

**ORLANDO NARVAEZ, A. 2004. EVALUACION AGRONOMICA Y DE LA  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**EVALUACION AGRONOMICA Y DE LA RESISTENCIA A FITONEMÁTODOS Y  
SIGATOKA NEGRA DE CULTIVARES MEJORADOS DE BANANO Y PLATANO EN  
ECUADOR**

**POR**

**ALFREDO A. ORLANDO NARVAEZ**

**Turrialba, Costa Rica**

**2004**

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**EVALUACIÓN AGRONOMICA Y DE LA RESISTENCIA A FITONEMÁTODOS Y  
SIGATOKA NEGRA DE CULTIVARES MEJORADOS DE BANANO Y PLATANO EN  
ECUADOR**

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

***Magister Scientiae***

Por:

**ALFREDO A. ORLANDO NARVAEZ**

Turrialba, Costa Rica

2004

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

***MAGISTER SCIENTIAE***

**FIRMANTES:**

Luis E. Pocasangre E. Ph. D.  
Consejero Principal

Franklin E. Rosales, Ph. D.  
Miembro Comité Consejero

Alba Stella Riveros Angarita, Ph. D.  
Miembro Comité Consejero

Glenn Galloway, Ph. D.  
Director y Decano de la Escuela de Posgraduados

Alfredo A. Orlando Narváez  
Candidato

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	vi
SUMMARY.....	vii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. OBJETIVOS	
1.1.1. Objetivo general.....	5
1.1.2. Objetivos específicos.....	5
1.2. HIPÓTESIS.....	5
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1. Sistemática del genero <i>Musa</i> .....	6
2.2. Importancia del cultivo de Musáceas en el Ecuador.....	7
2.3. Principales plagas y enfermedades del cultivo.....	8
2.4. Programas de Mejoramiento genético.....	13
2.5. Mecanismos de defensa.....	17
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b>	
<b>Experimentos en condiciones controladas.</b>	
3.1. Evaluación de la resistencia al nemátodo barrenador <i>Radopholus similis</i> .	
3.1.1. Ubicación del experimento.....	18
3.1.2. Material de Siembra.....	18
3.1.3. Desinfección del sustrato.....	18
3.1.4. Siembra de las plantas.....	19
3.1.5. Cultivo aséptico de <i>R. similis</i> .....	19
3.1.6. Inoculación del material vegetal con <i>R. similis</i> .....	19
3.1.7. Tratamientos y diseño experimental.....	20
3.1.8. Evaluación del experimento.....	20
3.1.9. Variables evaluadas.....	21
a) Reproducción de <i>R. similis</i> .....	21
b) Porcentaje de necrosis lineal.....	21
c) Parámetros de crecimiento.....	22
3.1.10. Análisis estadístico.....	22
<b>Experimentos a nivel de campo.</b>	
3.2. Localización y características físico ambientales de los sitios de evaluación.....	22
3.3. Características de los cultivares.....	28

3.4. Diseño experimental.....	29
3.5. Dinámica poblacional de fitonemátodos.....	30
3.5.1. Muestreo, extracción, identificación y conteo.....	30
3.6. Evaluación de resistencia a Sigatoka negra ( <i>Mycospharella fijensis</i> ).....	31
3.6.1. Severidad de la enfermedad.....	31
3.6.2. Hoja más joven manchada.....	31
3.7. Evaluación agronómica.	
3.7.1. Altura de planta.....	32
3.7.2. Ciclo vegetativo .....	32
3.7.3. Peso del racimo.....	33
3.7.4. Número de manos y dedos por racimo.....	33
3.7.5. Longitud y diámetro del dedo central de la segunda mano.....	33
3.8. Evaluación Poscosecha.	
3.8.1. Días a maduración en condiciones naturales y controladas.....	33

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimentos en condiciones controladas.

4.1. Evaluación de la resistencia al nemátodo barrenador <i>Radopholus similis</i> .	
a) Reproducción de <i>R. similis</i> .....	34
b) Porcentaje de necrosis lineal.....	36
c) Variables de crecimiento.....	37

### Experimentos a nivel de campo.

4.2. Dinámica poblacional de fitonemátodos	
4.2.1. Pichilingue.....	39
4.2.2. El Carmen.....	42
4.2.3. Pagua.....	44
4.3. Evaluación de resistencia a Sigatoka negra.	
4.3.1. Pichilingue.....	46
4.3.2. El Carmen.....	48
4.3.3. Pagua.....	50
4.4. Evaluación agronómica.	
4.4.1. Pichilingue.....	52
4.4.2. El Carmen.....	56
4.4.3. Pagua.....	60
4.5. Evaluación Poscosecha.	
4.5.1. Días a maduración en condiciones naturales y controladas.....	64

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	65
5.2. RECOMENDACIONES.....	67

6. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	68
-----------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Distribución de la producción bananera en el Ecuador.....	8
Fig. 2	Distribución mundial del nemátodo barrenador ( <i>R similis</i> ) asociado al cultivo de banano.....	10
Fig. 3	Esquema de mejoramiento convencional de banano y plátano utilizado por la FHIA.....	14
Fig. 4	Esquema del mejoramiento de banano utilizado por CIRAD – FLOR.....	15
Fig. 5	Esquema de mejoramiento de banano y plátano del IITA.....	16
Fig. 6	Protocolo utilizado para evaluar la resistencia de los cultivares mejorados de <i>Musa</i> al nemátodo barrenador <i>R. similis</i> .....	20
Fig. 7	Ubicación geográfica de las parcelas experimentales.....	22
Fig. 8	Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la Estación Experimental “Pichilingue” durante el período de investigación.(Feb03–May04).....	23
Fig. 9	Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la zona de Sto Domingo – El Carmen durante el período de investigación. (Feb 03 – May 04).....	25
Fig. 10	Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la zona de Pagua durante el período de investigación. (Feb 03 – May 04).....	26
Fig. 11	Escala de Stover modificada por Gauhl (1989).....	32
Fig. 12	Densidad poblacional de <i>R similis</i> alcanzada después de 8 semanas de la inoculación (1000 / planta) en los cultivares evaluados.....	36
Fig. 13	Dinámica poblacional de <i>M. incognita</i> en Pichilingue, Los Ríos.....	40
Fig. 14	Dinámica poblacional de <i>M. incognita</i> en los cultivares en El Carmen, Manabí.....	42
Fig. 15	Dinámica poblacional de <i>M. incognita</i> en los cultivares en Pagua, El Oro.....	44
Fig. 16	Regresión entre los índices de infección y el peso de la fruta de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.....	48

<b>Fig. 17</b>	<b>Severidad de la Sigatoka negra a la cosecha en los cultivares FHIA - 17 y TM 3 x 151086 en Pagua, El Oro.....</b>	<b>50</b>
<b>Fig. 18</b>	<b>Correlación entre el diámetro y la longitud del pseudotallo de los cultivares mejorados en Pagua, El Oro.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	<b>Características de los 10 genotipos de <i>Musa</i> en que se determinó su reacción a <i>R. similis</i>.....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 2</b>	<b>Descripción del perfil del suelo en las parcelas de Pichilingue.....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 3.</b>	<b>Descripción del perfil del suelo en las parcelas de El Carmen, Manabí.....</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 4.</b>	<b>Descripción del perfil del suelo en las parcelas de Pagua...</b>	<b>27</b>
<b>Cuadro 5.</b>	<b>Descripción de las características agronómicas de los cultivares de banano y plátano.....</b>	<b>28</b>
<b>Cuadro 6.</b>	<b>Respuesta de los cultivares mejorados a <i>R. similis</i> después de 8 semanas de la inoculación en plantas provenientes de cormos.....</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro 7.</b>	<b>Evaluación de las variables de crecimiento de 10 cultivares de <i>Musa</i> después 8 semanas de la inoculación de <i>R. similis</i>.....</b>	<b>37</b>
<b>Cuadro 8.</b>	<b>Descripción del sistema radical de los cultivares de <i>Musa</i> evaluados después de 8 semanas de la inoculación en plantas provenientes de cormos.....</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro 9.</b>	<b>Análisis físico del sistema radical de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.....</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro 10.</b>	<b>Análisis físico del sistema radical de los cultivares en El Carmen, Manabí.....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 11.</b>	<b>Análisis físico del sistema radical de los cultivares en Pagua, Los Ríos.....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 12.</b>	<b>Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en Pichilingue, Los Ríos.....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 13.</b>	<b>Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en El Carmen, Manabí.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 14.</b>	<b>Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en Pagua, El Oro.....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 15.</b>	<b>Variables agronómicas de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.....</b>	



	52
<b>Cuadro 16. Variables agronómicas de los cultivares en El Carmen, Manabí.....</b>	<b>58</b>
<b>Cuadro 17. Variables agronómicas de los cultivares en Pagua, El Oro.....</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 18. Días a la maduración en condiciones naturales y controladas.....</b>	<b>64</b>

**ORLANDO NARVAEZ, A. 2004. EVALUACION AGRONOMICA Y DE LA RESISTENCIA A FITONEMÁTODOS Y SIGATOKA NEGRA DE CULTIVARES MEJORADOS DE BANANO Y PLÁTANO EN ECUADOR.**

**Palabras clave:** resistencia; susceptibilidad; *Radopholus similis*; *Meloidogyne incognita*; población de nemátodos; Índice de reproducción; *Mycosphaerella fijiensis*; Índice de Infección; variables agronómicas; híbridos; cultivares; FHIA; CRBP; IITA.

---

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en dos fases. La primera en condiciones de invernadero, evaluando la reacción de diez cultivares de banano y plátano al nemátodo barrenador *Radopholus similis*. La segunda a nivel de campo, en donde se establecieron 3 ensayos varietales en las localidades de Pichilingue, El Carmen y Pagua donde se evaluó: la dinámica poblacional de fitonemátodos, la resistencia a la Sigatoka negra y parámetros de producción. En los diez cultivares e híbridos evaluados en condiciones de invernadero se detectaron diferentes grados de resistencia al ataque de *R. similis*, encontrándose que el híbrido FHIA - 25 presentó los niveles más bajos de infestación, con una población de 4845 nemátodos en el sistema radical en comparación con el cultivar referencial Williams el cual presentó los niveles más altos (13,407 *R. similis*), después de 8 semanas de reproducción del nemátodo. Con relación al porcentaje de raíces con necrosis y porcentaje de necrosis lineal, los híbridos FHIA - 23 y CRBP - 39 mostraron los valores más bajos (5.3 y 1.9%) y (5.7 y 2.0%) respectivamente. El cultivar Williams y FHIA - 17 presentaron los porcentajes más altos. En el ensayo de campo, después de cinco muestreos bimensuales, se encontró que el nemátodo *Meloidogyne incognita* parasitó todos los cultivares evaluados, siendo los híbridos FHIA - 18, FHIA - 23 y TMB x 52951 los que presentaron menores niveles de infestación del nemátodo. Por el contrario, los híbridos SH 3436-9, TM 3 x 151086 y Williams presentaron las poblaciones más altas. Asimismo, se encontraron períodos definidos para las poblaciones altas y bajas en el tiempo de evaluación variando por localidad. Se encontraron distintos niveles de resistencia de los cultivares a la Sigatoka negra: FHIA - 25 mostró los Índices de Infección más bajos y los valores superiores de HMJM en todas las parcelas. Se determinó como tolerantes a FHIA - 23, FHIA - 17, CRBP - 39 y SH 3436-9. Los demás cultivares se mostraron igualmente susceptibles como los locales. Los híbridos FHIA - 23, FHIA - 17 y SH 3436-9 se comportaron como los más productivos. Sin embargo, todos los cultivares presentaron ciclos vegetativos más tardíos comparados con los locales. Las características morfológicas y de calidad de los frutos de los híbridos no fueron distintas a la de los cultivares comerciales y presentaron una vida verde en condiciones naturales y en refrigeración igual y superior que los cultivares referenciales.

**ORLANDO NARVAEZ, A. 2004. AGRONOMIC AND RESISTANCE EVALUATION TO PHYTONEMATODES AND BLACK SIGATOKA OF IMPROVED BANANA AND PLANTAIN CULTIVARS IN ECUADOR.**

**Key words:** resistance, susceptibility; *Radopholus similis*; *Meloidogyne incognita*; nematode population; reproduction index; *Mycosphaerella fijiensis*; Infection Index; agronomic variables; hybrids; FHIA; CRBP; IITA.

