi presentaron los mayores promedios de raíz total y funcional, superando al tratamiento químico y al testigo absoluto. Sin embargo, para estas variables no se detectó diferencias estadísticas significativas.
- El análisis de las variables de promoción de crecimiento indicaron que DiTera tuvo la mayor cantidad de hojas totales, siendo estadísticamente distinto al tratamiento químico. No obstante, para la variable distancia entre hojas, el Bokashi y el tratamiento químico se comportaron de forma similar, difiriendo estadísticamente del resto de tratamientos.
- Las variables de producción indicaron que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, los hongos nematófagos presentaron el mayor número de manos por racimo, superado únicamente por el tratamiento químico. En cambio, para el peso de racimo, DiTera mostró el mayor promedio superando incluso al tratamiento químico.
- El análisis de las variables de nutrición mineral, para suelos, indicaron que todos los elementos estaban dentro de los niveles óptimos, excepto el Ca que estaba por debajo de este nivel y el Fe que se encontraba por arriba de dicho nivel. Sin embargo, no se detectó diferencias estadísticas para los tratamientos.

- Los suelos con aplicaciones de Bokashi presentaron concentraciones de Fe inferiores al resto de los tratamientos, reduciendo el riesgo de toxicidad por este elemento.
- Las variables de nutrición mineral, para tejido foliar, mostraron que todos los elementos estaban dentro del rango óptimo, excepto el Fe que se encontraba por arriba del nivel óptimo en todos los tratamientos menos en DiTera. Sin embargo, no se detectó diferencias estadísticas para los tratamientos.
- El VBa máximo fue estimado en US \$ 8.806 / Ha estando por arriba del precio de la tierra en la zona que fue de US \$ 6.000. Tomando como criterios que una inversión es aceptable si el VBa  $\geq$  precio de la tierra; la inversión en la actividad bananera sería aceptable.
- El ciclo productivo óptimo fue calculado en el año 10, indicando que este es el año que produce la mejor rentabilidad al realizar una renovación de la plantación. Por lo que una finca podría renovar el 10% de su área cada año, formando rotaciones de 10 años.
- El incremento en el costo de control de nematodos disminuye la rentabilidad de la finca. Por lo que, la tecnología a base de hongos nematófagos presentó el menor costo, US \$216,00 / Ha, con el mayor VBa que fue US \$12.446 / Ha; en comparación al caso base que registró un costo de US \$ 397 / Ha con un VBa de US \$8.806 / Ha.
- Se encontró que el VBa es muy sensible a pequeñas variaciones de precio, siendo la relación directamente proporcional, o sea que pequeños aumentos de precio incrementan en gran proporción el VBa. Esto hace que el cambio de banano convencional a banano alternativo sea una opción interesante para mejorar la rentabilidad del sector bananero, ya que podrían acceder a mejores precios de mercado.

- Se encontró que el VBa es muy sensible a cambios en las tecnologías de control de nematodos, por lo que tecnologías que mejoren la producción de la finca incrementarían el VBa, facilitando su adopción.
- El incremento en la TMA hace que el VBa disminuya, por lo tanto, inversionistas con preferencias por el dinero a corto plazo son afectados negativamente debido a que el VBa es menor al precio de la tierra. Mientras que inversionistas con liquidez se ven favorecidos porque el VBa es mayor al precio de la tierra.
- Los indicadores de corto plazo revelan que la actividad bananera convencional es riesgosa, por lo que, pasar de banano convencional a banano alternativo se vuelve una opción interesante para mejorar la rentabilidad del sector.

## 7. LITERATURA CITADA

ACEVEDO, J. 1997. Efecto que causa la acumulación del hierro sobre las raíces de banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish, Clon Gran Enano, bajo condiciones del trópico húmedo, Costa Rica. Tesis Lic., Guácimo, CR., EARTH. 73 p.

Agrios, G.N. 1997. *Plant Pathology*. 5 ed. New York. Academic Press. 922 p.

Amador, D.; Astorga, Y. 2002. Banano que envenena (en línea): Foro Emaus. Siquirres, CR. Consultado 11 nov. 2004. Disponible en <http://www.foroemaus.org/index.html>

Araya, M. 1995. Reflexiones sobre el uso de nematicidas en banano (*musa aaa*). CORBANA. 20(44): 67-73.

\_\_\_\_\_; Centeno, M.; Carrillo, W. 1995. Densidades poblacionales y Frecuencia de los nematodos parásitos del banano (*Musa AAA*) en nueve cantones de Costa Rica. CORBANA. 20(43): 6-11.

\_\_\_\_\_. 1997. Efecto de cuatro nematicidas sobre el control de nematodos en banano (*Musa AAA*). CORBANA. 22 (47): 35-48.

\_\_\_\_\_. 1999. Efecto del Furadan® 4f y Vydate® 24%l aplicados en el pseudotallo de la planta de banano (*Musa aaa*) sobre el rendimiento y las poblaciones de nematodos. CORBANA 24(51): 01-10.

\_\_\_\_\_.; De Waele. 2000. Effect of soil type on the spatial distribution of *Radopholus similis* on banana roots. *International journal of nematology*. 12(2):137-144.

\_\_\_\_\_. 2002. Metodología utilizada en el laboratorio de nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa ABB*). CORBANA 28 (55): 97-110.

\_\_\_\_\_. 2003. Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el Trópico Americano. Taller: manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas. ( 2003, Guayaquil, Ec). Programa y resúmenes. sl. MUSALAC/INIBAP/FUNDAGRO. pp. 31-33.

\_\_\_\_\_. 2004. Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa AAA*) y Plátano (*Musa AAB*) en el trópico americano. pp:79-102. En: Rivas, G. y Rosales, F. eds. Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos. Guayaquil, Ecuador 11-13 agosto 2003. International Plant Genetics Resources Institute.

- \_\_\_\_\_, Monees, T., Vargas, R. 2004. Informe anual 2003, sección de nematología. CORBANA S.A. pp 9-36.
- \_\_\_\_\_; Vargas, R. 2005. Informe anual 2004, sección de nematología. CORBANA S.A. pp 10-39.
- Arrieta, H.; Jiménez, A. 2002. Metodología de análisis. Laboratorio de suelos y aguas. Universidad EARTH, CR. 55 p.
- Boarmann, A.; Greenberg, D; Vining, A; Weimer, D. 2001. Cost-benefit analysis: Concepts and practice. Prentice Hall. 473 p.
- Bordallo, J.; Lopez, L.; Jansson, H.; Salinas, J.; Persmark, L.; Asensio, L. (2002). Effects of egg-parasitic and nematode-trapping fungi on plant roots. *New Phytologist* 154: 491- 499.
- Cañizares, C. 2003. Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *Radopholus similis* (cobb) Thorne en plantaciones comerciales de plátano en la zona de Talamanca, costa rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 87 p.
- Castillo, L. 2000. Pesticide impact of intensive banana production on aquatic ecosystems in Costa Rica. PhD. Thesis. Stockholm, Sweden. Stockholm University. 95 p.
- Carroll, GC. 1990. Fungal endophytes in vascular plants: Mycological research opportunities in Japan. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 31:103-116.
- Chang; S.J. 1984. Determination of the optimal rotation age: a theoretical analysis. *For Ecol. Manage.* 8: 137 – 147.
- Chang, J.F. 2000. Efectos de la dolarización en el costo de producción de banano en el Ecuador. In: XIV reunión internacional de ACORBAT. San Juan, Puerto Rico. 10 p.
- Cepeda, J. 1996. Química de suelos. 2da ed. México DF, MX. Trillas. 167 p.
- Chabrier, C.; Quénehérve, P. 2003. Control of the burrowing nematode (*Radopholus similis* Cobb.) on banana: Impact of the banana field destruction method on the efficiency of the following fallow. *Crop Protection* 22:121-127.
- CIMS (Centro de Inteligencia para Mercados Sostenibles). 2003. Análisis del Mercado de banano Convencional y Sostenible en Estados Unidos. Banano fresco. INCAE, Alajuela, Costa Rica.
- CORBANA (Corporación Bananera Nacional, CR). 2003. Costa Rica: estadísticas de exportación bananera. San José, CR. 58 p.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 1999. Metodología para el análisis de inversiones de concesiones forestales en la Reserva de la Biosfera Maya. Estudio de

- caso San Miguel la Palotada. CONAP. 1999. 48 p.
- Coyne, M. 1999. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. La mesofauna: nematodos. Trad. M. Rasskin. Madrid, España. Editorial Paraninfo. p. 52.
- Daneel, m.; Jager, K.; de Beer, Z. 1999. IPM for nematodes on bananas in South Africa. ITSC, Nelspruit, South Africa. pp: 247-257.
- Davide, R. 1994. Biological control of banana nematode: development of Biocon I and Biocon II Technologies. In: Banana Nematode and weevil borers in Asia and the Pacific. Serdang, Selangor, Malacia. p. 139 – 145.
- Davies, J. 1997. Guía para el análisis financiero del manejo forestal. CODEFORSA. Costa Rica. Septiembre 1997. 74 p
- De Urriola, A. 1998. Evaluación del efecto de la aplicación de nematicidas sobre la macrofauna del suelo bajo cultivo de banano. Tesis Lic., Guácimo, CR., EARTH. 57 p.
- DeruNed. 2005. Savitan : Natural product based on plant-extracts. Netherlands. Consultado el 20 ene. 2005. Disponible en <http://www.deruned.nl/eng/default.asp> .
- Dochez, C; Speijer, PR; Hartman, J; Vuylsteke, D; De Waele, D. 2000. Cribado de híbridos de Musa para la resistencia a Radopholus similis. INFOMUSA. 9(2):3-4.
- DOLE. 1997. Primer Taller Internacional sobre control biológico y producción integrada en el cultivo de banano. EARTH, Costa Rica. pp 71-75.
- EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical húmeda, CR). 2001. Pagina Web de la Universidad EARTH. San José, CR. Consultado el 24 oct. 2004. Disponible en <http://www.earth.ac.cr> .
- Economic and social department. 2004. FAO home page (on line). Rome, IT. Date of access Nov 1. [www.fao.org](http://www.fao.org) .
- Elango, F. International conference on Kyusei nature farming (6, 1999, Pretoria, SA). Integrated management of Black Sigatoka and the nematode toppling disease of plantain in organic production systems. Eds. Y.D. Senanayake and U.R. Sangakkara. Pretoria, SA., University of Pretoria. p: 265 – 269.
- Elsen, A.; Swennen, R.; Waele, D. 2003. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)-nematode interactions on the root development of different *Musa* genotypes. In: Sipsium Internacional: Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 224- 237.

- Esquivel H, A. 1999. Los nematodos como agentes causales de las enfermedades en las plantas. In German Rivera Coto. Conceptos introductorios a la Fitopatología. 1. ed. San José, Costa Rica. EUNED. pp.107-126.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2006. Bases de Datos FAOSTAT. Consultado el 2 oct. 2006. Disponible en: <ftp://faostat.fao.org>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2001. Bananos, notas sobre productos básicos (en línea). Consultado el 2 nov. 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/es/ESC/escs/emr/emrnotes/CMRbas.htm> .
- Fernández, C.; Rodríguez, R.; Warrior, P.; Kloepper, W. 2001. Induced soil suppressiveness to root-knot nematode species by a nematicide. *Biological control*. 22: 103 – 114.
- Fernández, E.; Mena, J.; González, J.; Márquez, M. 2003. Biological control of nematode in banana. In: Sipsosium Internacional: Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 23- 24.
- Figuroa, A.; Molina, M.E.; Pérez, L. 1990. Cultivos alternos para controlar nematodos en renovación de plantaciones bananeras. *ASBANA* 14 (33): 19-26.
- Filius, A. 1992. Investment analysis in forest management. Wageningen Agricultural University. Holland. 190 p.
- Fraga, C.P. 1978. Introducción a la nematología agrícola. Actualización y revisión: Rodríguez M, M; Sisler de, G. 2 ed. Editorial Hemisferio Sur. 119 p.
- Fogain, R.; Gowen, S.R. 1997. Damage to roots of *Musa* cultivars by *Radopholus similis* with and without protection of nematicides. *Nematropica* 27 (1): 27 – 32.
- Formowitz, B. 2004. Bokashi composting and the effects of EM-Bokashi on growth of young and adult banana plants. Thesis Mag. Sc. Witzenhausen, Ger., Unikassel Versität. 51 p.
- FUNDAGRO (Fundación para el Desarrollo Agropecuario).1999. Bananeras ecuatorianas necesitan aumentar productividad. Quito, Ecuador. 10 p.
- Gauggel, C.; Sieera, F.; Arevalo, G. 2003. The problem of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. In: International Sipsosium: Banana root system: towards a better understanding for its productive management. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 13- 22.
- Gittinger; J. 1972. Economic analysis of agricultural projects. The John Hopkins University Press. Baltimore and London. 221 .



- González R.; Fernández G. 2003. Manejo alternativo de nematodos en musáceas. In Taller Manejo convencional y alternativo de la Sigatoca negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de las Musaceas. (2003, Guayaquil, Ecuador). Programa y resúmenes. sl. MUSALAC/INIBAP/FUNDAGRO. pp.36-37.
- Gómez, M; Quirós D. 2001. Análisis financiero del manejo de bosques. In: Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central / eds Louman, B.; Quirós, D. y Nilsson, M. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2001. 265p.
- Gowen, S.; Quénéhervé, P. 1995. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. In M.Luc, A. Sikora, J. Bridge.Eds. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Luc,M.; Sikora. A.; Bridge,L. eds. Wallingford, United Kindom. CAB International. 629 p.
- Higa, T. 1996. An earth saving revolution: a means to resolve our world's problems trough effective micro organism (EM). Tokyo, JP. Sunmark Publishing. 234 p.
- Jaizme, M.; Rodriguez, A.; Piñero, M. 2003. Effect of arbuscular mycorryzal (amf) and other rhizosphere microorganisms on development of the banana root system. In: Sipsium Internacional: Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 178- 192.
- Jasson, H. 1985. Fitonematología avanzada I. Eds: Marbán, N.; Thomason, I. California, US. University of California. 345 p.
- JOHNSON, A.W. and FELDMESSER, J.1987. Nematicides: a historical review. Pp. 448-454 In. J.A. Veech and D.W. Dickson eds. Nematology. Society of Nematologists, Inc. USA.
- Jonathan, I.; Cannayane, I.; Samiyappan, R. 2004. Field application of biocontrol agents for the management of spiral nematodo, *Helicotylenchus multicinctus*, in banana. Nematol. Medit. 32: 169 – 173.
- Johansson, P; Löfgren K. 1985. The economics of forestry and natural resources. Basil Blackwell Ltd., UK. 292 p.
- Jones, D. R. 1996. The genera *Musa* and *Ensete*. In Ed: D.R. Jones. Diseases of banana, abaca and enset. Wallingford, Oxon, U.K. CAB International. p: 1-36.
- Jones, R.; Cacho, O. 2000. A dynamic optimization model of weed control. <http://www.une.edu.au/febl/econsud/wps.htm>.
- Klemperer, D. 1996. Forest resource economics and finance. McGraw-Hill. Estados Unidos de Norte América. 551 p.
- Latch, GCM. 1993. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. Agriculture,

- Ecosystems and Environments, 44:143-156.
- Leyns, F.; Borgonie, G.; Arnaut, G.; De Waele, D. 1995. Nematicidal activity of *Bacillus thuringiensis* isolates. *Fundam. Appl. Nematol.* 18(3): 211-218.
- López, A. XI congreso nacional de agronomía/III congreso nacional de suelos (1999, San José, CR). 1999. San Jose, CR. pp: 137-146 (en línea). Consultado 25 feb. 2006. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_XI/a50-6907-III\\_137.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_137.pdf)
- \_\_\_\_\_ ; Espinoza, M. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano : una visión práctica del manejo de la fertilización. Quito, EC : Instituto de la Potasa y el Fósforo. 82 p.
- Luc, M.; Sikora, R.; Brigge, J. 2005. Plant parasitic nematode in subtropical and tropical agriculture. 2 ed. London, UK. CABI Publishig. 825 p.
- Louman B; Quirós, D; Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 265 p.
- Martínez A, MH. 2005. Contribución económica del componente forestal en diferentes tipos de fincas cafetaleras en la bocacosta pacífica de Guatemala. Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 131 p.
- Maginnis, S; Mendez, J; Davies J. 1998. Manual para el manejo de bloques pequeños de bosque húmedo tropical: con especial referencia a la Zona Norte de Costa Rica. Costa Rica. CODEFORSA 208 p.
- Marbán, N.; Thomason, I.. 1985. Fitonematología avanzada I. California, US. University of California. 345 p.
- Marín, D. 1997. Rotación de cultivos: una opción para el manejo de nematodos fitoparásitos en la renovación de plantaciones bananeras. *CORBANA.* 22(48): 107- 111.
- \_\_\_\_\_. 2003. Investigaciones en progreso y perspectivas a futuro en el manejo del sistema radical de banano. In: Sipsosium Internacional: Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 23- 24.
- Mendoza, A. 2004. Biological control of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thurne in banana (*Musa* spp.) with *Paecilomyces lilacinus* strain 251. M.Sc. thesis, Bonn University, Germany. 73 p.
- Meneses Hernández, A. 2003. Utilización de hongos endofíticos provenientes de plantaciones de banano orgánico para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* Cobb. Thorne. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR., CATIE. 89 p.
- Menjivar, R. (2005). Estudios del potencial antagonista de hongos endofíticos para el

biocontrol del nematodo barrenador *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Costa Rica. Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 69 p.

- Moens, T.A.S.; Araya, M.; De Waele, D. 2001. Correlations between nematode numbers and damage to banana (*Musa AAA*) root under commercial conditions. *Nematopica* 31 (1): 55 – 65.
- \_\_\_\_\_; Araya, M.; Swennen, R.; De Waele, D. 2003. Biodegradación acelerada de nematocidas. CORBANA. pp. 105 – 117.
- Molina Arias, M.E. 1989. Plantas de cultivo de tejidos y de reproducción rápida, una alternativa para obtener material libre de nematodos. *ASBANA*. 13(32): 14-19.
- Moreira, R. 1999. *Banana: teoría e práctica de cultivo*. Sao Paulo, Br. 1 disco compacto, 8 mm.
- Navarro, G. 1999. Valuation techniques and investment decision model for private timber oriented even-aged plantation forestry under monetary incentive instruments in Costa Rica. Tesis M.Sc. Dresden university of Technology. Alemania. 115 p.
- \_\_\_\_\_. 2004. Diseño y análisis macroeconómico de los mecanismos monetarios de fomento a la plantaciones forestales en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*. 43: 36 – 48.
- \_\_\_\_\_; Haggard, J; Bermúdez, G y Kuan, E. 2005. Análisis técnico-financiero de la situación actual y diversificada de 4 fincas cafetaleras representativas de la zona de El Tumba-La Dalia y Rancho Grande, Matagalpa, Nicaragua. (In press), CATIE, Turrialba, Costa Rica. 291 p.
- \_\_\_\_\_. 2006. Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo de bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. Proyecto SINAC-FAO-TCP/COS/3003. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 39 p.
- Nava, J.; Villalobos, R.; Sosa, L.; Delgado, M. 2005. Vida útil económica del cultivo del banano (*Musa AAA Cavendish cv Gran Enano*) en la planicie aluvial del río Motatán. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 22: 264-273.
- Nevarez, R.; Garner, S. 2003. Efecto del Bokashi en dosis creciente como depresivo de nematodos y como abono en el cultivo de banano. Tesis Lic. Guácimo, CR., *EARTH*. 85 p.
- Niere, B.I.; Speijer, P.R.; Sikora, R.A. 1999. A novel approach to the biological control of banana nematodes. *Deutscher Tropentag*, 1999.
- Omar, S. A.; Abdel-Massih, M. I.; Mohamed, B. E., 1994. Use of saponin to control the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in tomato plants. *Bulletin of Faculty*