---

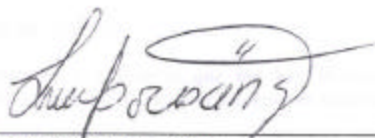
### SUMMARY

This research was conducted in two phases. The first one under greenhouse conditions to evaluate the reaction of ten banana and plantain cultivars to the burrowing nematode *Radopholus similis*. The second one was conducted at field level where three variety experiments were established in the communities of Pichilingue, El Carmen and Pagua to evaluate phytonematode population dynamics, black Sigatoka resistance and productions parameters. From the ten cultivars and hybrids evaluated under greenhouse conditions, several resistance levels to *R. similis* were registered FHIA - 25 hybrid showed the lowest infestation levels, reaching a population of 4845 nematodes in the root systems compared to the reference Williams cultivar which showed the highest infestation levels (13,407 *R. similis*), 8 weeks after the nematode was reproduced. Regarding root necrosis percentage and lineal necrosis percentage, FHIA - 23 and CRBP - 39 showed the lowest percentages (5.3 and 1.88%) and (5.7 and 2.04%) respectively while Williams and FHIA - 17 showed the highest percentages. In the field experiment, after five bimonthly samples, it was found that all cultivars evaluated were parasited by *Meloidogyne incognita*, among which FHIA - 18, FHIA - 23 and TMB x 52951 showed the lowest nematode infestation levels. On the contrary, SH 3436-9, TM 3 x 151086 and Williams presented the highest populations. Likewise, specific times for low and high *M. incognita* populations were found within the evaluation period. Cultivars did not show black Sigatoka resistance except FHIA - 25 which presented the lowest Infection Levels and higher HMJM values in all plots. FHIA - 23, FHIA17, CRBP - 39 and SH 3436-9 were graded as tolerant; remaining cultivars resulted as susceptible as local varieties. In regards to agronomic variables, FHIA - 23, FHIA - 17 and SH 3436-9 were the most productive. However, all cultivars showed late vegetative cycles compared to local cultivars. Hybrids morphologic characteristics and fruits quality were not different to commercial cultivars. They showed the same and even higher green life under natural and refrigeration conditions than reference cultivars.

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**

**FIRMANTES:**



Luis E. Potasangre, Ph.D.  
**Consejero Principal.**




Franklin E. Rosales, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Alba Stelia Riveros, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Glenn Galloway, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



Alfredo A. Orlando Narváez  
**Candidato**

# RESISTENCIA A FITONEMÁTODOS Y SIGATOKA NEGRA DE CULTIVARES MEJORADOS DE BANANO Y PLÁTANO EN ECUADOR.

**Palabras clave:** resistencia; susceptibilidad; *Radopholus similis*; *Meloidogyne incognita*; población de nemátodos; Índice de reproducción; *Mycosphaerella fijiensis*; Índice de Infección; variables agronómicas; híbridos; cultivares; FHIA; CRBP; IITA.

---

## RESUMEN

La presente investigación se llevo a cabo en dos fases. La primera en condiciones de invernadero, evaluando la reacción de diez cultivares de banano y plátano al nemátodo barrenador *Radopholus similis*. La segunda a nivel de campo, en donde se establecieron 3 ensayos varietales en las localidades de Pichilingue, El Carmen y Pagua donde se evaluó, la dinámica poblacional de fitonemátodos, la resistencia a la Sigatoka negra y parámetros de producción. En los diez cultivares e híbridos evaluados en condiciones de invernadero se detectaron diferentes grados de resistencia al ataque de *R. similis*, encontrándose que el híbrido FHIA - 25 presentó los niveles más bajos de infestación, con una población de 4845 nemátodos en el sistema radical en comparación con el cultivar referencial Williams el cual presentó los niveles más altos (13,407 *R. similis*), después de 8 semanas de reproducción del nemátodo. Con relación al porcentaje de raíces con necrosis y porcentaje de necrosis lineal, los híbridos FHIA - 23 y CRBP - 39 presentaron los valores más bajos (5.3 y 1.9%) y (5.7 y 2.0%) respectivamente. El cultivar Williams y FHIA - 17 presentaron los porcentajes más altos. En el ensayo de campo, después de cinco muestreos bimensuales, se encontró que el nemátodo *Meloidogyne incognita* parasitó todos los cultivares evaluados, siendo los híbridos FHIA - 18, FHIA - 23 y TMB x 52951 los que presentaron menores niveles de infestación del nemátodo. Por el contrario, los híbridos SH 3436-9, TM 3 x 151086 y Williams presentaron las poblaciones más altas. Asimismo, se encontraron períodos definidos para las poblaciones altas y bajas en el tiempo de evaluación variando por localidad. Se encontraron distintos niveles de resistencia de los cultivares a la Sigatoka negra: FHIA - 25 mostró los Índices de Infección más bajos y los valores superiores de HMJM en todas las parcelas. Se determinó como tolerantes a FHIA - 23, FHIA - 17, CRBP - 39 y SH 3436-9. Los demás cultivares se mostraron igualmente susceptibles como los locales. Los híbridos FHIA - 23, FHIA - 17 y SH 3436-9 se comportaron como los más productivos. Sin embargo, todos los cultivares presentaron ciclos vegetativos más tardíos comparados con los locales. Las características morfológicas y de calidad de los frutos de los híbridos no fueron distintas a la de los cultivares comerciales y presentaron una vida verde en condiciones naturales y en refrigeración igual y superior que los cultivares referenciales.

## 1. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa spp*) constituye uno de los principales cultivos a nivel mundial, debido a que es cultivado en más de 125 países tropicales y subtropicales (Jones 2000). En América Latina y el Caribe la producción de musáceas supera los 31 millones de toneladas de fruta anuales provenientes de 1.4 millones de hectáreas; se estima que es el 36% de la producción mundial (FAO 2004). Aproximadamente un tercio de esta producción está destinada a la exportación, y el restante, correspondientes a 22 millones de toneladas, son consumidas localmente y están producidas por pequeños agricultores de bajos ingresos. Estas producciones son principalmente de plátano con una producción de 7.3 millones de toneladas, el plátano de cocción tipo ABB con 6.5 millones de toneladas y banano “Cavendish” de consumo local con más de 5 millones de toneladas (Lescot y Urtado 1998).

Ecuador es considerado el “mayor exportador de banano en el mundo” cuya superficie de producción está sembrada mayormente por cultivares tipo “Cavendish” (Williams, Valery, Graind Naine). Según el MAG – Unidad de Banano, en el año 2001, se encontraban cultivadas aproximadamente 143.961 has de plantaciones de banano de exportación, las cuales se encuentran localizadas principalmente en las provincias del Guayas (42.743 ha), Los Ríos (44.994 ha), El Oro (44.101 ha), con una producción total de 5'453.220 Tm.

En plantaciones comerciales de banano en América Tropical, Este del África y Australia, los nemátodos fitoparásitos son las plagas más importantes que afectan el sistema radical, de los cuales el nemátodo barrenador (*Radopholus similis*) representa el 95% de las poblaciones (Sarah 2000; Gowen y Quénéhervé 1990; Pinochet 1986). La destrucción de los tejidos de la raíz y del rizoma por parte de los fitonemátodos limita la absorción de agua y nutrientes, lo cual resulta en la reducción del desarrollo y crecimiento de la planta. Esto conlleva a pérdidas en el peso del racimo e incrementa significativamente el período entre dos cosechas sucesivas. Más aún, esta destrucción de las raíces resulta en una tendencia de las plantas a desraizarse o volcarse, particularmente durante vientos y lluvias fuertes, lo que causa severas pérdidas económicas. En América del Sur (Colombia y Ecuador) y en América Central (Costa Rica y Panamá) las pérdidas del rendimiento ocasionadas por el ataque de fitonemátodos, esencialmente por el desraizado de plantas, fluctúan entre 12 el 50% (Davide 1996). Actualmente el manejo de nemátodos en plantaciones comerciales de banano se basa en dos a tres aplicaciones de nemátocidas por año. Este método de control es poco eficiente y además

reduce las poblaciones de antagonistas naturales presentes en el suelo y en la rizosfera (Pocasangre 2003).

A nivel global, el problema más grande para la producción de bananos se considera a la enfermedad conocida como Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Stover y Simmonds 1987). Este hongo es una forma más virulenta del patógeno que causa la Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*), a la que ha substituido en muchas áreas de la producción (Stover y Simmonds 1987). La infección de la hoja por el hongo conduce a la necrosis, a una disminución de la tasa fotosintética y a la pérdida de hasta el 50% de la producción (Mobambo *et al.* 1993). Los métodos de control incluyen técnicas culturales (suelos con buen drenaje, deshierbar, podas periódicas y la quema de hojas e hijuelos infectados) pero principalmente, el uso de agroquímicos (aceites minerales y fungicidas tales como benzimidazoles, triazoles, morfolinás y estrobilurinas). Para producir una cosecha, los bananos se llegan a rociar una o dos veces semanalmente con aplicaciones aéreas de fungicidas en altas cantidades, con la consiguiente degradación del ambiente. Además, este uso excesivo de fungicidas ha dado lugar al desarrollo de las cepas resistentes del hongo (Gómez *et al.* 2004).

Desafortunadamente, la resistencia genética a la Sigatoka y a fitonemátodos en los genotipos de los cultivares existentes es muy pobre. Los cultivares tipo Cavendish, que son utilizados para la exportación son tan susceptibles, que incluso la aplicación intensiva de fungicidas y nemátocidas no controlan los patógenos en mención. Por otra parte, está completamente demostrado que la mejor forma de manejar las plagas y enfermedades en banano y plátano es mediante el uso de variedades resistentes (Pocasangre 2003).

Con los antecedentes anteriores, se considera necesaria la introducción y evaluación de nuevas variedades resistentes o más tolerantes que las actuales, ya que el peso económico de los sistemas de combate de las plagas y enfermedades a base de agroquímicos podría fácilmente rebasar la capacidad de hacerle frente a esta, en especial de los pequeños productores. Razón por la cual varios institutos a nivel mundial cuentan con programas de mejoramiento genético en busca de híbridos o variedades resistentes a plagas y enfermedades. Por ejemplo, la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Nigeria), El Centre de Recherches Regionales sur Bananiers et Plantains

(CRBP, Camerún) Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement, (CIRAD, Francia).

Actualmente estos institutos han desarrollado variedades de plátano y banano resistentes a plagas y enfermedades, las cuales están siendo evaluadas en 3 países en África y 4 en Latinoamérica bajo el marco del proyecto “Farmer-participatory evaluation and dissemination of improved Musa germplasm”, financiado por Common Fund for Commodities (CFC). Consecuentemente, la presente investigación tuvo por objeto evaluar la resistencia de 10 híbridos y variedades de banano y plátano al ataque de fitonemátodos y Sigatoka negra, así como su comportamiento agronómico en tres localidades del Ecuador.



## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar el comportamiento agronómico de 10 variedades mejoradas de banano y plátano en tres zonas agro ecológicas en el litoral de Ecuador.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la resistencia o susceptibilidad de 10 variedades mejoradas al ataque de fitonemátodos.
- b) Evaluar la reacción a Sigatoka negra del germoplasma introducido bajo condiciones y prácticas de manejo locales.
- c) Establecer los parámetros de crecimiento y productividad de las variedades de banano y plátano en tres localidades de Ecuador.

## **1.3. HIPÓTESIS**

Existen diferentes grados de resistencia o susceptibilidad de las variedades mejoradas al ataque de fitonemátodos.

Existen diferentes grados de resistencia o tolerancia de las variedades mejoradas a la Sigatoka negra.

El comportamiento agronómico de las variedades difiere entre cultivares evaluados y es afectada por los factores climáticos particulares de cada región.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

## 2.1. Sistemática del género *Musa*

Los bananos y plátanos son plantas monocotiledóneas herbáceas, clasificadas según Simmonds (1966) dentro de la familia Musáceas, en la sección o serie Eumusa, género *Musa* y orden Zingiberales. El género *Musa* se divide en cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*. La mayoría de los bananos comestibles de la sección *Eumusa* tienen su origen en solamente dos especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (Stover y Simmonds 1989). Las formas silvestres son diploides y fértiles, mientras que los genotipos cultivados son partenocárpicos y estériles, condiciones indispensables para obtener frutas comestibles. El género *Musa* incluye miembros con tipo de reproducción sexual (por semilla) y asexual (cormos y meristemas) (Sharrock *et al.* 2001). La esterilidad se debe a un complejo de causas: genes específicos de esterilidad, poliploidía y cambio estructural cromosómico (Soto 1985).

Los elementos principales para la clasificación de los bananos comestibles son aquellos referidos a su origen y al conocimiento del número de los cromosomas. De acuerdo con esto, se han identificado nueve grupos de cultivares con diferentes niveles de ploidía y aportes en el genoma (A = *acuminata* y B = *balbisiana*), desde los diploides ( $2n = 2 \times = 22$ ) hasta comúnmente los más numerosos, seguidos por los diploides y muy tetraploides (Stover y Simmond 1989). Los genomas más importantes por su valor como alimento básico o como fuente de ingreso, son los genomas AAA, AAB y ABB. La triploidía confiere mayor vigor a la planta, mayor productividad y favorece la esterilidad (Soto 1985).