of Agriculture, University of Cairo vol. 45 (4): 933-940

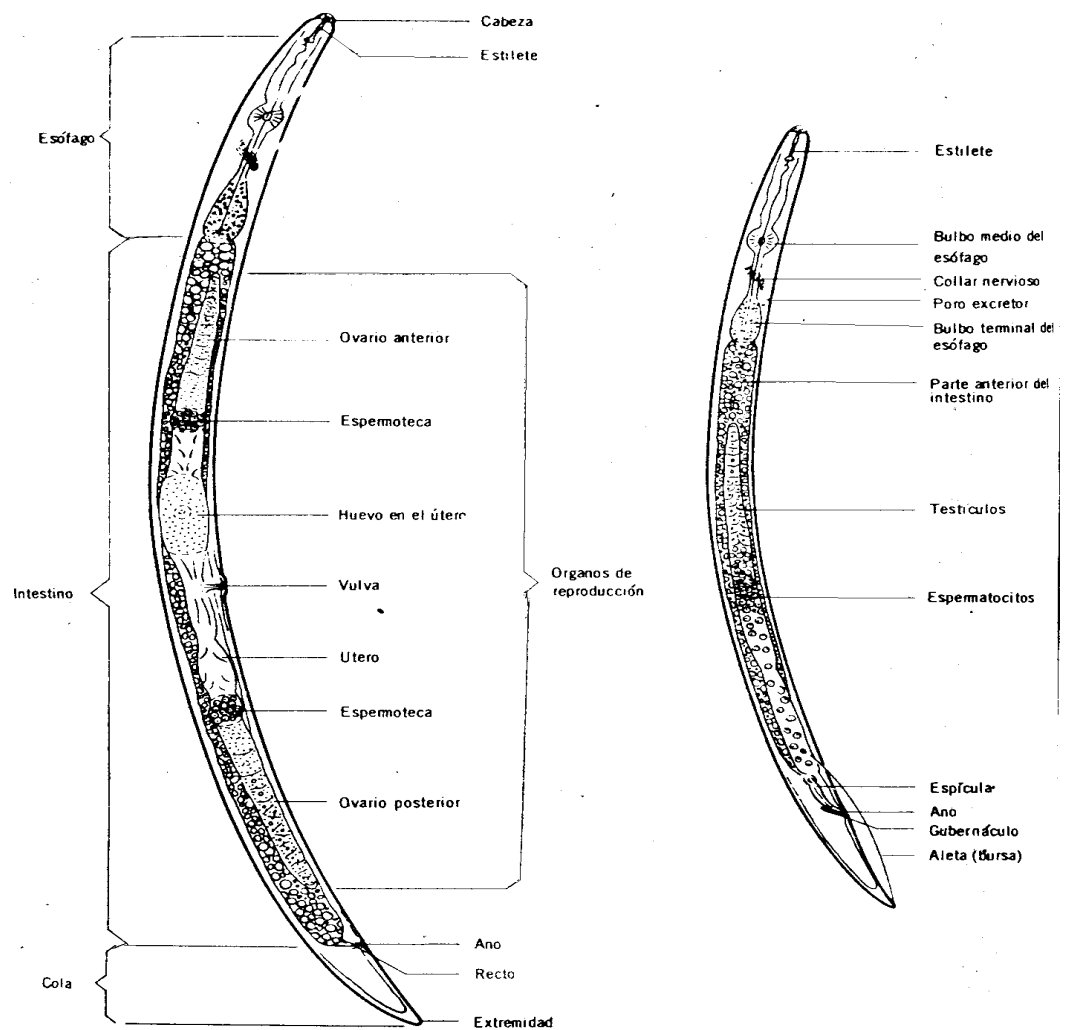
- Piedra, M. 2003. Una visión crítica de las reglas de decisión financieras para proyectos de interés público y privado. Apuntes del curso economía e inversiones forestales en el trópico. CATIE. Costa Rica.
- Pocasangre, L; Sikora, RA; Vilich, V; Schuster, RP. 2000. Encuesta sobre los hongos endofíticos del banano de América Central y el cribado para el control biológico del nematodo barrenador (*Radopholus similis*), INFOMUSA 9(1): 3-5.
- Pocasangre, L; Sikora, R; Araya, M. Estado Actual de la situación nematologica en los bananos y plátanos en América Latina. PROMUSA. InfomUSA 10 (2): 1-12.
- Pinochet, J.; Rowe, PR. 1979. Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* banana. Nematropica 9:76-78.
- Quezada, E. 1999. Uso de abonos orgánicos como supresores de fitonematodos del cultivo de banano (Musa AAA). Tesis Lic. Guácimo, CR, EARTH. 80 p.
- Reissinger, A. 1995. Untersuchungen zur Wirkung endophytischer Pilze aus Bananen Wurzeln auf *Radopolus similis*. Diplomarbeit, Uni. Bonn.
- Sainz, R. 1999. Uso de extractos de quillay para el control de nematodos. Memoria. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos. Universidad Católica de Chile.
- Salazar, M. 2005. Análisis de rentabilidad financiera del programa C.A.F.E Practices de Starbucks en diferentes tipologías de productores cafeteros de altura en Costa Rica. Tesis Mag Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 120p.
- Sarah J.L.; Pinochet, J.; Stanton, J. 1996. The burrowing nematode of bananas, *Radopholus similis* Cobb, 1913. Musa Pest Fact Sheet No. 1. (on line) INIBAP. Consultado el 2 nov. 2004. Disponible en:  
<http://www.inibap.org/index.php?lang=en&langue=EN&page=18->publications->facts>
- \_\_\_\_\_. 1998. Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable (1998, Guácimo, CR). Las prácticas culturales como medio de control de nematodos en el banano San Pedro Sula, HN. Centro Editorial srl. 264 p.
- \_\_\_\_\_. 2000. Nematode pathogens: Burrowing nematode. In D.R Jones. Ed. Disease of banana, Abaca and Enset. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, p. 295-303.
- Sarasola, A.; Rocca, M. 1975. Fitopatología. Curso moderno tomo IV. Fisiogenéticas practicas en Fitopatología. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 285 p.

- Serrano, E.; Marín, D.H. 1998. Disminución de la productividad bananera en Costa Rica. CORBANA 23: 85 – 96.
- \_\_\_\_\_. 2003. The problem of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. In: International Sposium: Banana root system: towards a better understanding for its productive management. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 13- 22.
- Schwertmann. 1986. Mutual interactions between organics and Microbes. Soil Sci. Soc. of America. Sp. Public. # 17. Madison, Wisconsin, US.
- Shintani, M.; Leblanc, H.; Tabora, P. 2000. Bokashi: abono fermentado. Guácimo, CR. EARTH. 25 p.
- Sikora, R.; Pocasangre, L. 2004. Nuevas tecnologías para mejorar la salud de las raíces y aumentar la producción de los cultivos. Infomusa. 13(2):25-29.
- \_\_\_\_\_; Brige, J.; Starr, J. 2005. Management practices: an overview of interated nematode management technologies. In: Plant paracitic nematodes in subtropical and tropical agricultura. CABI Publishig. p. 793- 825.
- Smith, L.; Smith, M. 2003. Developing helthier banana roots with mycorrhizae. Final Report. Queensland, AU. 106 p.
- SICA (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). sf. Efecto de las medidas económicas sobre el costo de la caja de banano (en línea). Consultado 23 no. 2006. Disponible en <http://www.sica.gov.ec/cadenas/banano/docs/impamedidas2000.htm>
- Soto, M. 2002. Banano Cultivo y Comercialización. San José, CR. 1 disco compacto, 8 mm.
- \_\_\_\_\_. 2006. Renovacion de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. In: XVII reunión internacional de ACORBAT. Joinville, Santa Catarina, Brasil. p. 178- 184.
- Speijer, P.R.; Gold, C.S.; Karamura, E.B.; Kashaija, I.N. 1994. Banana weevil and nematode distribution patterns in Highland banana systems in Uganda: preliminary results from a diagnostic survey. In: African crop science conference proceedings, African Crop Science Society, Kampala, Uganda. p. 285 – 289.
- Tabora, P.; Okumoto, S.; Elango, F. Inducción de resistencia y uso de tecnologías limpias para el manejo de plagas en plantas (1, 2002, Turrialba, CR). Organic and transition bananas: experience with effective microorganisms. Eds. A.S. Riveros, L.E. Pocasangre y F.E. Rosales. Turrialba, CR., CATIE. p: 87 – 93.
- Tarté, R.; Pinochet, J. 1981. Problemas nematológicos del banano: contribuciones

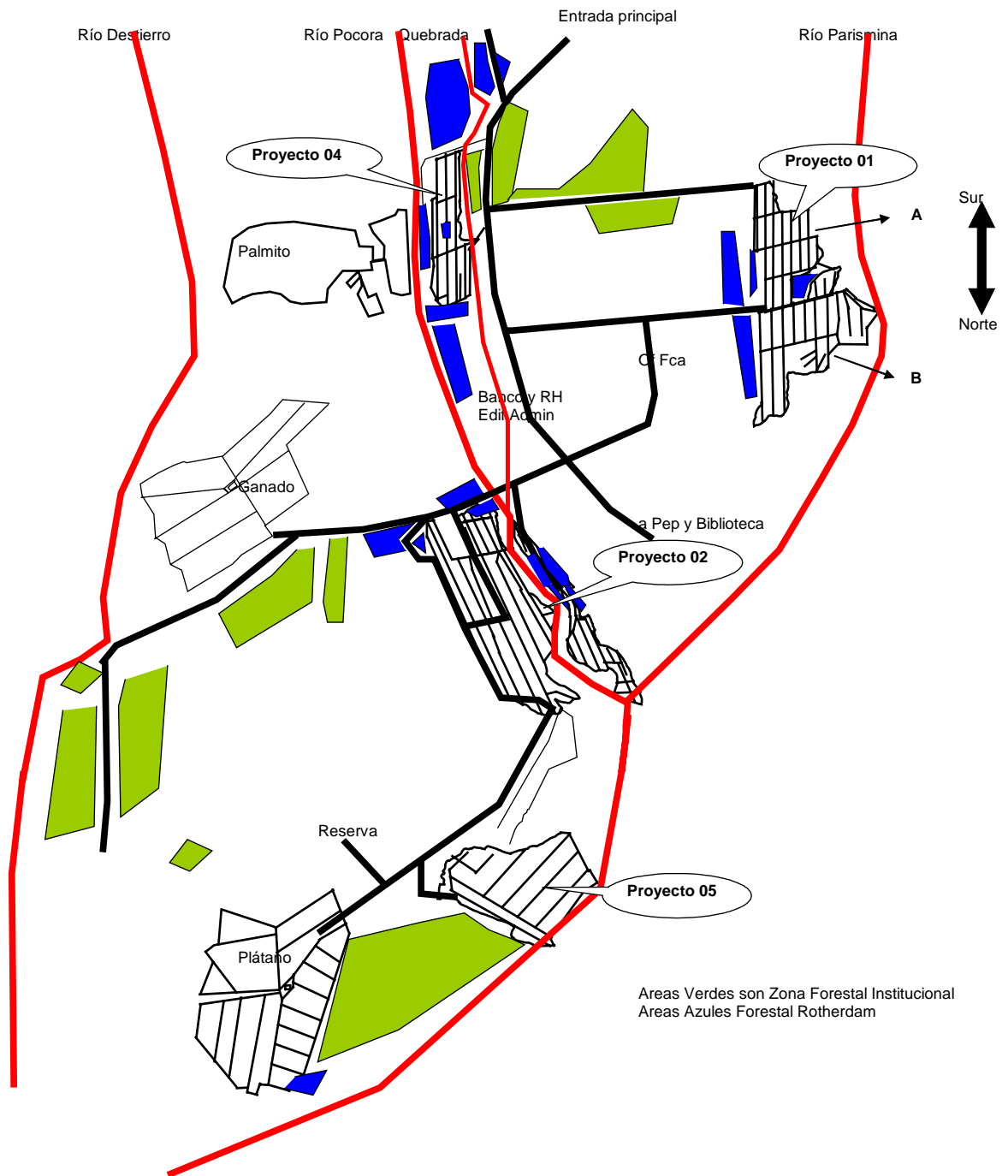
- recientes a su conocimiento y combate. Panamá, PA. INIBAP. 32 p.
- Taylor, A.; Loering, W. 1953. Nematodes associated with root lesions in abaca. Turrialba. 3 (1-2): 8-13.
- Twomey, U.; Warrior, P.; Kerry, B.; Perry, R. 2000. Effects of the biological nematicide, DiTera, on hatching of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematology*. 2(3): 355 – 362.
- Valle, R. 2004. Evaluación de dos sistemas de producción de Bokashi elaborados con desechos de banano (*Musa AAB. Gran Enano*) en la Universidad EARTH. Trabajo de Graduación. Guácimo, Limón. CR. 67 p.
- Viaene, N; Abawi, G. 1997. Nematodos y patógenos del suelo. In Taller internacional sobre salud de suelos (9-14 noviembre 1997), El Zamorano, Honduras. pp. 24-31.
- Yépez, G. 1972. Los nematodos: enemigos de la agricultura. Maracay, VE. Universidad Central de Venezuela. 220 p.
- zum Felde, A.; Pocasangre, L.; Sikora, R. 2003. The potential use of microbial communities inside suppressive banana plants for banana root protection. In: Sposium Internacional: Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. San José Costa Rica. INIBAP/CORBANA. p. 23- 24.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Morfología general de un nematodo (a la derecha, nematodo hembra; a la izquierda, nematodo macho). Fuente: Yépez (1972).



## Anexo 2. Ubicación de los diferentes proyectos en la Finca de la Empresa Agrocomercial EARTH.



Fuente: Gerencia de Agrocomercial EARTH.



Anexo 3. Promedios de los análisis de suelos y foliar para el periodo 2002 – 2004 de Finca Agrocomercial EARTH.

| Análisis de suelos |                |      |       |             |      |      |       |        |      |      |       |
|--------------------|----------------|------|-------|-------------|------|------|-------|--------|------|------|-------|
| Proyecto           | Suelo          | pH   | ACext | K           | Ca   | Mg   | P     | Fe     | Cu   | Zn   | Mn    |
|                    |                |      |       | cmol<br>+/L |      |      |       | ppm    |      |      |       |
| 1 A                | I, II, III     | 5,44 | 0,60  | 0,68        | 3,63 | 1,65 | 28,80 | 172,85 | 7,95 | 3,05 | 15,05 |
| 1 B                | II, III, IV    | 5,41 | 0,60  | 0,68        | 3,64 | 1,63 | 28,08 | 172,76 | 8,09 | 3,11 | 15,84 |
| 2                  | I, II, III, IV | 5,37 | 0,60  | 0,70        | 3,67 | 1,61 | 28,28 | 169,19 | 7,84 | 3,14 | 16,19 |
| 4                  | I, II, III     | 5,34 | 0,62  | 0,72        | 3,38 | 1,62 | 28,50 | 169,74 | 7,95 | 3,30 | 16,00 |

| Análisis foliar |      |      |      |      |       |        |      |       |        |
|-----------------|------|------|------|------|-------|--------|------|-------|--------|
| Proyectos       | N    | P    | K    | Ca   | Mg    | Fe     | Cu   | Zn    | Mn     |
|                 |      |      |      |      | % p/p |        |      |       |        |
|                 |      |      |      |      | ppm   |        |      |       |        |
| 1A              | 2,44 | 0,19 | 3,73 | 0,56 | 0,29  | 0,63   | 7,07 | 18,16 | 199,55 |
| 1B              | 2,40 | 0,19 | 4,07 | 0,59 | 0,30  | 176,41 | 7,01 | 17,18 | 194,97 |
| 2               | 2,41 | 0,18 | 3,76 | 0,58 | 0,29  | 150,79 | 6,89 | 17,32 | 189,34 |
| 4               | 2,50 | 0,19 | 3,78 | 0,60 | 0,30  | 89,09  | 7,17 | 17,08 | 207,23 |

Fuente: Registros de producción Finca Agrocomercial EARTH

Anexo 4. Promedios de raíces y nematodos para el periodo 2002 – 2004 de Finca Agrocomercial EARTH.

| Proyectos | Raíz total (g) | Raíz funcional (g) | <i>Radopholus</i> N# / 100 g raíz | <i>Helicotylenus</i> N# / 100 g raíz | <i>Meloydogine</i> N# / 100 g raíz | <i>Pratylenchus</i> N# / 100 g raíz | N# de nematodos / g de raíz |
|-----------|----------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1A        | 61,4           | 33,53              | 13488                             | 2964                                 | 206                                | 206                                 | 66,30                       |
| 1B        | 62,9           | 34,60              | 13437                             | 2889                                 | 199                                | 63                                  | 312,87                      |
| 2         | 61,1           | 33,56              | 13321                             | 3020                                 | 213                                | 62                                  | 320,22                      |
| 4         | 64,2           | 33,55              | 13219                             | 2854                                 | 198                                | 59                                  | 305,74                      |

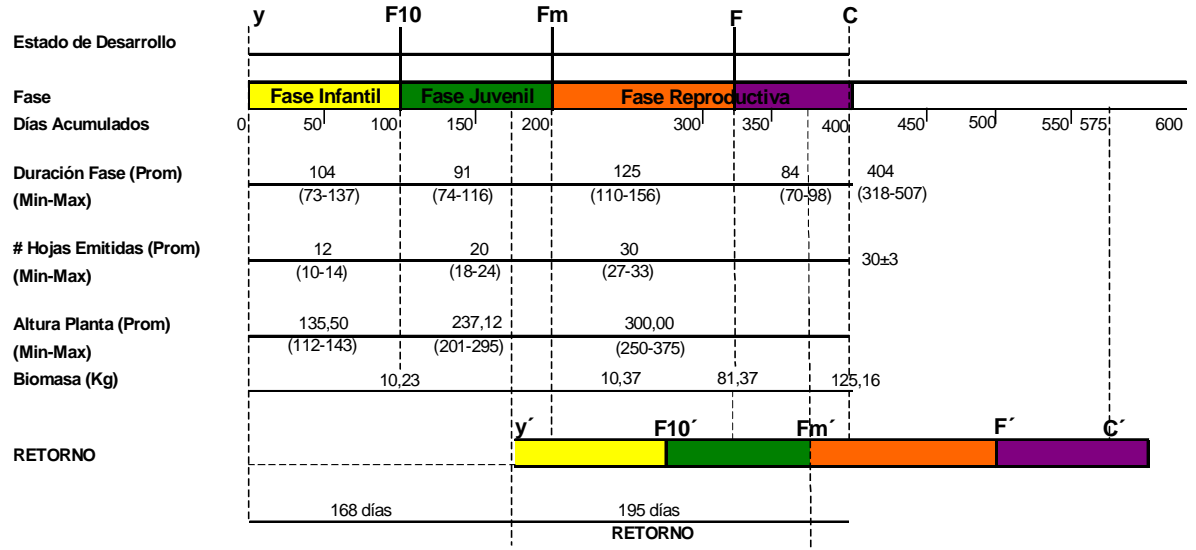
Fuente: Registros de producción Finca Agrocomercial EARTH

Anexo 5. Promedios de producción por cada proyecto hasta octubre de 2004 de la Finca Agrocomercial EARTH.

| Identificación                   | Proyectos |          |          |         |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|---------|
|                                  | 1A        | 1B       | 2        | 4       |
| Racimos. cortados                | 107202,0  | 119217,0 | 109538,0 | 24764,0 |
| Racimos rechazados.              | 1453,0    | 1441,0   | 1375,0   | 1219,0  |
| % de Rechazo                     | 1,4       | 1,2      | 1,3      | 4,9     |
| Racimos procesados               | 105749,0  | 117776,0 | 106163,0 | 23545,0 |
| Edad promedio del racimo (meses) | 11,5      | 11,5     | 11,5     | 11,5    |
| Peso promedio del racimo (Kg)    | 23,5      | 23,4     | 22,8     | 18,9    |
| Calibre promedio                 | 44,3      | 44,5     | 44,2     | 42,5    |
| Promedio de manos por racimo     | 7,4       | 7,4      | 7,3      | 6,9     |
| “Ratio”                          | 1,04      | 1,03     | 1,01     | 0,84    |
| % de merma                       | 16,0      | 16,0     | 16,0     | 15,0    |
| Total de cajas                   | 111407,0  | 123267,0 | 110528,0 | 20739,0 |
| Cajas primera                    | 107013,0  | 118390,0 | 106280,0 | 19714,0 |
| Cajas segunda                    | 4394,0    | 4877,0   | 4248,0   | 1025,0  |
| Cajas por ha acumuladas          | 1925,0    | 2050,0   | 1867,0   | 1392,0  |
| Hectáreas en producción          | 57,9      | 60,2     | 59,2     | 14,9    |

Fuente: Registros de producción de la Finca Agrocomercial EARTH.