Los cultivares diploides juegan un papel importante en los programas de mejoramiento, debido a que presentan variabilidad en cuanto al porte, número de manos por racimo y tamaño de frutos. En lo referente a las enfermedades se han identificado, también fuentes de resistencia a las cuatro razas de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. *cubense*), a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y al nemátodo barrenador (*Radopholus similis*) (Rowe y Richardson 1975).

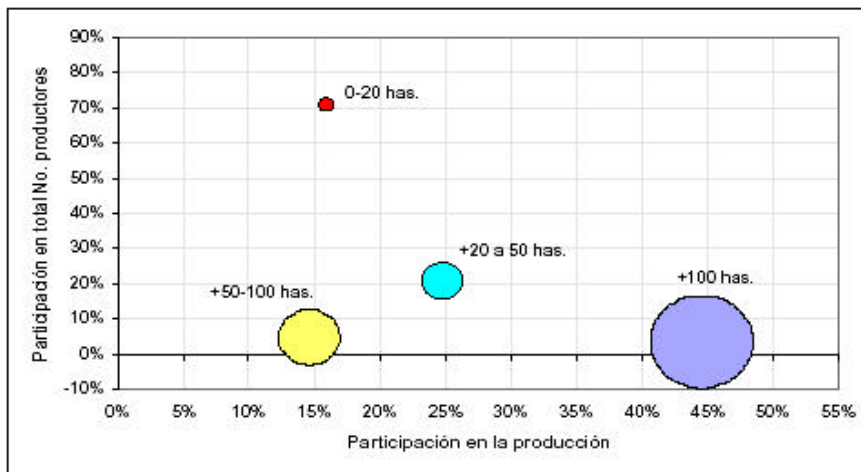
## 2.2. Importancia del cultivo de Banano y Plátano para Ecuador

El Ecuador es el primer exportador de banano a nivel mundial y el segundo productor en el mundo de esta fruta. Desde la década de los cincuenta, la actividad bananera se ha convertido en una fuente importante generadora de divisas. En el año 2002, el país exportó 4'198.000 toneladas de banano de un total de 5'453.220 toneladas producidas, lo que representa el 34.8% del mercado mundial. (FAO 2004). Cerca de un tercio de las exportaciones abastecen a los Estados Unidos (donde el banano ecuatoriano representa un cuarto del consumo), otro tercio se exporta a la Unión Europea mientras el último es dirigido a mercados "no tradicionales" como Europa del Este, el Medio Oriente y otros (Washington Post, 2.06.2002).

La tasa de participación dentro del PIB agrícola es del 24%, dentro del PIB total. Las exportaciones de banano y plátano representaron, entre enero y noviembre del 2003, aproximadamente el 4%, alcanzando USD 1017 millones. En relación con las exportaciones de "banano y plátano", estas significaron, en el 2003, el 26% del total de las exportaciones primarias, el 33% de las no petroleras y el 66% de las tradicionales (BCE 2004).

Este sector además fomenta encadenamientos con otras áreas de la industria. Así, un conjunto de actividades como el transporte naviero y terrestre, las industrias de papel, cartón, plásticos, agroquímicos, etc. se benefician del cultivo y las exportaciones de banano y plátano. En términos de empleo todo el proceso de producción, comercialización y exportación, constituye una importante fuente de puestos de trabajo. Se estima que, en forma directa e indirecta cerca del 12% de la población del país se beneficia de la actividad bananera (Chang 2000).

El Ecuador a diferencia de los otros países productores de banano como son Costa Rica, Panamá, Honduras, Guatemala e inclusive Colombia se caracteriza por mantener una composición amplia en la producción de banano. Existen cerca de 5.000 productores dedicados al cultivo de la fruta. Esta amplia multiplicidad se distribuye en cuatro categorías de acuerdo al tamaño de la plantación, concentrándose el 85.54% de los productores en fincas no mayores a 40 has (Figura 1). Por tanto la estructura productiva del sector bananero en el Ecuador depende en un buen porcentaje de los pequeños y medianos productores (SICA 2002).



**Figura 1. Distribución de la producción bananera en el Ecuador**

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario y Subsecretaría Regional Litoral

### 2.3. Plagas y enfermedades del cultivo

#### Fitonemátodos

El cultivo de musáceas es afectado por una extensa variedad de patógenos, hongos, virus, bacterias, nemátodos e insectos; los cuales son los mayores limitantes en la producción. Entre las principales plagas están los nemátodos, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en todas las regiones bananeras del mundo. Las primeras descripciones de estos fitoparásitos fueron hechas en las islas Fiji a finales del siglo XIX y principios del XX (Luc *et al.* 1990).

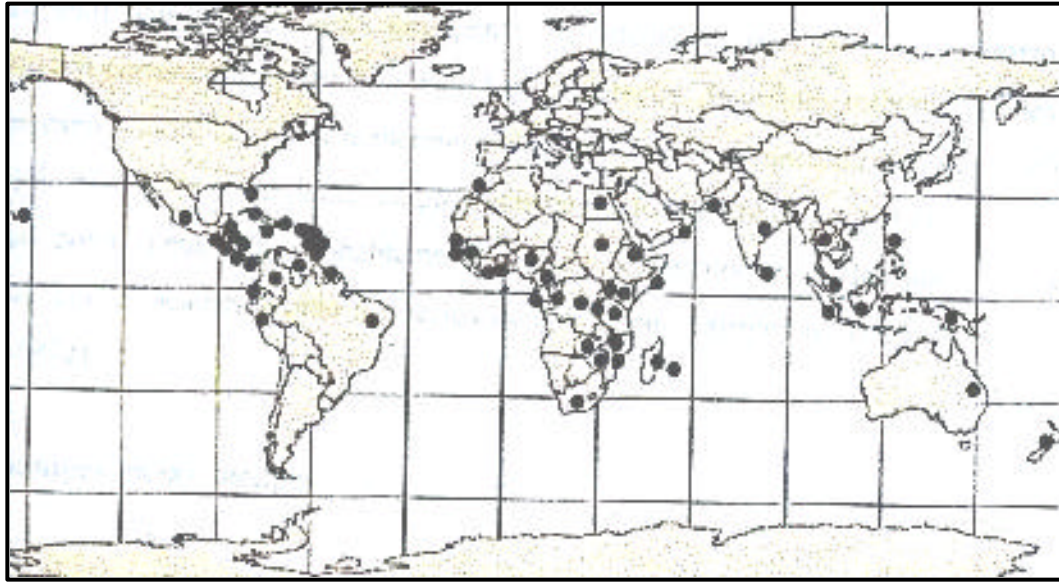
Entre ellos el nemátodo barrenador *Radopholus similis*, que ataca principalmente a los cultivares Cavendish subgrupo AAA y a los plátanos, cultivados principalmente en las zonas bajas (Sarah 2000). *R. similis* se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales, virtualmente dondequiera que se cultiva el banano y plátano, con excepción de Israel, Islas Canarias, Islas Cabo verde, Chipre, Creta, Mauricio y Taiwán. También parece estar ausente e las zonas montañosas de África Oriental. (Figura 2). *R. similis citrophilus*, por su parte, únicamente ha sido reportado en Florida (Marín *et al.* 1998) Otros nemátodos que causan daños en la raíz son *Pratylenchus spp* y el nemátodo espiral *Helicotylenchus multicintus* (Gowen y Quénehervé 1990; Sarah 2000).

Tal y como ocurre para la mayoría de los cultivos tropicales, la planta de banano es parasitada simultáneamente por varias especies, siendo también común la presencia de algunos

endoparásitos sedentarios como *Meloidogyne spp* y *Rotylenchulus reniformes*. Aparte de estas cinco especies, de mayor importancia económica en musáceas, existen otras 146 pertenecientes a 43 géneros de nemátodos, ninguna de las cuales se ha considerado hasta el presente un serio problema. Entre las especies de importancia potencial se pueden citar *Hoplolaimus pararobustus*, *Helicotylenchus microceohalus*, *H mucronatus* y *Cephalenchus emarginatus*, para las cuales se requiere investigación adicional con el propósito de establecer su grado de patogenicidad (Gowen y Quénéhervé 1990).

El síntoma más obvio producto del ataque de *R similis* en plantas de banano es el acame o caída de las plantas desde la raíz, especialmente de aquellas que tienen racimos. Existe un variado grado de severidad del ataque que va desde la prolongación del ciclo vegetativo hasta la reducción en el peso del racimo. Esto revela dos tipos de daños: i) aquellos que afectan el anclaje de la planta y ii) los que afectan la absorción de agua y nutrientes, que son menos evidentes. Macroscópicamente, aparecen varias lesiones negro – rojizas en la región más externa de la raíz y que penetran a través del córtex, pero no en la estela; lesiones adyacentes pueden coalescer, conduciendo a una atrofia del tejido radical, el cual posteriormente, se torna negro. Bajo ataques severos, la lesión circunda la raíz (Gowen y Quénéhervé 1990).

Los nemátodos pueden emigrar desde las raíces infectadas hasta el Cormo, provocando lesiones difusas de color negro, las cuales suelen esparcirse alrededor de este último (Loos y Loos 1960). Las nuevas raíces emergentes se infectan a medida que se desarrollan alrededor del Cormo, y las plantas se caen bajo los efectos de vientos o lluvias fuertes. El estrés mecánico sobre las raíces se incrementa a medida que se desarrolla el racimo, debido a su ángulo natural de crecimiento. La presencia de cierto número de hongos en las lesiones inducidas por el nemátodo, probablemente acelera la destrucción de las raíces y puede contribuir con el acame, debido a que los hongos sí son capaces de colonizar la estela (Stover 1972).



**Figura 2. Distribución mundial del nemátodo barrenador (*R similis*) asociado al cultivo de banano (Tomado de Marín *et al.* 1998) (? = presencia de *R similis*).**

### **Sigatoka negra**

La Sigatoka negra es una enfermedad ocasionada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (forma asexual *Paracercospora fijiensis* (Morelet) deighton, syn *Cercospora fijiensis*) y es la enfermedad más destructiva en plantaciones comerciales. Pertenece a la clase Ascomycetos, sub clase Loculoascomycetidae, orden Dothideales, familia Dothideaceae, género *Mycosphaerella* (Alexopoulos y Mins 1979).

La Sigatoka negra fue observada por primera vez en febrero de 1963 en la región Sigatoka de la isla de Viti Levu en Fiji, de donde se dice se propagó rápidamente, según Rhodes (1964) citado por Carlier *et al.* (2000). A continuación la enfermedad se diseminó en Centro América siendo observada por primera vez, en el valle de Ulúa en Honduras, en 1972 (Stover y Dickson 1976), llegando a la región de San Carlos en Costa Rica en 1979 (Stover 1980), y posteriormente en otros países de Sur América, entre ellos Colombia, Ecuador, Venezuela y Brasil. En Ecuador se detectó por primera vez en 1987 en las haciendas Tímbre, Flamingo y Victoria, localizadas en la provincia de Esmeraldas y en la actualidad se ha extendido a todas las áreas bananeras del Ecuador continental, ya se ha reportado su presencia en pequeñas áreas cultivadas en la provincia insular de Galápagos (Suquilanda 2000). Los síntomas de la enfermedad pueden desarrollarse por completo desde los 50 a los 115 días; presentándose el período más largo en la época más seca del año; mientras que, en la temporada lluviosa ocurre

un desarrollo acelerado. Es posible encontrar todos los estadios de la enfermedad, en cualquier época del año, principalmente en las hojas más jóvenes. Cuando existe una alta cantidad de lesiones, se unen y destruyen grandes áreas de la hoja. En condiciones climáticas favorables para la infección y sin ningún tratamiento con fungicida, las hojas pueden morir dos o tres semanas después de los primeros síntomas (Ramírez 1988).

La enfermedad presenta las siguientes sintomatologías: puntos de color café rojizos de 0.25 mm. de diámetro que aparecen en el envés de la hoja; posteriormente se presentan unas estrías de color café rojizo de 20 mm. de largo por 2 mm. de ancho paralela a la venación lateral de la hoja y visibles todavía en el envés. Luego las estrías se tornan de café oscuro a casi negro un poco más alargadas, visibles ya en el haz de la hoja. La mancha sigue avanzando en su desarrollo y evolución y se hace más grande y ancha de forma elíptica y se rodea de un borde café oscuro visible cuando la hoja está mojada; luego de este estado la mancha se seca en el centro, se torna gris y se deprime, la lesión se rodea de un borde angosto negro bien definido, al unirse todas las lesiones la hoja se torna negra y muere en 3 ó 4 semanas después de asomar los primeros síntomas (Agrios 1988).