Anexo 6. Representación del desarrollo de una planta de banano desde yema lateral hasta la cosecha. Fuente: Soto (2002)

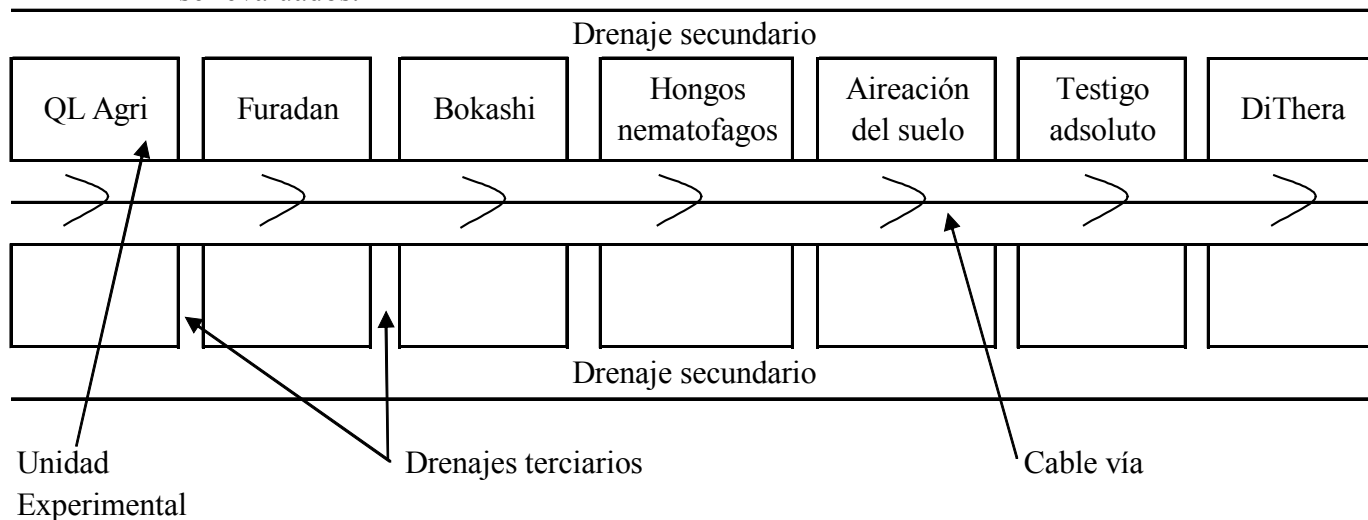


**Y**= Yema, desarrollo del sistema lateral.  
**F10**= Primera hoja con 10 cm de ancho  
**Fm**= Primera hoja con relación foliar mínima  
**F**= Emisión de la flor  
**C**= Cosecha del fruto

A partir del esquema anterior se puede resumir el ciclo de vida del banano en:

- **Fase infantil.** Comprende el periodo desde la aparición de la yema lateral hasta que se independiza de la planta madre o sea cuando aparece la **Fm**.
- **Fase juvenil.** Es el lapso entre la **Fm** y la diferenciación floral (**DF**). La **DF** se da en el momento en que en la planta se han producido 15 hojas (esto se da en un momento cercano a la **Fm**). En dicho período la planta ha emitido todas sus hojas, pero sólo han emergido la mitad.
- **Fase reproductiva.** Esta fase comprende entre la **DF** y la cosecha de la planta.

Anexo 7. Croquis general de campo y representación de la distribución de los tratamientos a ser evaluados.



El croquis general representa la distribución de los tratamientos en la repetición 1 (asignadas al azar), localizada en Proyecto 1A cable 5. Las otras 3 repeticiones se ubican en el espacio de forma similar teniendo en cuenta que la asignación de cada tratamiento a las diferentes unidades experimentales sea de forma aleatorizada.

Anexo 8. Probabilidades del análisis de varianza para cada tratamiento por sitio de muestreo para los contenidos de nutrientes en suelo. A: Frente al hijo de producción y B: Entre calle (no frente al hijo de producción).

|         | pH    |       | -----cmol+ / L----- |       |       |       | -----ppm----- |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | A     | B     | K                   |       | Ca    |       | Mg            |       | P     |       | Fe    |       | Cu    |       | Zn    |       | Mn    |       |
| P-Valor | 0.608 | 0.162 | 0.641               | 0.312 | 0.303 | 0.137 | 0.105         | 0.418 | 0.607 | 0.246 | 0.233 | 0.228 | 0.607 | 0.594 | 0.931 | 0.320 | 0.395 | 0.513 |

P-valor: probabilidad de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos

Anexo 9. Probabilidades del análisis de varianza para cada tratamiento en el contenido de nutrientes foliares.

|         | -----%----- |       |       |       |       | -----ppm----- |       |       |       |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|         | N           | P     | K     | Ca    | Mg    | Fe            | Cu    | Zn    | Mn    |
| P-valor | 0.865       | 0.849 | 0.832 | 0.766 | 0.253 | 0.252         | 0.239 | 0.272 | 0.611 |

P-valor: probabilidad de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos

Anexo 10. Record de fertilización aplicado en la Empresa Agrocomercial EARTH y en las unidades experimentales.

| Ciclo            | Producto              | Área   | Sacos        | Kg ht | Peso Saco | Kilos          | N            | P2O5        | K2O          | MgO         | CaO          | S           |
|------------------|-----------------------|--------|--------------|-------|-----------|----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1                | 14-2-25-4-0.13-0.44-8 | 267.84 | 1022         | 191   | 50        | 51100          | 26.7         | 3.8         | 47.7         | 7.6         | 0.8          | 15.3        |
| 2                | 27-6-3-2              | 268.48 | 1026         | 191   | 50        | 51300          | 51.6         | 11.5        | 5.7          | 3.8         | 0.0          | 0.0         |
| 3                | 27-6-3-2              | 267.97 | 1026         | 191   | 50        | 51300          | 51.7         | 11.5        | 5.7          | 3.8         | 0.0          | 0.0         |
| 4                | 21.4-0-32             | 267.33 | 1031         | 193   | 50        | 51550          | 41.3         | 0.0         | 61.7         | 0.0         | 0.0          | 0.0         |
| 5                | 14-0-21.5-4-0-5-4     | 268.54 | 960          | 179   | 50        | 48000          | 25.0         | 0.0         | 38.4         | 0.0         | 8.9          | 7.1         |
| 6                | Carbo Azul            | 268.54 | 4850         | 903   | 50        | 242500         | 0.0          | 0.0         | 0.0          | 54.2        | 135.5        | 0.0         |
| <b>Acumulado</b> |                       |        | <b>9,915</b> |       |           | <b>495,750</b> | <b>196.3</b> | <b>26.8</b> | <b>159.3</b> | <b>69.5</b> | <b>145.2</b> | <b>22.4</b> |

A cierre del ciclo actual que termina en septiembre

|                  |                            |        |               |     |    |                |             |            |              |             |             |            |
|------------------|----------------------------|--------|---------------|-----|----|----------------|-------------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|
| 7                | 15-0-23-3-0.6-3.8 (Actual) | 268.54 | 985           | 183 | 50 | 49250          | 27.5        | 0.0        | 42.2         | 11.0        | 7.0         | 0.0        |
| 8                | 15-0-23-3-0.6-3.8          | 268.54 | 983           | 183 | 50 | 49150          | 27.5        | 0.0        | 42.1         | 11.0        | 7.0         | 0.0        |
| 9                | 15-0-23-3-0.6-3.8          | 268.54 | 982           | 183 | 50 | 49100          | 27.4        | 0.0        | 42.1         | 11.0        | 6.9         | 0.0        |
| <b>Acumulado</b> |                            |        | <b>12,865</b> |     |    | <b>147,500</b> | <b>82.4</b> | <b>0.0</b> | <b>126.3</b> | <b>33.0</b> | <b>20.9</b> | <b>0.0</b> |

Ciclos hasta final de año

|                  |                 |        |               |     |    |                |             |             |             |             |            |             |
|------------------|-----------------|--------|---------------|-----|----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 10               | 15-0-25-5-3-4-0 | 268.54 | 806           | 150 | 50 | 40281          | 22.5        | 0.0         | 37.5        | 7.5         | 0.0        | 6.0         |
| 11               | 18-46-0 (DAP)   | 268.54 | 806           | 150 | 50 | 40281          | 27.0        | 69.0        | 0.0         | 0.0         | 0.0        | 0.0         |
| 12               | 15-0-25-5-3-4-0 | 268.54 | 806           | 150 | 50 | 40281          | 22.5        | 0.0         | 37.5        | 7.5         | 0.0        | 6.0         |
| <b>Acumulado</b> |                 |        | <b>16,264</b> |     |    | <b>120,843</b> | <b>72.0</b> | <b>69.0</b> | <b>75.0</b> | <b>15.0</b> | <b>0.0</b> | <b>12.0</b> |

|                          |  |  |               |  |  |                |            |           |            |            |            |           |
|--------------------------|--|--|---------------|--|--|----------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| <b>Acumulado del año</b> |  |  | <b>39,044</b> |  |  | <b>764,093</b> | <b>351</b> | <b>96</b> | <b>361</b> | <b>117</b> | <b>166</b> | <b>34</b> |
| <b>Programado</b>        |  |  |               |  |  |                | <b>350</b> | <b>90</b> | <b>450</b> | <b>120</b> | <b>120</b> | <b>60</b> |

Anexo 11. Record de aplicaciones de nematicidas en la empresa Agrocomercial EARTH para el 2004 y 2005. Todas las parcelas experimentales recibieron las aplicaciones del 2004 y no las del 2005.

| Año  | Ciclo | Producto         |              | Dosis Kg/Ha | Población promedio |
|------|-------|------------------|--------------|-------------|--------------------|
|      |       | Nombre comercial | Nombre común |             |                    |
| 2004 | 1     | Furadan®         | Carbofuran   | 58,60       | 1953               |
|      | 2     | Counter®         | Terbufos     | 39,32       | 1966               |
|      | 3     | Counter®         | Terbufos     | 34,42       | 1720               |
| 2005 | 1     | Rugby®           | Cadusafos    | 34,06       | 1703               |
|      | 2     | Counter®         | Terbufos     | 33,01       | 1650               |
|      | 3     | Pendiente        |              |             |                    |

Anexo 12. Record de aplicaciones de fungicidas en la Empresa Agrocomercial. El mismo cronograma de aplicación se realizó en las parcelas experimentales.

| <b>SEMANA</b> | <b>CICLO</b> | <b>FORMULA</b>  | <b>DIAS<br/>CICLO</b> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| 1             |              | NO SE APLICÓ    |                       |
| 2             | 1            | DITHANE/TEGA    | 13                    |
| 3             |              | NO SE APLICÓ    |                       |
| 4             | 2            | DITHANE 60SC    | 11                    |
| 5             | 3            | CALIXIN/DITHANE | 10                    |
| 6             | 4            | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 7             | 5            | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 8             | 6            | SIGANEX 60 SC   | 7                     |
| 9             | 7            | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 10            | 8            | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 11            | 9            | DITHANE/BRAVO   | 5                     |
| 12            | 10           | BRAVO 72SC      | 6                     |
| 13            | 11           | BRAVO 72SC      | 7                     |
| 14            | 12           | BRAVO 72SC      | 6                     |
| 15            | 13           | BRAVO 72SC      | 6                     |
| 16            | 14           | BRAVO 72SC      | 9                     |
| 17            | 15           | SICO/CALIXIN    | 6                     |
| 18            | 16           | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 19            | 17           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 20            | 18           | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 21            | 19           | SIGANEX 60 SC   | 7                     |
| 22            | 20           | DITHANE 60SC    | 9                     |
| 23            | 21           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 24            |              | NO SE APLICÓ    |                       |
| 25            | 22           | SICO/DITHANE    | 10                    |
| 26            | 23           | DITHANE 60SC    | 6                     |
| 26            | 24           | CALIXINN 86OL   | 5                     |
| 27            | 25           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 28            | 26           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 29            |              | NO SE APLICÓ    |                       |
| 30            | 27           | REGNUM/CALIXIN  | 11                    |
| 31            | 28           | DITHANE/SIGANEX | 7                     |
| 32            | 29           | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 33            | 30           | DITHANE 60SC    | 8                     |
| 34            | 31           | SICO/SIGANEX    | 9                     |
| 35            | 32           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 36            | 33           | DITH/CALIXIN    | 7                     |
| 36            | 33           | DITHANE 60SC    | 7                     |
| 37            | 34           | FOLICUR/CALIXIN | 7                     |
| 38            |              | NO SE APLICÓ    |                       |
| 39            | 35           | DITHANE 60SC    | 10                    |
| 39            | 35           | DITHANE 60SC    | 10                    |

Anexo 13. Hoja de cálculo utilizado para estimar el valor del bananal, el ciclo productivo óptimo y realizar el estudio de sensibilidad.

| Método del valor presente neto                |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
|---|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Edad  | Costos fijas/ha | Producción Cajas/ha/año | Costos cosecha y empaque | Ingresos | In Neto | 0         | 1         | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       |         |         |         |
| 0   | \$6,254         | 1937                    | \$4,197                  | \$10,665 | \$244   | \$244     | \$244     | \$244    | \$265    | \$276    | \$287    | \$300    | \$312    | \$325    | \$339    | \$353    | \$368    | \$384    | \$400    | \$417    | \$434    |         |         |         |
| 1   | \$6,841         | 2211                    | \$4,741                  | \$12,047 | \$465   | \$465     | \$465     | \$465    | \$484    | \$505    | \$526    | \$548    | \$572    | \$596    | \$621    | \$647    | \$674    | \$703    | \$732    | \$763    | \$796    |         |         |         |
| 2   | \$6,841         | 2386                    | \$5,117                  | \$13,003 | \$1,044 | \$1,044   | \$1,044   | \$1,044  | \$1,064  | \$1,088  | \$1,134  | \$1,182  | \$1,232  | \$1,284  | \$1,338  | \$1,395  | \$1,453  | \$1,513  | \$1,579  | \$1,645  | \$1,715  |         |         |         |
| 3   | \$6,841         | 2492                    | \$5,346                  | \$13,383 | \$1,386 | \$1,386   | \$1,386   | \$1,386  | \$1,396  | \$1,455  | \$1,516  | \$1,580  | \$1,647  | \$1,717  | \$1,789  | \$1,864  | \$1,943  | \$2,025  | \$2,111  | \$2,200  | \$2,291  |         |         |         |
| 4   | \$6,841         | 2539                    | \$5,447                  | \$13,840 | \$1,532 | \$1,532   | \$1,532   | \$1,532  | \$1,532  | \$1,609  | \$1,688  | \$1,768  | \$1,851  | \$1,937  | \$2,025  | \$2,115  | \$2,208  | \$2,304  | \$2,403  | \$2,504  | \$2,607  |         |         |         |
| 5   | \$6,841         | 2537                    | \$5,442                  | \$13,827 | \$1,544 | \$1,544   | \$1,544   | \$1,544  | \$1,544  | \$1,609  | \$1,677  | \$1,748  | \$1,821  | \$1,897  | \$1,974  | \$2,053  | \$2,134  | \$2,217  | \$2,302  | \$2,389  | \$2,477  |         |         |         |
| 6   | \$6,841         | 2494                    | \$5,351                  | \$13,595 | \$1,403 | \$1,403   | \$1,403   | \$1,403  | \$1,403  | \$1,463  | \$1,524  | \$1,586  | \$1,650  | \$1,717  | \$1,786  | \$1,856  | \$1,928  | \$2,001  | \$2,075  | \$2,150  | \$2,226  |         |         |         |
| 7   | \$6,841         | 2421                    | \$5,194                  | \$13,197 | \$1,162 | \$1,162   | \$1,162   | \$1,162  | \$1,162  | \$1,211  | \$1,262  | \$1,315  | \$1,370  | \$1,427  | \$1,485  | \$1,544  | \$1,604  | \$1,665  | \$1,727  | \$1,790  | \$1,854  |         |         |         |
| 8   | \$6,841         | 2327                    | \$4,992                  | \$12,685 | \$851   | \$851     | \$851     | \$851    | \$851    | \$851    | \$887    | \$925    | \$964    | \$1,005  | \$1,047  | \$1,091  | \$1,136  | \$1,182  | \$1,229  | \$1,277  | \$1,325  |         |         |         |
| 9   | \$6,841         | 2222                    | \$4,767                  | \$12,111 | \$503   | \$503     | \$503     | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    | \$503    |         |         |         |
| 10  | \$6,841         | 2115                    | \$4,537                  | \$11,528 | \$150   | \$150     | \$150     | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    | \$150    |         |         |         |
| 11  | \$6,841         | 2016                    | \$4,324                  | \$10,987 | \$178   | \$178     | \$178     | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    | \$178    |         |         |         |
| 12  | \$6,841         | 1934                    | \$4,149                  | \$10,541 | \$449   | \$449     | \$449     | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    | \$449    |         |         |         |
| 13  | \$6,841         | 1879                    | \$4,031                  | \$10,242 | \$630   | \$630     | \$630     | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    | \$630    |         |         |         |
| 14  | \$6,841         | 1861                    | \$3,992                  | \$10,143 | \$690   | \$690     | \$690     | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    |         |         |         |
| 15  | \$6,841         | 1861                    | \$3,992                  | \$10,143 | \$690   | \$690     | \$690     | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    | \$690    |         |         |         |
| <b>Costos Capitalizados</b>                   |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
| <b>Costo de renovación</b>                    |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
| <b>Valor Total Futuro del FC</b>              |                 |                         |                          |          |         | \$244     | \$719     | \$1,793  | \$3,265  | \$4,955  | \$6,708  | \$8,594  | \$9,911  | \$11,180 | \$12,156 | \$12,818 | \$13,181 | \$13,289 | \$13,219 | \$13,087 |          |         |         |         |
| <b>Precio de la tierra para banano</b>        |                 |                         |                          |          |         | \$3,584   | \$3,584   | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584  | \$3,584 | \$3,584 |         |
| <b>VEI banano valor relativo de la tierra</b> |                 |                         |                          |          |         | \$3,340   | \$4,865   | \$3,791  | \$2,319  | \$609    | \$1,124  | \$2,811  | \$4,327  | \$5,597  | \$6,572  | \$7,253  | \$7,597  | \$7,705  | \$7,656  | \$7,503  |          |         |         |         |
| <b>VEI banano para un ciclo</b>               |                 |                         |                          |          |         | \$6,000   | \$6,000   | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000  | \$6,000 | \$6,000 |         |
| <b>VEI banano para un ciclo</b>               |                 |                         |                          |          |         | \$130,577 | \$60,483  | \$32,746 | \$16,931 | \$6,773  | \$39     | \$4,343  | \$7,007  | \$8,386  | \$8,524  | \$7,798  | \$6,796  | \$5,710  | \$4,702  |          |          |         |         |         |
| <b>VEI banano para un ciclo</b>               |                 |                         |                          |          |         | \$3,400   | \$2,988   | \$2,082  | \$913    | \$335    | \$1,526  | \$2,664  | \$3,386  | \$3,961  | \$4,282  | \$4,366  | \$4,247  | \$3,974  | \$3,611  | \$3,221  |          |         |         |         |
| <b>VC de la bananera</b>                      |                 |                         |                          |          |         | \$416     | \$416     | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416    | \$416   | \$416   |         |
| <b>Área de banano (ha)</b>                    |                 |                         |                          |          |         | \$0,00    | \$0,00    | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00   | \$0,00  | \$0,00  |         |
| <b>Sensibilización del caso base</b>          |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
| <b>Valor costo control sembrados</b>          |                 |                         |                          |          |         | \$127,939 | \$37,046  | \$29,040 | \$13,092 | \$2,834  | \$3,933  | \$8,333  | \$11,046 | \$12,446 | \$12,884 | \$12,626 | \$11,902 | \$10,911 | \$9,833  | \$8,832  |          |         |         |         |
| <b>VB Hongos Nematófitos</b>                  |                 |                         |                          |          |         | \$177,442 | \$106,548 | \$78,542 | \$62,994 | \$32,356 | \$45,570 | \$41,149 | \$38,437 | \$37,056 | \$36,618 | \$37,601 | \$38,392 | \$39,669 | \$40,670 |          |          |         |         |         |
| <b>VB Diftia</b>                              |                 |                         |                          |          |         | \$187,726 | \$116,633 | \$88,827 | \$72,879 | \$62,641 | \$35,634 | \$31,434 | \$46,741 | \$47,340 | \$46,903 | \$47,160 | \$47,885 | \$48,876 | \$49,954 | \$30,934 |          |         |         |         |
| <b>VB Saprota</b>                             |                 |                         |                          |          |         | \$136,494 | \$65,601  | \$37,394 | \$21,646 | \$11,409 | \$4,622  | \$201    | \$2,491  | \$3,892  | \$4,329  | \$4,072  | \$3,347  | \$2,336  | \$1,278  | \$278    |          |         |         |         |
| <b>VB QL Agri</b>                             |                 |                         |                          |          |         | \$145,001 | \$74,108  | \$46,102 | \$30,153 | \$19,916 | \$13,129 | \$8,709  | \$6,016  | \$4,615  | \$4,178  | \$4,435  | \$5,160  | \$6,151  | \$7,229  | \$8,229  |          |         |         |         |
| <b>VB con 6.00 \$/caja</b>                    |                 |                         |                          |          |         | \$105,074 | \$33,362  | \$4,333  | \$12,421 | \$23,268 | \$30,435 | \$35,091 | \$37,843 | \$39,174 | \$39,444 | \$38,947 | \$37,938 | \$36,644 | \$35,270 | \$34,001 |          |         |         |         |
| <b>VB con 5.51 \$/caja</b>                    |                 |                         |                          |          |         | \$137,069 | \$67,389  | \$39,973 | \$24,402 | \$14,420 | \$7,802  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484  | \$3,484 | \$3,484 | \$3,484 |
| <b>Valor en la producción</b>                 |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
| <b>VB con 11% más</b>                         |                 |                         |                          |          |         | \$136,707 | \$67,004  | \$39,570 | \$23,978 | \$24,471 | \$13,084 | \$20,117 | \$24,667 | \$27,390 | \$28,737 | \$29,038 | \$28,637 | \$27,721 | \$26,526 | \$25,249 | \$24,060 |         |         |         |
| <b>VB con 4% menos</b>                        |                 |                         |                          |          |         | \$141,305 | \$71,894  | \$44,688 | \$29,277 | \$19,409 | \$12,866 | \$8,991  | \$5,963  | \$4,560  | \$4,081  | \$4,229  | \$4,881  | \$5,799  | \$6,724  | \$7,622  |          |         |         |         |
| <b>VB con 7% menos</b>                        |                 |                         |                          |          |         | \$144,370 | \$75,133  | \$48,101 | \$32,805 | \$23,020 | \$16,313 | \$12,286 | \$9,669  | \$8,265  | \$7,764  | \$7,914  | \$8,303  | \$9,346  | \$10,276 | \$11,143 |          |         |         |         |
| <b>VB con 13% menos</b>                       |                 |                         |                          |          |         | \$150,500 | \$81,672  | \$54,925 | \$39,880 | \$30,240 | \$23,861 | \$19,677 | \$17,081 | \$15,666 | \$15,128 | \$15,224 | \$15,748 | \$16,521 | \$17,382 | \$18,186 |          |         |         |         |
| <b>Valor en la tasa de descuento</b>          |                 |                         |                          |          |         |           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |         |         |
| <b>VB con TMA 8.75%</b>                       |                 |                         |                          |          |         | \$64,825  | \$30,408  | \$16,940 | \$9,348  | \$4,315  | \$1,325  | \$763    | \$2,063  | \$2,791  | \$3,102  | \$3,121  | \$2,948  | \$2,667  | \$2,348  | \$2,053  |          |         |         |         |
| <b>VB con TMA 1.56%</b>                       |                 |                         |                          |          |         | \$346,435 | \$159,069 | \$84,423 | \$41,596 | \$13,965 | \$4,389  | \$16,233 | \$23,297 | \$26,713 | \$27,366 | \$25,994 | \$23,244 | \$19,706 | \$15,926 | \$12,421 |          |         |         |         |