Los efectos directos de la Sigatoka negra sobre el follaje están en relación directa con la cantidad de manchas presentes sobre las hojas, las plantas infectadas en producción, con racimos de siete a ocho semanas de edad presentan madurez prematura de los frutos, antes de que hayan adquirido el tamaño y peso requerido, quedando los dedos delgados y angulosos con poco valor comercial, aunque el sabor del fruto no cambia. En infecciones severas, el área foliar útil puede reducirse al mínimo, afectando el crecimiento normal de las plantas tanto en la emisión de las hojas como de los hijuelos.

Fouré (1985), señala que el desarrollo de la enfermedad presenta los siguientes seis estadios:

<b>Estadios</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Pequeña decoloración que solo se observa en el envés de la hoja. Incluye una pequeña pizca de color café rojizo dentro del área decolorada
<b>2</b>	Pequeña estría de color café rojizo visible en el haz y en el envés.
<b>3</b>	La estría aumenta de grosor y longitud; se mantiene de color café rojizo
<b>4</b>	Hay cambio de color a café oscuro y negro. Este síntoma se considera como mancha
<b>5</b>	La mancha negra esta rodeada por un halo amarillo.
<b>6</b>	La mancha nuevamente sufre cambios de color empieza a deprimirse entre las zonas más claras (gris blanco) se observan los peritecios

## Otras plagas y enfermedades

Las musáceas son afectadas por un número de enfermedades virales de las cuales el virus “bunchy top” (BBTV) es el más destructivo. Este virus es miembro de los nanovirus recientemente descrito y es transmitido por el afido negro del banano *Pentaolonia nigronervosa* (Dale 1999; Thomas *et al.* 2001). Otro virus importante es el virus del mosaico del banano, el cual es rápidamente distribuido por algunas especies de afidos, causando pérdidas de hasta un 40% (Thomas *et al.* 2001). Otros virus importantes son el “banana streak” (BSV), y el “banana mosaic virus”. Actualmente el control a estas enfermedades se produce cultivando material libre de virus.

Las bacterias también representan un problema importante para el cultivo de banano y plátano. De ellas la más importante es la que provoca la enfermedad conocida como “Moko” cuyo agente causal es *Ralstonia solanacearum* (Yabuuchi *et al.* 1995). La infección ocurre vía raíces y rizoma, provoca amarillamiento y marchitez de las hojas y produce además necrosis de la hoja candela. Una vez establecida en el campo, es necesario realizar prácticas culturales como la erradicación de las plantas enfermas, debido básicamente a que no existen plantas resistentes a esta enfermedad (de Oliveira 2000; Thwaites *et al.* 2000).

Otra importante enfermedad fungosa es el Mal de Panamá causado por *Fusarium oxysporium* fsp *cubense* (Foc). Esta es una enfermedad devastadora en cultivares susceptibles y causa una letal marchitez vascular. El hongo existe en un gran número de razas, entre las cuales tenemos raza 1 y la raza 4 como las más importantes (Ploetz y Pegg 2000). El cultivar Gross Michel es muy susceptible a la raza 1 y los cultivares Cavendish son susceptibles a la raza 4. El control de la enfermedad se puede llevar a cabo con cultivares resistentes y fuentes de resistencia que hayan sido identificadas (Dale 1999).

Los insectos que más limitan la producción de banano, son los conocidos como picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) que ataca el rizoma y el picudo del tallo (*Odoiporus longicollis*) (Padmanaban *et al.* 2001).



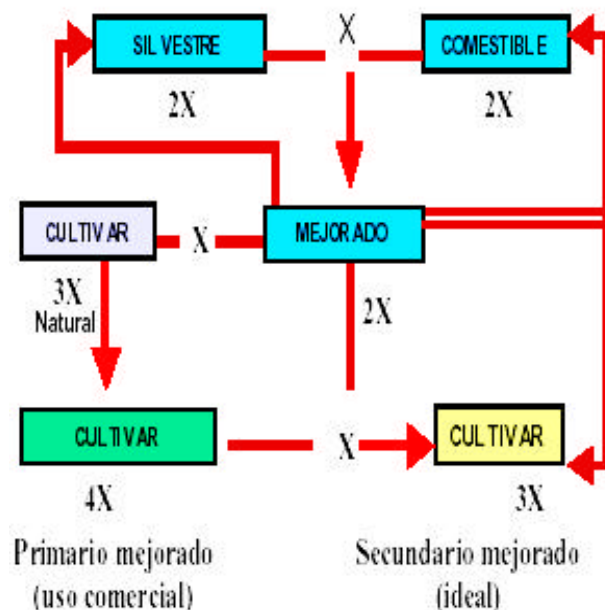
## 2.4. Programas de mejoramiento genético.

La selección y mejoramiento de los bananos comerciales, se inició en Jamaica con la formación del Imperial College of Tropical Agricultura (ICTA) en 1922. Su objetivo principal fue producir un banano con las características del “Gross Michel” pero resistente a la Marchitez por *Fusarium* causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. *cubense* (Shepherd 1986). Paralelamente la United Fruit Company estableció un programa en Panamá que fue cancelado en 1930 y la colección de germoplasma trasladada a Honduras.

Ambas entidades iniciaron sus trabajos con la búsqueda y recolección de germoplasma silvestre que sirviera de base a su esquema de mejoramiento. El programa que inicio la United Fruit Company con introducciones de clones de Indochina Francesa, Java, Malasia, Bali, Papúa Nueva Guinea, Sumatra, Islas Salomón, Islas Celebes, Filipinas, Australia, Birmania, India y otros lugares del Sudeste de Asia. En esta expedición se colecto el cultivar “Valery” (Cavendish AAA), en Saigón, Vietnam (1925) (Rosales y Pocasangre 2002). Este trabajo fue dirigido a encontrar diploides resistentes a la Sigatoka negra, al nemátodo barrenador *Radopholus similis* y a la marchitez por *Fusarium*. Tales diploides fueron usados como progenitores masculinos para ser cruzados con el triploide Highgate.

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), recuperó el programa de la United Fruit Company en 1984, y en la actualidad siguiendo las reglas del mejoramiento convencional que combina tres esquemas “diploide x diploide” “triploide x diploide” y “tetraploide x diploide” han desarrollado un banco de diploides mejorados de características agronómicas sobresalientes y resistentes a enfermedades. Entre los que sobresalen el SH – 2095 por su excelente racimo y resistencia al Mal de Panamá, el SH – 3142 ha producido progenies con resistencia a las razas 1 y 4 del Mal de Panamá, así como al nemátodo barrenador. En esta línea se encuentra el SH – 3437 y el SH – 3362; el primero conocido por su resistencia a la Sigatoka negra y el segundo al Mal de Panamá y al nemátodo barrenador. Actualmente la FHIA busca como alternativas a los cultivares existentes: a) plátanos con resistencia a la Sigatoka negra; b) bananos de cocción enanos de ciclo corto para uso en el Pacífico, Asia y parte de África; c) bananos de cocción con resistencia a Sigatoka negra que puedan ser usados en África del Este; d) bananos de exportación tipo “Cavendish” con resistencia a Sigatoka negra y nemátodos; e) bananos tipo “silk” (“manzano”, “maca”) con

resistencia a Fusarium (Rosales y Pocasangre 2002). El esquema de mejoramiento genético utilizado por la FHIA se describe en la Figura 3.



**Figura 3. Esquema de mejoramiento convencional de banano y plátano utilizado por la FHIA. (Rosales y Pocasangre 2002)**

El programa de mejoramiento genético de EMBRAPA – CNPMF se inició en el año 1982 y está localizado en la ciudad de Cruz das Almas, Bahía. Desde su inicio el énfasis se ha puesto en el mejoramiento de los cultivares “Prata” y “Maca”, ambos del tipo AAB, que son los más difundidos en Brasil. El programa se apoya en estrategias no convencionales como la selección *in vitro* de mutantes, uso de radiación para crear variabilidad y seleccionar mutantes resistente al mal de Panamá; uso de agentes químicos mutagénicos e hibridación somática a través de fusión eléctrica y más recientemente el uso de biobalística para la producción de plantas transgénicas. Los programas de Brasil y Honduras, en la actualidad utilizan la fertilidad residual femenina de algunos triploides que hibridizan con diploides sintéticos mejorados para la creación de tetraploides.

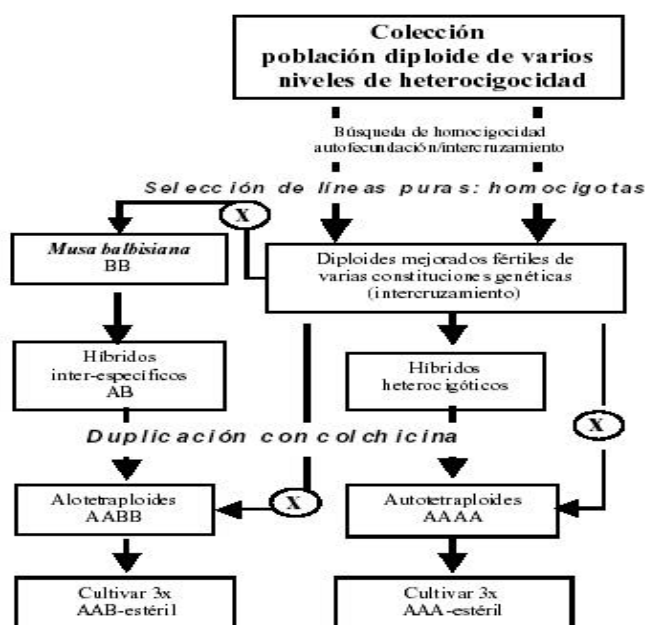
El programa de mejoramiento genético de INIVIT (Instituto de Investigación de Viandas Tropicales) en Cuba, trabaja en la obtención de clones superiores de bananos y búsqueda de plátanos similares en sabor y calidad a los plátanos, con resistencia a Sigatoka negra y

amarilla, marchitez por Fusarium y nemátodos, mediante introducción de mutaciones, introducción de clones foráneos, la hibridación y también mediante la explotación somaclonal (InfoMusa 1992).

El programa desarrollado por el CIRAD/FLHOR, creado en 1983 y ubicado en las isla Guadalupe – Caribe Francés, considera tres estrategias (Bakry *et al.* 1993)

- Selección y mejoramiento del banano por métodos convencionales (hibridación), a corto y mediano plazo. A corto plazo se plantea la producción d nuevos tetraploides y el utilizar un pariente macho resistente. A largo plazo se espera, que a través de mejoramiento de poblaciones diploides de Musa caminata, obtener diploides mejorados aptos para la creación de híbridos triploides sintéticos.
- La utilización del cultivo *in vitro* y de la biotecnología para aumentar la variabilidad genética, utilizando agentes de presión de selección en callos y suspensiones celulares o por transformación genética y obtención de plantas transgénicas.
- Utilización de diploides mejorados cuyo genoma es doblado con colchicina para crear individuos tetraploides. Los tetraploides se cruzan con diploides mejorados para la obtención de triploides.

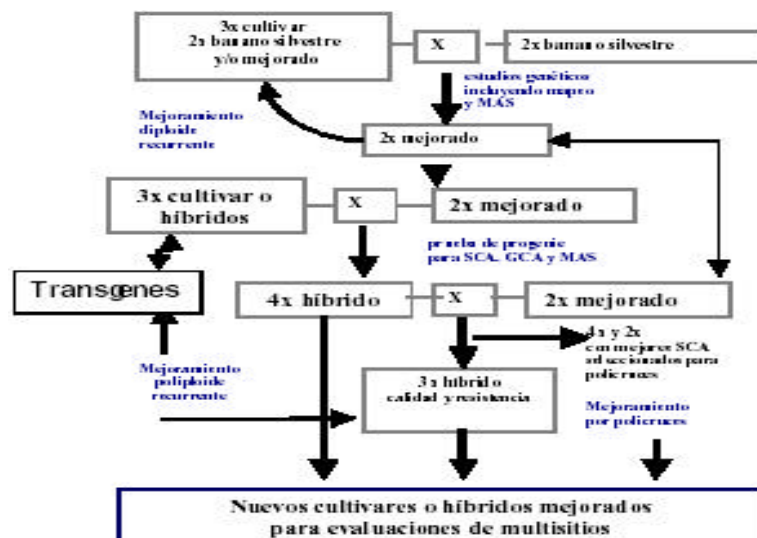
El esquema de mejoramiento genético utilizado por el CIRAD/FLOR se describe en la Figura 4



**Figura 4. Esquema del mejoramiento de banano utilizado por CIRAD – FLOR (modificado desde Barkry *et al.* 1993), (Rosales y Pocasangre 2002).**

El Centre Africain de Recherches sur Bananier et Plantain localizado en Camerún (CARBAP), inició su programa en 1992 con el objetivo de obtener plátanos tetraploides mejorados usando el esquema convencional, buscando principalmente resistencia a la Sigatoka negra. La diversidad de sus líneas parentales la obtienen de su banco de germoplasma en Njombe, que es una de las colecciones de plátano más grande que existe (130 cultivares). El énfasis actual está siendo puesto en el desarrollo de plátanos de baja estatura con baja producción de semillas y buenas cualidades de cocción y sabor de fruta. La producción de híbridos tetraploides ha sido abundante y muestran características muy similares a los plátanos triploides y sus frutos son partenocarpicos. Tienen además algunas características agronómicas mejores que sus progenitores femeninos como son: una estatura más baja, mayor producción de hijos, producción más alta y dedos de mejor calibre (Tomekpe *et al.* 1998). Dentro de estos híbridos elite, sobresalen el CRBP - 39 y el CRBP 85, que son muy parecidos al típico plátano Francés pero con frutos de mejor calibre y longitud.