## Anexo 14. Análisis estadísticos realizados para la etapa de campo.

| Variable  | N        | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|---|----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Peso raiz total   | 126      | 0.16           | 0.1               | 32.31 |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |          |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC       | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 7435.65  | 8              | 929.46            | 2.81  | 0.007   |
| Tratamiento   | 1833.89  | 6              | 305.65            | 0.92  | 0.4814  |
| Bloque  | 5601.76  | 2              | 2800.88           | 8.46  | 0.0004  |
| Error   | 38756.35 | 117            | 331.25            |       |         |
| Total   | 46192    | 125            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |          |                |                   |       |         |
| Error: 331.2508 gl: 117                                       |          |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias   | n              |                   |       |         |
| Bokashi   | 64.89    | 18             | A                 |       |         |
| DiTera  | 57.11    | 18             | A                 |       |         |
| Testigo Abs   | 56.44    | 18             | A                 |       |         |
| Furadan   | 55.5     | 18             | A                 |       |         |
| Savitan   | 54.5     | 18             | A                 |       |         |
| QL Agri   | 53.67    | 18             | A                 |       |         |
| H. netatófagos  | 52.22    | 18             | A                 |       |         |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |          |                |                   |       |         |

| Variable  | N        | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|---|----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Peso raiz funcional   | 126      | 0.13           | 0.07              | 42.06 |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |          |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC       | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 3449.84  | 8              | 431.23            | 2.1   | 0.0407  |
| Tratamiento   | 1491.63  | 6              | 248.61            | 1.21  | 0.3047  |
| Bloque  | 1958.21  | 2              | 979.1             | 4.78  | 0.0101  |
| Error   | 23984.96 | 117            | 205               |       |         |
| Total   | 27434.8  | 125            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |          |                |                   |       |         |
| Error: 204.9997 gl: 117                                       |          |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias   | n              |                   |       |         |
| Bokashi   | 40.78    | 18             | A                 |       |         |
| DiTera  | 35.44    | 18             | A                 | B     |         |
| QL Agri   | 34.67    | 18             | A                 | B     |         |
| Furadan   | 34       | 18             | A                 | B     |         |
| Testigo Abs   | 33.22    | 18             | A                 | B     |         |
| H. netatófagos  | 31.33    | 18             | A                 | B     |         |
| Savitan   | 28.83    | 18             | B                 | B     |         |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |          |                |                   |       |         |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |   |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|---|
| R. similis  | 126    | 0.12           | 0.06              | 17.81 |         |   |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |       |         |   |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |   |
| Modelo  | 7.75   | 8              | 0.97              | 2.05  | 0.0467  |   |
| Tratamiento   | 7.66   | 6              | 1.28              | 2.7   | 0.0172  |   |
| Bloque  | 0.08   | 2              | 0.04              | 0.09  | 0.9144  |   |
| Error   | 55.34  | 117            | 0.47              |       |         |   |
| Total   | 63.08  | 125            |                   |       |         |   |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |       |         |   |
| Error: 0.4657 gl: 119   |        |                |                   |       |         |   |
| Tratamiento   | Medias | DE             | EE                | n     |         |   |
| Furadan/Counter   | 2138   | 1.29           | 0.30              | 18    | A       |   |
| H. nematófagos  | 5623   | 0.99           | 0.23              | 18    | A       | B |
| Bokashi   | 6918   | 0.49           | 0.12              | 18    | B       | B |
| Savitan   | 8710   | 0.34           | 0.08              | 18    | B       | B |
| QL Agri   | 10715  | 0.23           | 0.05              | 18    | B       | B |
| DiTera  | 12882  | 0.27           | 0.06              | 18    | B       | B |
| Testigo Absoluto  | 10965  | 0.35           | 0.08              | 18    | B       | B |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |       |         |   |

| Análisis de la varianza                                       |          |                |                   |       |         |
|---|----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable  | N        | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
| Altura  | 165      | 0.53           | 0.5               | 11.4  |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |          |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC       | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 239196.4 | 8              | 29899.55          | 21.56 | <0.0001 |
| Tratamiento   | 10026.44 | 6              | 1671.07           | 1.2   | 0.3066  |
| Bloque  | 216028.3 | 2              | 108014.1          | 77.88 | <0.0001 |
| Error   | 216357.2 | 156            | 1386.9            |       |         |
| Total   | 455553.6 | 164            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |          |                |                   |       |         |
| Error: 1386.9050 gl: 156                                      |          |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias   | n              |                   |       |         |
| Bokashi   | 316.01   | 24             | A                 |       |         |
| DiTera  | 335.87   | 22             | A                 |       | B       |
| Furadan   | 342.24   | 24             |                   |       | B       |
| H. nematófagos  | 327.39   | 26             | A                 |       | B       |
| QL Agri   | 323.63   | 22             | A                 |       | B       |
| Savitan   | 329.98   | 24             | A                 |       | B       |
| Testigo Ads   | 330.89   | 23             | A                 |       | B       |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |          |                |                   |       |         |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Total de hojas  | 165    | 0.48           | 0.46              | 17.1  |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 301.88 | 8              | 37.74             | 18.3  | <0.0001 |
| Tratamiento   | 30.37  | 6              | 5.06              | 2.45  | 0.027   |
| Bloque  | 252.99 | 2              | 126.5             | 61.34 | <0.0001 |
| Error   | 321.72 | 156            | 2.06              |       |         |
| Total   | 623.6  | 164            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |       |         |
| Error: 2.0623 gl: 156   |        |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias | n              |                   |       |         |
| H. nematófagos  | 8.03   | 26             | A                 |       |         |
| Furadan   | 8.06   | 24             | A                 |       |         |
| QL Agri   | 8.24   | 22             | A                 |       |         |
| Bokashi   | 8.48   | 24             | A                 |       | B       |
| Savitan   | 8.7    | 24             | A                 |       | B       |
| Testigo Ads   | 8.84   | 23             | A                 |       | B       |
| DiTera  | 9.32   | 22             |                   |       | B       |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |       |         |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Diámetro  | 165    | 0.48           | 0.46              | 6.96  |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 2838.3 | 8              | 354.79            | 18.33 | <0.0001 |
| Tratamiento   | 125.41 | 6              | 20.9              | 1.08  | 0.3769  |
| Bloque  | 2661.4 | 2              | 1330.7            | 68.75 | <0.0001 |
| Error   | 3019.6 | 156            | 19.36             |       |         |
| Total   | 5857.9 | 164            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |       |         |
| Error: 19.3564 gl: 156  |        |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias | n              |                   |       |         |
| Bokashi   | 62.16  | 24             | A                 |       |         |
| DiTera  | 63.73  | 22             | A                 |       |         |
| Furadan   | 64.36  | 24             | A                 |       |         |
| H. nematófagos  | 62.96  | 26             | A                 |       |         |
| QL Agri   | 62.85  | 22             | A                 |       |         |
| Savitan   | 64.23  | 24             | A                 |       |         |
| Testigo Ads   | 64.73  | 23             | A                 |       |         |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |       |         |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Dist. entre hojas   | 165    | 0.36           | 0.33              | 18.91 |         |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |       |         |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |
| Modelo  | 230    | 8              | 28.75             | 11.11 | <0.0001 |
| Tratamiento   | 50.73  | 6              | 8.45              | 3.27  | 0.0047  |
| Bloque  | 164.75 | 2              | 82.37             | 31.84 | <0.0001 |
| Error   | 403.62 | 156            | 2.59              |       |         |
| Total   | 633.61 | 164            |                   |       |         |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |       |         |
| Error: 2.5873 gl: 156   |        |                |                   |       |         |
| Tratamiento   | Medias | n              |                   |       |         |
| Savitan   | 7.91   | 24             | A                 |       |         |
| Testigo Ads   | 8.03   | 23             | A                 |       |         |
| QL Agri   | 8.25   | 22             | A                 |       |         |
| DiTera  | 8.57   | 22             | A                 |       |         |
| H. nematófagos  | 8.65   | 26             | A                 |       |         |
| Bokashi   | 8.85   | 24             | A                 |       | B       |
| Furadan   | 9.68   | 24             |                   |       | B       |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |       |         |