El programa del Instituto Internacional de Agricultura Internacional (IITA) se inició en 1987 en Onne, Nigeria, con el objetivo principal de incorporar resistencia durable a la Sigatoka negra en Plátanos. Su esquema de mejoramiento es esencialmente el convencional, basado en selección recurrente en cada uno de los 3 sub – esquemas “diploide x diploide” “triploide x diploide” y “tetraploide x diploide” (Tenkouano 2001). La Figura 5 representa el esquema de mejoramiento genético utilizado por el IITA.



**Figura 5. Esquema de mejoramiento de banano y plátano del IITA (modificado a partir de Tenkouano 2001) (Rosales y Pocasangre 2002).**

El IITA busca también el mejoramiento de los bananos de altura y los beer bananas (grupos AAA y ABB, respectivamente) del África oriental, así como el mejoramiento de bananos de cocción tipo ABB (Vuylsteke y Swennen 1993).

## **2.5. Mecanismos de defensa**

Cuando las plantas reconocen que están siendo atacadas por un patógeno, se pueden inducir una variedad de respuestas por un factor llamado “elicitador” (Kiba *et al.* 1996). Dentro de estas respuestas de defensa se incluyen la muerte celular programada, la cual restringe el progreso del patógeno (respuesta hipersensible), el fortalecimiento de la pared celular como resultado de la lignificación y la formación de aposiciones en la pared celular (papilas) en sitios de intento de entrada de patógenos; el entrecruzamiento de las proteínas de la pared celular, y la producción de compuestos antimicrobiales como fitoalexinas y proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR's) (Patino 2001). Entre las PR más comúnmente estudiadas encontramos: la  $\beta$ -1,3-glucanos similares a la laminarían; la quitinasa que se ocupa en degradar la quitina; la quitonasa que hidroliza el quitosan y la lysosimasa que degrada los peptidoglicanos. (Riveros 2002).

Se reporta que luego de la inducción, las partes de la planta no inducidas directamente desarrollan una resistencia incrementada (sensibilización) a posteriores infecciones patogénicas (Vernooij *et al.* 1994; Sticher *et al.* 1997).

Estas reacciones de defensa han sido caracterizadas ampliamente en el ámbito celular, histológico, inmunocitológico, bioquímico o enzimológico y/o celular. Como respuestas pasivas en la pared celular, podemos mencionar: la lignina, la callosa, capas de corcho o suberina, depósitos de gomas, la cutina, glucósidos fenólicos, fenoles, quinonas, esteroides, glicoalcaloides, terpenoides y proteínas (tioninas). En las respuestas rápidas, las cuales progresan después de la infección encontramos: las fitoalexinas, especies activas de oxígeno “AOS”, activación del programa de muerte celular, radicales libres, los iones calcio, siliconas

y silicatos, polifenoloxidasas, fenilalanina-amoniaco-liasa, polímeros de pared unidos a formas fenolicas, glicoproteínas ricas en glicina o hidroxiprolina, callosa, lignina, lipooxigenasas, tioninas, proteínas ricas en leucina, ribonucleasas, proteasas, peptidos y proteínas antimicrobiales relacionadas con la patogenicidad (quitinasas y  $\beta$ -1,3-glucanasas, entre otras) (Riveros 2002).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se llevo a cabo en dos fases. La primera en condiciones de invernadero, evaluando *in vivo* la reacción de los cultivares a la infestación de poblaciones del nemátodo barrenador *Radopholus similis*. La segunda a nivel de campo, en donde se establecieron parcelas de 100 (Pichilingue y El Carmen) y 52 (Pagua) plantas por cultivar, examinando la dinámica de fitonemátodos, la resistencia a la Sigatoka negra y registrando parámetros de producción de los cultivares mejorados de *Musa*.

#### **Experimentos en condiciones controladas.**

##### **3.1. Evaluación de la reacción al nemátodo barrenador *Radopholus similis***

###### **3.1.1. Ubicación del experimento**

El trabajo se realizó en los laboratorios e invernadero de la Unidad de Nematología de la Estación Experimental Tropical “Boliche”, situada en la Provincia del Guayas, en el Km. 26 de la vía Durán - Tambo, Parroquia Virgen de Fátima, Cantón Yaguachi, Coordenadas geográficas 2° 15' de latitud Sur y 79° 38' de longitud occidental, altitud 17 msnm, temperatura media de 26.1 °C, precipitación media anual de 665 mm y humedad relativa de 75%.<sup>1</sup>

###### **3.1.2. Material de siembra**

Se extrajeron cormos de ? 150 – 350 gr. de peso en las parcelas de Pagua y Milagro, de plantas de un ciclo de producción con hijuelos menores de 60 cm. de altura, los cuales fueron cuidadosamente mondados cortando las raíces y pseudotallo del hijuelo. Posteriormente, se lavaron y se los sumergió entre 5 – 6 minutos en agua a una temperatura de 60 °C.

---

<sup>1</sup> Datos proporcionados por la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca Baja del Río Guayas (CEDEGE), año, 2001

### **3.1.3. Desinfección del sustrato**

Suelo franco arenoso, fue usado como sustrato, el cual se esterilizó con presión de vapor en autoclave a una temperatura de 150°C y 550 lbs de presión por 30 minutos en bandejas de lámina de zinc de 46 x 30 x15 centímetros.

### **3.1.4. Siembra de cormos**

La siembra de los cormos se realizó en bolsas plásticas de 2.5 litros de capacidad con sustrato esterilizado al vapor, procurando cubrirlos superficialmente. Seguidamente se colocaron sobre mesones de cemento al interior del invernadero. El sustrato no fue tratado con ningún fertilizante.

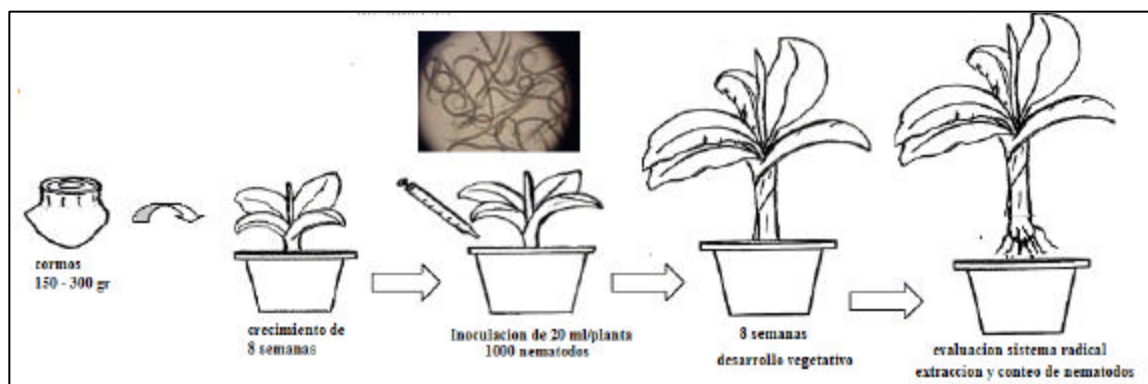
### **3.1.5. Cultivo aséptico de *R. similis***

La población original de *R. similis* se obtuvo de las plantaciones comerciales “Primobanano” y “Gamabest” situadas en el Km. 43 vía Naranjito - Boliche. La reproducción y mantenimiento de los nemátodos se realizó en discos de zanahoria usando el protocolo descrito por Speijer y De Waele (1997). Estos cultivos se dejaron aproximadamente entre 4 a 6 semanas en una incubadora en condiciones de oscuridad a una temperatura constante de 27°C. Los nemátodos móviles que se encontraban en la superficie de los platos Petri (35mm) fueron colectados para su transferencia a nuevos discos de zanahoria.

### **3.1.6. Inoculación del material vegetativo con *R. similis***

Las plantas se dejaron por ocho semanas bajo condiciones de invernadero a 29°C, con una frecuencia de tres riegos semanales. Cuando los nemátodos fueron observados en colonias grandes en la superficie de los platos Petri y en el perímetro de los discos de zanahoria, estos se removieron con agua destilada y fueron decantados en Erlenmeyers con la ayuda de una pipeta. La solución fue ajustada a una suspensión de 500 nemátodos/6 ml. de agua en un Erlenmeyer de 2000 ml. La inoculación se efectuó con la aplicación de 6 ml. de la suspensión mediante una pipeta Ependorf calibrada. Estos se inocularon en tres agujeros hechos en la circunferencia del área radical de la planta, y para asegurar que la aplicación de nemátodos

fuera homogénea en cada planta, la suspensión fue agitada continuamente. El protocolo del bioensayo es presentado en la figura 6.



**Figura 6. Protocolo utilizado para evaluar la resistencia de los cultivares mejorados de *Musa* al nemátodo barrenador *R. similis*.**

### 3.1.7. Tratamientos y diseño experimental

Las plantas fueron arregladas en un diseño de bloques al azar con 10 repeticiones y 10 cultivares, haciendo un total de 100 plantas u observaciones. Debido a que en el ensayo se manifestaron cormos de crecimiento lento, se realizó un sub bloqueo al interior de cada tratamiento, y se manejaron como dos ensayos separados. Los tratamientos que se evaluaron se describen a continuación en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Características de los 10 genotipos de *Musa* en que se determinó su reacción a *R. similis*.**

cultivares	genoma	Origen	Base genética
SH - 3436 - 9	AAAA	INIVIT	Highgate x SH - 3142. Variación somaclonal, banana postre
SH - 3640	AAAB	FHIA	Prata Anã x SH-3393, banano de postre.
FHIA - 03	AABB	FHIA	SH - 3386 x SH - 3320, banano de postre.
FHIA - 17	AAAA	FHIA	Highgate x SH - 3362, banano de postre.
FHIA - 23	AAAA	FHIA	Highgate x SH - 3362, banano de postre.
FHIA - 25	AAB	FHIA	SH 3648 (4x) x SH 3142 (2x), banano de cocción
TMB x - 52951	AABB	IITA	cv Laknau AAB x Tjau lagada, plátano
TM 3 x 151086	AAAB	IITA	TMP x 4479-1 x SH - 3362, banano de postre
CRBP 39	AAAB	CRBP	plátano ? French clair AAB x banano ? M53 AA, plátano
Williams	AAA	local	Cavendish, banano de postre

### 3.1.8. Evaluación del experimento



Antes de evaluar el sistema radical, se midieron las variables vegetativas: altura de planta (cm.) y el número de hojas. Las plantas fueron removidas de las bolsas. Se procedió a un lavado del sistema radical con un bajo caudal de agua de poca presión para evitar el desprendimiento y pérdida de las raíces finas, además se tamizó el suelo rescatando todas las raicillas presentes. A continuación, el pseudotallo y las raíces fueron separados y se procedió inmediatamente a pesarlos en una balanza. Las raíces se separaron en funcionales (blancas, amarillentas, oscuras, con coloraciones pardo rojizas, pero sin tejido necrosado o muerto), no funcionales (necrosadas o muertas) y raicillas. Luego se colocaron en bolsas plásticas transparentes identificadas. Se permitió un escurrimiento superficial de las mismas y se pesaron en una balanza de precisión con capacidad de 15 kilogramos, con una precisión de ? un gramo. Se registró el peso de las raíces funcionales, no funcionales y raicillas. Las raíces fueron cortadas transversalmente en secciones de 0.5 a 1.5 centímetros y completamente homogenizadas. Se pesaron submuestras de 25 gramos de raíz por planta o menos según la disponibilidad. Para la extracción de nemátodos se siguió el protocolo citado por Speijer (1997). La población final se estimó a través de una extrapolación del número de nemátodos presentes en dos ml. con relación al volumen de 25 gr. en 100 ml. de agua.

### **3.1.9. Variables evaluadas**

Después de dieciséis semanas de haber permanecido las plantas en el invernadero se procedió a extraer las plantas íntegras con el objetivo de evaluar su resistencia / tolerancia a través de los siguientes parámetros:

#### **a) Reproducción de *R. similis***

Una vez separadas las raíces en funcionales, no funcionales y raicillas, se cortaron en trocitos de un centímetro, se pesaron y se tomó como base 25 gramos de cada submuestra procesándose todo el sistema radical por planta. Como siguiente paso se procedió a la extracción de los nemátodos mediante el método de maceración-tamizado y se contó el número de nemátodos por planta para medir la reproducción en el interior de las raíces de cada genotipo.

#### **b) Porcentaje de necrosis lineal de raíces (0 a 100 %)**

Las raíces muertas se eliminaron y se tomaron en cuenta solamente las raíces vivas. Se realizó un corte longitudinal de 10 centímetros de longitud a cinco raíces vivas de la misma planta

que se tomaron al azar, para observar la longitud de lesiones de cada raíz en base a un 20 % cada uno, y se hizo la suma total de las cinco raíces para obtener un 100 %.

### c) **Parámetros de crecimiento**

A las ocho semanas después de la inoculación, se registraron los parámetros de Altura de planta, Peso foliar, Peso de cormos y Peso de raíces totales y funcionales. Esta última variable consistió en pesar el número de raíces totales: funcionales, no funcionales y raicillas de cada planta por separado. Como raíces funcionales se tomaron aquellas raíces blancas, amarillentas, oscuras con coloraciones pardo rojizas, pero que no tenían necrosis.

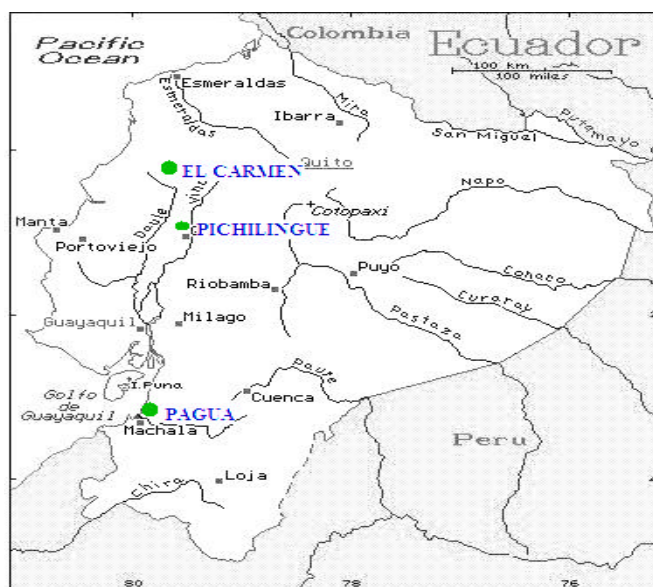
### 3.1.10. **Análisis estadístico**

La evaluación de las variables de respuesta fueron sometidas a un análisis de varianza mediante el modelo PROC GLM del programa estadístico SAS V. 8 (*Statistical Analysis System*). Los conteos de los nemátodos fueron transformados al log (X + 1) antes de realizar el análisis estadístico, con el fin de lograr una distribución normal de los datos. El porcentaje de daño radical se transformó usando  $\sqrt{\text{valor normal} + 0.5}$ . Se realizó una separación de medias utilizando la prueba rangos múltiples de Duncan's ( $p < 0.05$ ).

## **Experimentos a nivel de campo.**

### 3.2. **Localización y características físico ambientales de los sitios de evaluación**

Los ensayos fueron establecidos en tres parcelas en áreas importantes de producción de Ecuador: Pichilingue (Prov. de Los Ríos), El Carmen (Prov. de Manabí) y Pagua (Prov. de El Oro). La Figura 7 ilustra la localización de los experimentos.



### Figura 7. Ubicación geográfica de las parcelas experimentales

#### 3.2.1. Ensayo ubicado en Pichilingue

Este experimento se estableció en la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP), provincia de Los Ríos. La parcela se encuentra ubicada sobre las coordenadas Latitud Sur: 01° 06’ y Longitud Oeste: 79° 29’, a una altura de 120 msnm. Durante el período de evaluación (Noviembre 2003 – Julio 2004) la temperatura media fue de 24.86 °C, con una máxima de 29.75 °C y una mínima de 21.85 °C de promedio anual, la precipitación pluvial anual fue de 1960.2 mm; una humedad relativa máxima de 96.8% y mínima de 63.3% de promedio anual. La región presentó varios meses secos, siendo Septiembre el mes de menor precipitación y Abril el de mayor con 344 mm (Figura 8). La Heliofanía tiene un registro histórico 874.6 horas luz / año. de El área esta clasificada como bosque húmedo tropical (b.h.t.) según Holgridge (1978).

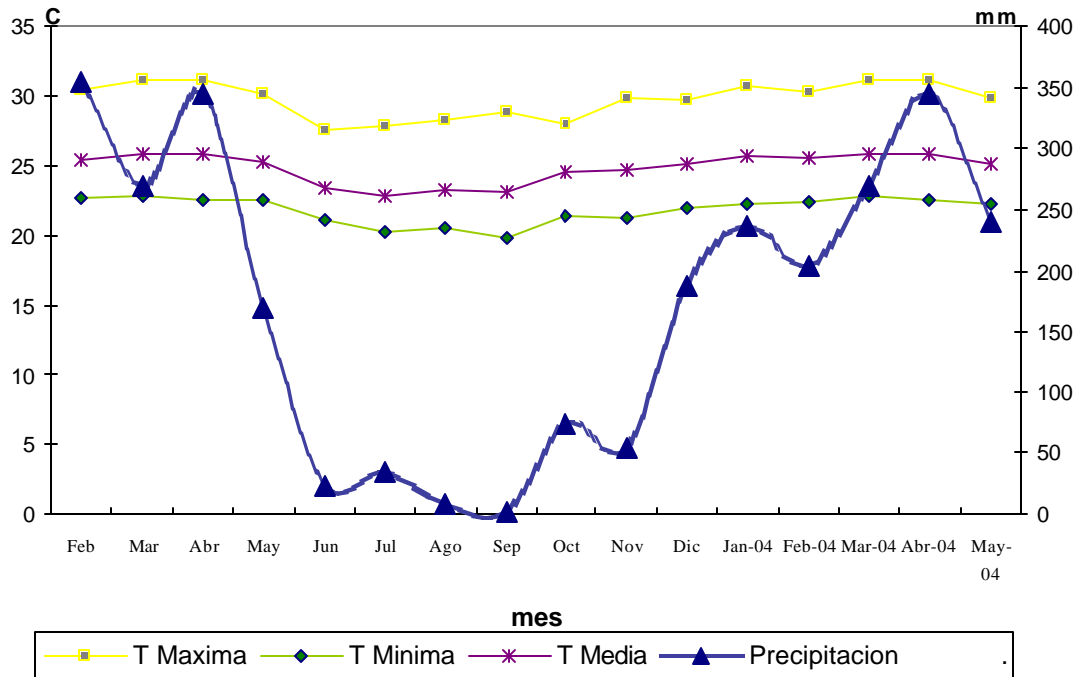


Figura 8. Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la Estación Experimental “Pichilingue” durante el período de investigación. (Feb 03 – May 04).

El pH del suelo es de 6.5, con contenidos adecuados de macronutrientes (N-P-K), pero deficiente en micronutrientes (Cu-Fe), pobre en materia orgánica (0.31%). Otras cualidades como la diferenciación de los horizontes, profundidad efectiva, distribución radical de los cultivos y demás características físicas del suelo de la parcela se presentan en el Cuadro 2.

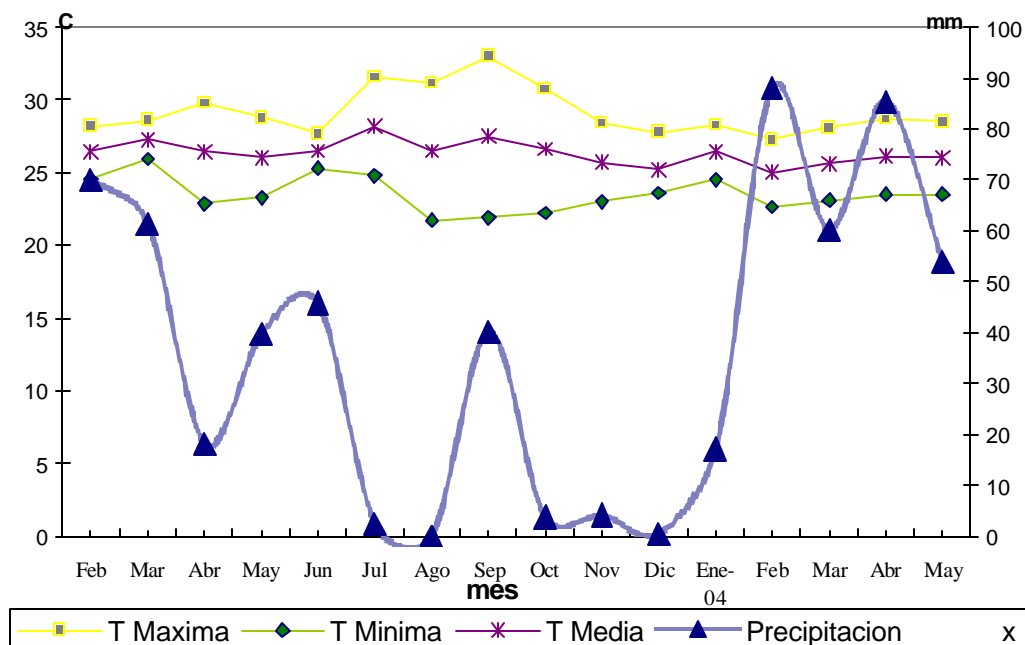
**Cuadro 2. Descripción del perfil del suelo en las parcelas de Pichilingue.**

Horizontes	Profundidad (cm.)	Distribución radical (%)	Características.
A1	0 – 20	60	Franco limoso a Franco arcilloso limoso, color pardo muy oscuro (10 yr 2/2 húmedo), ligeramente adherente, ligeramente plástico, estructura blocosa subangular, moderada; raíces abundantes, muchos poros intersticiales; limite claro.
A2	20 – 60	30	Franco limoso a Franco arcilloso limoso, ligeramente adherente, ligeramente plástico, color pardo - pardo oscuro (7.5 yr 4/2 (h)); estructura blocosa subangular, débil; abundantes raíces, poros tubulares e intersticiales; sin manchas de color, limite claro.
Bt	60 – 108	10	Arcillo limoso a Franco arcilloso limoso, muy adherente, muy plástico; color pardo oscuro (7.5 yr 3/2 húmedo); estructura blocosa angular, fuerte; muchas raíces, poros intersticiales, sin manchas de color; limite gradual
Cw	108 – 130+	0	Arcilla – Arcilla pesada, color pardo – pardo oscura 7.5 yr 4/4 (h): muy adherente, muy plástico; estructura blocosa subangular, fuerte, fina; pocas raíces y poros; visible iluviación de arcilla proveniente de Bt

### 3.2.2. Ensayo ubicado en El Carmen

El experimento se estableció en una finca propiedad del Sr. Eloy Bravo, cercana a la ciudad de El Carmen, provincia de Manabí, en la latitud 00° 14' S y 79° 19 W a 490 m.s.n.m. El área se encuentra dentro de la categorización bioclimática como Bosque Húmedo Tropical (b.h.T.) en la clasificación ecológica de Holgridge. Durante el período de la investigación la temperatura media anual fue de 26.3 °C, con una máxima de 29 °C y una mínima de 23 °C, no se registró variación en relación en estos eventos, al mantener un promedio de 27 °C en relación al promedio examinado; con una precipitación pluvial anual de 497.1 mm y una humedad relativa promedio de 91%, este parámetro mostró fluctuaciones entre 68 – 99% de Humedad máxima semanal. La Heliofanía tiene un registro de 587.4 horas / año, con una media de 1.6

horas luz / día. La región presenta varios meses secos con regímenes de precipitación inferiores a los 20 mm mensuales siendo Agosto el mes de menor precipitación y Febrero el de mayor con 80 mm. La Figura 9 representa las características climáticas de la zona en el



período comprendido de febrero 2003 a mayo de 2004.