| Análisis de la varianza                                      |        |                |                   |       |         |  |
|--|--------|----------------|-------------------|-------|---------|--|
| Variable   | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |  |
| Peso racim   | 21     | 0.56           | 0.26              | 18.01 |         |  |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)              |        |                |                   |       |         |  |
| F.V.   | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |  |
| Modelo   | 274.43 | 8              | 34.3              | 1.88  | 0.1566  |  |
| Tratamiento  | 68.49  | 6              | 11.41             | 0.63  | 0.7078  |  |
| Bloque   | 205.95 | 2              | 102.97            | 5.64  | 0.0188  |  |
| Error  | 219.08 | 12             | 18.26             |       |         |  |
| Total  | 493.51 | 20             |                   |       |         |  |
| Test:Duncan Alfa:=0.05                                       |        |                |                   |       |         |  |
| Error: 18.2567 gl:12   |        |                |                   |       |         |  |
| Tratamiento  | Medias | n              |                   |       |         |  |
| Bokashi  | 23.77  | 3 A            |                   |       |         |  |
| DiTera   | 27.47  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Furadan  | 24.73  | 3 A            |                   |       |         |  |
| H.anemató  | 22.53  | 3 A            |                   |       |         |  |
| QL Agri  | 23.03  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Savitan  | 21.37  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Testigo Ab:  | 23.13  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0.05) |        |                |                   |       |         |  |

| Variable  | N       | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |  |
|---|---------|----------------|-------------------|-------|---------|--|
| Dedos   | 21      | 0.71           | 0.51              | 12.5  |         |  |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |         |                |                   |       |         |  |
| F.V.  | SC      | gl             | CM                | F     | p-valor |  |
| Modelo  | 6739.9  | 8              | 842.49            | 3.62  | 0.0224  |  |
| Tratamiento   | 700.95  | 6              | 116.83            | 0.5   | 0.7953  |  |
| Bloque  | 6038.95 | 2              | 3019.48           | 12.98 | 0.001   |  |
| Error   | 2791.05 | 12             | 232.59            |       |         |  |
| Total   | 9530.95 | 20             |                   |       |         |  |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |         |                |                   |       |         |  |
| Error:a232.5873agl:a12  |         |                |                   |       |         |  |
| Tratamiento   | Medias  | n              |                   |       |         |  |
| Bokashi   | 131.67  | 3 A            |                   |       |         |  |
| DiTera  | 129.33  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Furadan   | 122.67  | 3 A            |                   |       |         |  |
| QLaAgri   | 120.33  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Savitan   | 117.67  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Testigo Ab:   | 116.67  | 3 A            |                   |       |         |  |
| H.anemató   | 116     | 3 A            |                   |       |         |  |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<=a0.05) |         |                |                   |       |         |  |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |         |  |
|---|--------|----------------|-------------------|------|---------|--|
| Grado   | 21     | 0.22           | 0                 | 5.48 |         |  |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |      |         |  |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F    | p-valor |  |
| Modelo  | 0.12   | 8              | 0.02              | 0.42 | 0.885   |  |
| Tratamiento   | 0.1    | 6              | 0.02              | 0.47 | 0.8147  |  |
| Bloque  | 0.02   | 2              | 0.01              | 0.27 | 0.7659  |  |
| Error   | 0.44   | 12             | 0.04              |      |         |  |
| Total   | 0.56   | 20             |                   |      |         |  |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |      |         |  |
| Error: 0.0365 gl: 12  |        |                |                   |      |         |  |
| Tratamiento   | Medias | n              |                   |      |         |  |
| Bokashi   | 3.47   | 3 A            |                   |      |         |  |
| DiTera  | 3.56   | 3 A            |                   |      |         |  |
| Furadan   | 3.46   | 3 A            |                   |      |         |  |
| H. netatófagos  | 3.39   | 3 A            |                   |      |         |  |
| QL Agri   | 3.43   | 3 A            |                   |      |         |  |
| Savitan   | 3.62   | 3 A            |                   |      |         |  |
| Testigo Abs   | 3.48   | 3 A            |                   |      |         |  |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |      |         |  |

| Variable  | N      | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |         |  |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|--|
| Largo   | 21     | 0.76           | 0.6               | 4.14  |         |  |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)               |        |                |                   |       |         |  |
| F.V.  | SC     | gl             | CM                | F     | p-valor |  |
| Modelo  | 35.81  | 8              | 4.48              | 4.81  | 0.0077  |  |
| Tratamiento   | 8.76   | 6              | 1.46              | 1.57  | 0.2387  |  |
| Bloque  | 27.04  | 2              | 13.52             | 14.52 | 0.0006  |  |
| Error   | 11.18  | 12             | 0.93              |       |         |  |
| Total   | 46.98  | 20             |                   |       |         |  |
| Test:Duncan Alfa:=0.05  |        |                |                   |       |         |  |
| Error: 0.9315 gl: 12  |        |                |                   |       |         |  |
| Tratamiento   | Medias | n              |                   |       |         |  |
| Bokashi   | 23.27  | 3 A B          |                   |       |         |  |
| DiTera  | 24.14  | 3 A            |                   |       |         |  |
| Furadan   | 23.42  | 3 A B          |                   |       |         |  |
| H. netatófagos  | 23.15  | 3 A B          |                   |       |         |  |
| QL Agri   | 23.42  | 3 A B          |                   |       |         |  |
| Savitan   | 21.89  | 3 B            |                   |       |         |  |
| Testigo Abs   | 23.71  | 3 A B          |                   |       |         |  |
| Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05) |        |                |                   |       |         |  |

Anexo 15. Contenido de nutrientes, desglose de los costos de producción y descripción de método de producción del bokashi.

A. Contenido de nutrientes del bokashi producido en la Empresa Agrocomercial EARTH.

| C Org | Hum   | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe  | Cu | Zn | Mn | C/N |
|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|----|----|----|-----|
| 3,11  | 50,25 | 0,85 | 0,15 | 1,81 | 0,31 | 0,13 | 972 | 4  | 15 | 60 | 62  |

Fuente: Empresa Agrocomercial EARTH (2006)

C Org = Carbono orgánico      P = Fósforo      Mg = Magnesio      Zn = Zinc  
 Hum = Humedad      K = Potasio      Fe = Hierro      Mn = Manganeseo  
 N = Nitrógeno      Ca = Calcio      Cu = Cobre  
 C/N = Relación Carbono Nitrógeno

B. Desglose de los costos de producción de Bokashi en la Empresa Agrocomercial EARTH.

| Concepto (por Kg)                      | Costo (\$)  | %          |
|--|-------------|------------|
| Proceso-Mano de Obra                   | 0,037       | 62         |
| Proceso-Materiales                     | 0,002       | 3          |
| Transporte materia prima               | 0,003       | 5          |
| Transporte producto procesado al campo | 0,015       | 25         |
| Aplicación del producto en campo       | 0,003       | 5          |
| <b>Costo total / Kg</b>                | <b>0,06</b> | <b>100</b> |

C. Descripción del método de producción del Bokashi.

A continuación se describe el proceso de producción de bokashi basado en los procedimientos de la Empresa Agrocomercial EARTH, el cual se documenta en Valle (2004):

El proceso de producción de Bokashi inicia con la trituración del banano de rechazo y el pinzote de banano, durante el cual se le inyecta EM activado, directamente en la trituradora

a razón de 0,1 litro por minuto, mediante un dispositivo adaptado a la trituradora. El material triturado se deposita sobre una carreta de volteo, para ser transportada a la planta de producción de Bokashi (“Bokashera”).

El material triturado es depositado en forma de camas e inoculado nuevamente con EM, a través de una regadera de 5 litros, con una frecuencia de tres a cuatro veces durante todo el proceso de producción. Posteriormente, las camas son tapadas con aserrín de *Gmelina arborea* con el fin de: (a) formar una capa protectora contra los insectos, (b) proveer mayor porosidad a la mezcla para facilitar la eliminación de los lixiviados y (c) evitar que la textura se vuelva una masa pegajosa.

Las camas son volteadas alrededor de 2 veces durante el proceso, con el fin de controlar la temperatura y ayudar a que el aserrín se mezcle con el resto de material, incrementando la porosidad y por lo tanto el proceso de elaboración del abono. Al finalizar el volteo se vuelve a formar las camas y se aplica otra capa de aserrín. Todo el proceso de elaboración de Bokashi dura de 21 a 24 días. La cosecha del Bokashi se lleva a cabo a través de tridentes y palas, el producto es colocado en sacos de 20 a 25 Kg y a continuación es transportado a los sitios de aplicación.