**Figura 9. Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la zona de Sto. Domingo – El Carmen durante el período de investigación. (Feb 03 – May 04)**

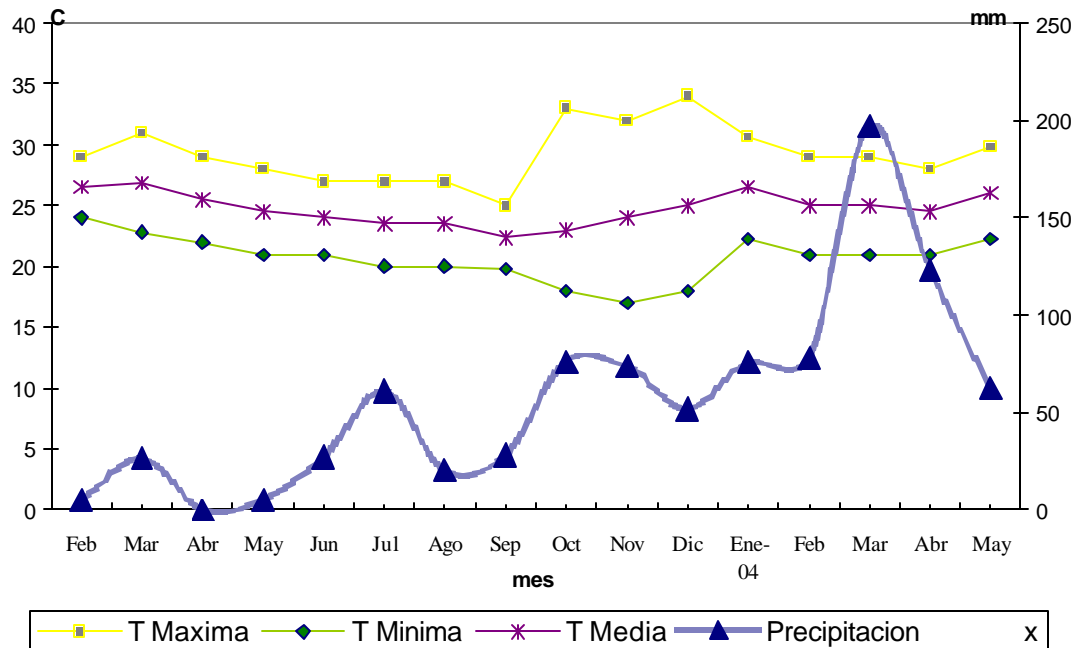
En el Cuadro 3 se indican otras cualidades como la diferenciación de los horizontes, profundidad efectiva, distribución radical de los cultivares y demás características físicas del suelo de la parcela.

**Cuadro 3. Descripción del perfil del suelo en las parcelas de El Carmen, Manabí.**

Horizontes	Profundidad (cm.)	Distribución radical (%)	Características.
A1	0 – 20	60	Franco arcilloso a Franco arcilloso limoso, color pardo muy oscuro (10 yr 2/2 húmedo), ligeramente adherente, ligeramente plástico, estructura blocosa subangular, moderada; raíces abundantes, muchos poros intersticiales.
A2	20 – 60	30	Franco arcilloso a Franco arcilloso limoso, ligeramente adherente, ligeramente plástico, color pardo - pardo oscuro (7.5 yr 4/2 (h)); estructura blocosa subangular, débil; abundantes raíces, poros tubulares e intersticiales.
Bt	60 – 100	10	Arcillo limoso a Franco arcilloso limoso, muy adherente, muy plástico; color pardo oscuro (7.5 yr 3/2 húmedo); estructura blocosa angular, fuerte; muchas raíces, poros intersticiales, sin manchas de color; limite gradual
Cw	100 – 120+	0	Arcilla – Arcilla pesada, color pardo – pardo oscura 7.5 yr 4/4 (h): muy adherente, muy plástico; estructura blocosa subangular, fuerte, fina; pocas raíces y poros; visible iluviacion de arcilla proveniente de Bt

### 3.2.3. Ensayo ubicado en Pagua

El experimento se estableció en el interior del Colegio Técnico Superior Agropecuario “Manuel Encalada” en la provincia de El Oro, al sur del Ecuador. La zona corresponde a Bosque muy seco Tropical (Holdrige 1978). La precipitación anual en el período registrado del experimento fue de 910 mm con un total de 243 días sin precipitación, teniendo a Marzo del 2004 como el mes de mayor pluviosidad concentrada con 200 mm, mientras que hubieron varios meses secos de lluvia 0 mm (febrero – abril – mayo 2003). La evaporación medida a través del tanque tipo “A” indicó 982.7 mm en el año. La Heliofanía registrada en la Universidad de Machala para esta zona sumó un total anual de 674.3 horas luz. La humedad relativa promedio anual fue de 87,2% con un máxima de 98 % y una mínima de 67%; las temperaturas máxima, promedio y mínima fueron 29.9 °C, 25.4 °C y 20.3 °C, respectivamente. La velocidad media del viento fue de 1.7 m/s. La Figura 10 representa las características climáticas de la zona en el período comprendido de febrero 2003 a mayo de 2004.



**Figura 10. Variación de la temperatura (°C) y la precipitación (mm) en la zona de Pagua durante el período de investigación. (Feb 03 – May 04)**

El análisis químico del suelo reveló un pH de 6.19, ligeramente ácido, con bajo contenidos de materia orgánica (1.88%), no salino. Con deficiencias de Potasio, Zinc, Manganeso y Hierro.

Clasificación: Clase I. Profundidad efectiva: > 1.20 m: muy profundo (P1), capa limitante de la profundidad efectiva: sin limitación (L1), Textura profundidad efectiva: Franco (T1), Permeabilidad: moderado (K4), drenaje: moderadamente lento (D3) y Topografía: plana 0 – 1% (M2) (Clasificación de las tierras para banano. Criterios – Standart Fruti Co.).

A continuación en el Cuadro 4 se indica la descripción del perfil del suelo hasta la profundidad efectiva de las raíces de los cultivares en las parcelas en Pagua.

**Cuadro 4. Descripción del perfil del suelo en las parcelas de Pagua.**

Horizontes	Profundidad (cm.)	Distribución radical (%)	Características.
A	0 – 30	60	Franco arcilloso, color pardo amarillento oscuro (10 yr 4/4), adherente, plástico, estructura blocosa subangular, muy fina; raíces abundantes, muchos poros intersticiales; limite claro.
C1	30 – 54	30	Franco arcillo limoso, adherente, plástico, color pardo amarillento oscuro (10 yr 4/4); estructura blocosa subangular, muy finas, fuerte; muchos poros tubulares e intersticiales; pocas manchas de color (7%), limite claro.
C2	54 – 72	3	Franco arcillo limoso, ligeramente adherente, ligeramente plástico; color pardo amarillento oscuro (10yr 4/4); estructura blocosa angular muy fina, fuerte; abundante porosidad tubular, frecuentes manchas de color (15%); limite claro.
C3	72 – 93	2	Franco arenoso, no adherente, no plástico, color pardo amarillento (10 yr 5/4); masivo, mucha porosidad tubular, abundante (40%) manchas pardo fuerte (75 yr 4/6); limite claro.
C4	93 – 119	2	Franco arcillo limoso, pardo oliva claro (2.5 y 5/4); ligeramente adherente, ligeramente plástico; blocosa angular muy fino; abundante porosidad tubular; muchas manchas (25%) color pardo fuerte (7.5 yr 4/6); limite claro.
C5	119 – 132	2	Franco arenoso, color pardo amarillento claro (2.5 y 6/4); no adherente, no adherente, no plástico; estructura laminar débil; porosidad tubular abundante; frecuentes manchas pardas (7.5 yr 4/6); limite claro.
C6	132 – 150 +	1	Arcillo limoso, color oliva (5 y 5/3); adherente, plástico; estructura blocosa angular medias; muchos poros tubulares e intersticiales; frecuentes manchas pardas (7.5 yr 4/4).





### 3.3. Características de los cultivares

Se evaluaron 10 cultivares de banano y plátano desarrollados por los programas internacionales de mejoramiento genético de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Nigeria), El Centre de Recherches Regionales sur Bananiers et Plantains (CRBP, Camerún) y del Instituto de Viandas Tropicales (INIVIT, Cuba) y fueron comparados con tres cultivares comerciales locales (Williams, Dominicó y Barraganete). El cuadro 5 describe los cultivares estudiados.

**Cuadro 5. Descripción de las características agronómicas de los cultivares de banano y plátano, según la Guía de identificación del ITC.**

Cultivar	Genoma	ITC	Morfología	Fenología	Peso X racimo	Características de resistencia
SH - 3640	AAAB	1307	2.0 – 2.5 m altura		21 Kg.	
SH 3436-9	AAAA	1283	3.0 – 3.5 m altura		34 Kg.	Tolerante Sigatoka negra
FHIA - 17	AAAA	1264	3.0 - 3.5 m altura hojas decumbente pseudotallo racimo cilíndrico	270-360 días floración y 84-112 días + a cosecha	35-50 Kg., con 170 220 dedos en 10 a 12 manos.	Tolerante Sigatoka negra resistente al mal de Panamá Moderadamente resistente a los nemátodos.
FHIA - 18	AAAB	1319	3.0 - 4.0 m altura pseudotallo vigor hoja decumbente racimo mediano	270-300 días floración y 105-119 días + a cosecha	20-35 Kg. con 120 160 dedos por racimo en 8 a 10 manos.	resistente al mal de Panamá moderadamente resistente a Sigatoka negra <i>Radopholus similis</i> y moderadamente susceptible <i>Pratylenchus coffea</i>
FHIA - 23	AAAA	1265	3.5 - 4.0 m altura hoja decumbente Racimo cónico.	280-400 días floración y 84-112 días + a cosecha	30-40 Kg., con 200 - 240 dedos en 10 a 12 manos.	tolerante Sigatoka negra resistente al Mal de Panamá moderadamente resistente <i>Radopholus similis</i>
TM 3 x 151085	AAAB	1414	2.32 m altura			Resistente a Sigatoka negra a BSV
FHIA - 03	ABBB	0506	2.5 – 3.7 m altura, hoja decumbentes pseudotallo opaco racimo cilíndrico	271-307 días floración y 100-110 días + a cosecha	30 – 40 Kg., 198 226 dedos racimo	resistente al Mal de Panamá, la Sigatoka negra y la Marchitez bacteriana (Moko); resistencia parcial <i>Radopholus similis</i> . susceptible <i>Pratylenchus coffea</i>
FHIA - 25	AAB	1418	2.5 - 3.0 m altura hoja decumbente tallo brillante racimo cilíndrico	250-300 días floración y 120-150 días + a cosecha	38 - 45 Kg., 246 – 274dedo x racimo	Altamente resistente a la Sigatoka negra.
CRBP - 39	AAAB	1344	3.05 m altura			Resistente a Sigatoka negra
TMB x 52951	AABB	1297	3.00 m altura			Resistente a Sigatoka negra baja incidencia en síntomas BSV
Williams	AAA	0570	2.0 mt altura	317 días a cosecha	9 Kg. 6.5 manos	Susceptible raza 4 Fusarium y Sigatoka y nemátodos
Dominico	AAB		3.10 – 3.30 mt altura	238 – 250 día floración	23 – 25 Kg. 7- 9 manos	Susceptible raza 4 Fusarium y Sigatoka y nemátodos
Barraganete	AAB		3.15 – 3.35 mt de altura	235 – 248 d floración	12 – 14 Kg. 5- 6 mano	Susceptible raza 4 Fusarium y Sigatoka y nemátodos

### 3.4. Diseño estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el diseño completamente al azar, en donde hay 13 variedades (10 introducidos y 3 testigos locales) y se encuentran ubicados en tres localidades.

El modelo matemático es:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + e_{ij}$$

Donde  $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = promedio general.

$V_i$  = efecto de la  $i$ ésima variedad.

$e_{ij}$  = error de la variedad.

Para el análisis de las poblaciones de nemátodos por cultivar/muestreo se utilizó:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + V_i + e_{ij} + \mu_k + \mu V_{jk} + e_{ijk}$$

Donde  $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = promedio general.

$B_i$  = efecto de bloque

$V_i$  = efecto de la  $i$ ésima variedad.

$e_{ij}$  = error de la variedad.

$\mu_k$  = promedio del muestreo

$\mu V_{jk}$  = promedio x variedad

$e_{ijk}$  = error

### Análisis de varianza

Los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza ANOVA utilizando el procedimiento GLM (General Linear Models Procedure) del programa estadístico SAS V. 8. Se realizaron análisis de varianza individuales para cada variable respuesta evaluada.

### Comparación por contrastes ortogonales

Para las variables de resistencia a Nemátodos, Sigatoka negra y agronómicas se realizaron los comparaciones de contrastes ortogonales para comparar los híbridos con los testigos y entre híbridos.

### **3.5. Dinámica poblacional de nemátodos**

Se seleccionaron por cada híbrido 5 plantas por localidad en cada muestreo. El muestreo se realizó cada dos meses con el objeto de conocer la reacción de los cultivares al ataque de nemátodos en el tiempo y conocer la dinámica de sus poblaciones en las diferentes localidades evaluadas. Se tomaron porciones de suelo de las plantas muestreadas para comparar las poblaciones.

#### **3.5.1. Muestreo, extracción, identificación y conteo**

##### **a) Muestreo**

El muestreo se realizó sobre el hijo de sucesión de la unidad productiva mediante la excavación de un cubo de 20 x 20 x 20 cm., a los primeros 30 cm. de distancia de la base de las plantas. Se separaron las raíces recolectadas en dos categorías: raíces no funcionales y raíces funcionales. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Nematología de la estación experimental tropical Boliche de INIAP.

##### **b) Extracción**

Para la extracción de nemátodos se utilizó la metodología de macerado y filtrado, tomando una muestra compuesta de raíces funcionales y no funcionales, y se cortaron en secciones transversales de 2 – 3 cm. de longitud. Se tomó al azar 100 g del material y se vertieron en una licuadora comercial, se aforó a 200 ml. con agua corriente y se licuaron a velocidad baja y alta, ambas por 10 seg. El contenido se tamizó en un juego de cribas (No 18, 100, 325). Se efectuó un lavado para facilitar que los nemátodos fueran separados del tejido vegetal resultante con la ayuda de una pipeta. Los nemátodos fueron colectados en la última criba fueron trasladados a recipientes plásticos, para identificar y cuantificar la población de nemátodos se tomaron alícuotas de 2 ml., y extrapolándose con relación al volumen total.

##### **c) Evaluación**

---

<sup>2</sup> Datos proporcionados por la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca Baja del Río Guayas (CEDEGE), año, 2001

Para estimar el daño de los nemátodos, se seleccionaron cinco raíces primarias funcionales, las cuales fueron cortadas longitudinalmente 10 cm., marcando el área afectada con necrosis o nódulos y determinando el área porcentual afectada.

### **3.6. Evaluación de resistencia a Sigatoka negra (*M. fijiensis*)**

Para realizar la evaluación de la resistencia a la enfermedad de la mancha foliar causada por *M. fijiensis*, se evaluó la severidad por cada variedad y se contabilizó la hoja más joven manchada al momento de la floración y a la cosecha.

#### **3.6.1. Severidad de la enfermedad**

La severidad de la enfermedad es la extensión del área de la hoja infectada por el patógeno. Esta se puede expresar en porcentajes o en grados de la severidad. Los grados de la severidad en la hoja se calificaron utilizando el sistema de Stover modificado por Gauhl (Figura 11). El porcentaje del área de la hoja afectado por el patógeno, expresado en grados, se registró para cada planta de prueba. Esta información se anotó:

- ~~///~~ Al emerger el racimo (momento de parición),
- ~~///~~ Al momento de la cosecha.

Luego de registrar la severidad de la enfermedad, se calculó el Índice de Infección para cada planta de prueba, con la siguiente formula: (Guzmán y Romero 1996; Orjeda 1998).

Donde:

$$I. I. = \frac{S (n \times b)}{(N - 1) T} \times 100$$

n = número de hojas en cada nivel

b = grado de escala

N = número de grados empleados en la escala 7

T = número total de hojas evaluadas

#### **3.6.2. Hoja más joven manchada**

Esta corresponde a la primera hoja (contando las hojas de arriba hacia abajo) totalmente abierta que presenta 10 o más lesiones discretas necrosadas y maduras o un área grande necrosada con 10 centros secos de color claro. Se registraron al momento de la floración y a la cosecha los siguientes parámetros: cantidad de hojas funcionales y hoja más joven manchada.

La resistencia fue evaluada midiendo el desarrollo de la enfermedad expresado por el índice de infección. La resistencia total (inmunidad) ocurría cuando la enfermedad no fue capaz de desarrollarse en el tejido de la planta (índice de infección = 0). La resistencia parcial se registró cuando el desarrollo de la infección y de la enfermedad era limitado, en comparación

con las plantas susceptibles (Krishamoorthy *et al.* 2004). El índice de la hoja más joven manchada fue calculado como sigue:

Donde:

$$\mathbf{IHJM} = \frac{T - \mathbf{HMJM} - 1}{T} \times 100$$

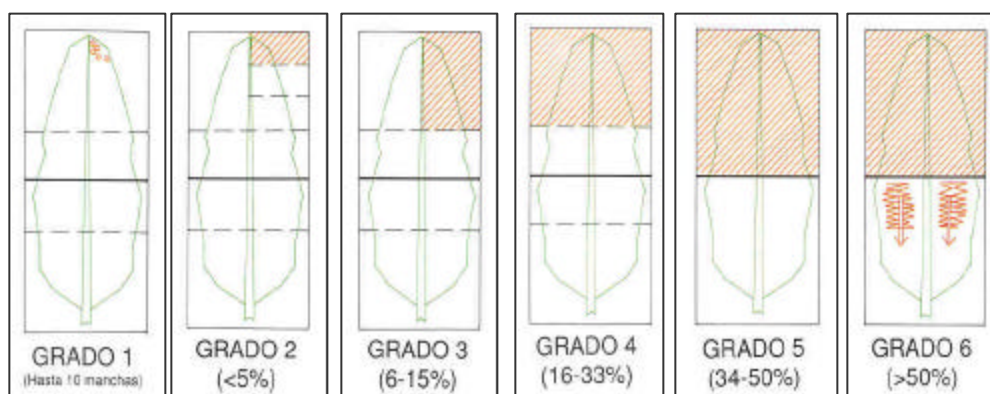
HMJM: hoja más joven manchada

T: número total de hojas.

El índice de área foliar no manchada fue calculado como sigue:

$$\mathbf{INHE} = \frac{\mathbf{HMJM} - 1}{\mathbf{NHE}} \times 100$$

NHE: número de hojas erectas.



**Figura 11. Escala de Stover modificada por Gauhl (1989).**

### 3.7. Evaluación agronómica

Para la evaluación del comportamiento agronómico de los híbridos se seleccionaron 10 plantas por cultivar en cada bcalidad, a las cuales se les tomaron los datos de crecimiento al momento de la floración y las variables de producción al momento de la cosecha. A continuación se describen las variables evaluadas:

#### 3.7.1. Altura de la planta

La medición de altura se realizó al momento de la floración mediante el uso de una cinta graduada en centímetros. La altura se midió desde el nivel del suelo hasta el ángulo formado por el pecíolo de la hoja más nueva desarrollada y la segunda hoja.

### **3.7.2. Ciclo vegetativo**

El ciclo vegetativo de cada variedad se determinó mediante el número de días transcurridos desde la siembra hasta la floración y hasta la cosecha en cada localidad.

### **3.7.3. Peso del racimo**

Se precisó el peso de 10 racimos cosechados por híbrido, llevando un registro de la fecha, y de las características morfológicas de cada uno. Se utilizó una balanza de reloj colgante de 30 Kg.

### **3.7.4. Número de manos y dedos por racimo**

Se contabilizó el total de manos por racimo y el número de dedos por mano, para obtener el número total de dedos por racimo cosechado de cada variedad en cada localidad.

### **3.7.5. Longitud y diámetro del dedo central de la segunda mano**

Con un calibrador Vernier, se registró la longitud y el diámetro del dedo central de la segunda mano de cada racimo cosechado por variedad en cada localidad.

## **3.8. Evaluación Poscosecha**

### **3.8.1. Días a la maduración desde la cosecha (vida verde)**

La evaluación de la vida verde involucró los siguientes métodos y procedimientos:

- Se marcó las plantas en el campo inmediatamente después de la emergencia de las flores (registrando la fecha de floración) y se calculó la cantidad de días desde la anthesis hasta la cosecha para obtener una estimación precisa de la edad de los racimos.
- Se cosechó los racimos de diferentes edades (o maduración), desmanados y empaquetados en cajas replicadas (forradas con una película de polietileno perforada) y almacenados a dos temperaturas distintas de  $13\pm 1^{\circ}\text{C}$  (cámara fría) y  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ . La humedad relativa fue controlada para prevenir la pérdida severa de agua o deshidratación de las frutas, lo que podría provocar la producción de etileno y, consecuentemente, la maduración prematura (George y Marritt 1983). La vida verde fue evaluada inspeccionando visualmente el color de la cáscara de las frutas para cada temperatura de almacenamiento por lo menos dos veces al día. Al empezar la maduración, se determinó la vida verde. La vida verde se calculó como el período de tiempo

(en días) entre la cosecha y comienzo de la maduración. La vida verde de los bananos, bananos de cocción y plátanos usualmente se relaciona con la edad de los racimos (Dadzie 1993, 1994b,c).



## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimentos en condiciones controladas

#### 4.1. Evaluación de la reacción de cultivares mejorados de *Musa* al nemátodo barrenador *Radopholus similis*

##### a) Reproducción de *R. similis*

Ocho semanas después de la inoculación, la reproducción de *R. similis* fue estadísticamente diferente para los cultivares evaluados (Cuadro 6). Entre los bananos de postre, el testigo comercial Williams presentó la población más alta con 13,407 individuos, ratificándose su alta susceptibilidad. En SH - 3640 no se determinó diferencias con el referencial Williams. Mientras que en TM 3 x 151086, FHIA - 17 y SH 3436-9 la población encontrada fue muy similar entre sí y significativamente más baja que los anteriores. En FHIA - 23 se determinó la menor población con 5,792 nemátodos.

Entre los bananos de cocción, FHIA - 03 se estableció una población mayor con 11,324 individuos (Figura 12) y de igual magnitud que el testigo susceptible Williams. El FHIA - 25 (el otro banano de cocción) se coloca en el mismo rango que FHIA - 23 al contabilizar únicamente 4,845 nemátodos. Estos resultados son comparables con lo reportado por Viaene *et al.* (2002), quienes después de 14 semanas de la inoculación de *R. similis* a varios genotipos (líneas e híbridos) de banano y plátano encontraron poblaciones de 70,737 en Grand Nain y 31,216 en FHIA - 03 respectivamente; mientras que en FHIA - 23 con 16 semanas después de la inoculación encontró únicamente 2,284 individuos.

Resultados similares fueron encontrados por Pocasangre (2000) quien encontró que en FHIA - 23 la reproducción de *R. similis* fue inferior que en cultivares Cavendish. Por otra parte Rodríguez (2002) al evaluar FHIA - 25 determinó 572 nemátodos. Todo lo cual indica diferentes grados de resistencia entre los cultivares evaluados. El cuadro 6 refleja la discriminación entre la media población de nemátodos en los distintos cultivares evaluados.

Por otro lado, la densidad de nemátodos por gramo de raíz fue generalmente alta, no diferenciado estadísticamente ( $P < 0.05$ ) a los bananos de postre con el cultivar referencial Williams, a excepción de FHIA - 23. Mientras que para FHIA - 03, la densidad fue la más alta en todo el experimento con un valor de 58 nemátodos/gr. de raíz, por lo contrario, para FHIA - 25 el valor de esta variable fue de 14 nemátodos/gr. Los cultivares Plátano no se diferenciaron entre sí.

El comportamiento de FHIA-25 en relación a la reacción a *R. similis* en este ensayo se considera de resistencia pues mostró densidades de *R. similis* inferiores a los restantes genotipos del experimento por lo cual podría ser catalogado como un genotipo de referencia resistente a este nemátodo.

**Cuadro 6. Respuesta de los cultivares mejorados a *R. similis* después de 8 semanas de la inoculación en plantas provenientes de cormos.**

Cultivar	Peso Radical g	Número de <i>R. similis</i>		Daño radical	
		/sistema radical	Tasa de reproducción	% raíces muertas	% daño lineal
<b><u>BANANOS DE POSTRE</u></b>					
Williams	342.00 a	13407 a	13.4 a	13.9	3.72 a
SH - 3640	222.69 b	12865 a	12.8 a	6.4	2.43 bdac
TM 3 x 151086	216.92 b	9142 bc	9.1 bc	6.4	2.52 bdac
FHIA - 17	202.91 b	8338 bc	8.3 bc	13.4	3.50 ba
SH 3436-9	199.80 b	8108 bc	8.1 bc	5.8	3.30 bac
FHIA - 23	202.91 b	5792 c	5.7 c	5.3	1.88 d
<b><u>BANANOS DE COCCIÓN</u></b>					
FHIA - 03	195.39 b	11324 ba	11.3 ba	11.8	3.20 bac
FHIA - 25	326.60 a	4845 c	4.8 c	7.0	2.22 bdc
<b><u>PLÁTANOS</u></b>					
TMB x 52951	206.88 b	9203 bc	9.2 bc	9.7	2.82 bdac
CRBP - 39	225.12 b	8732 bc	8.7 bc	5.7	2.04 dc

1) Número de nemátodos transformado  $\log(x + 1)$ ; 2) % daño lineal transformado a raíz cuadrada.

\* Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes (prueba de medias Duncan,  $p=0.05$ ).

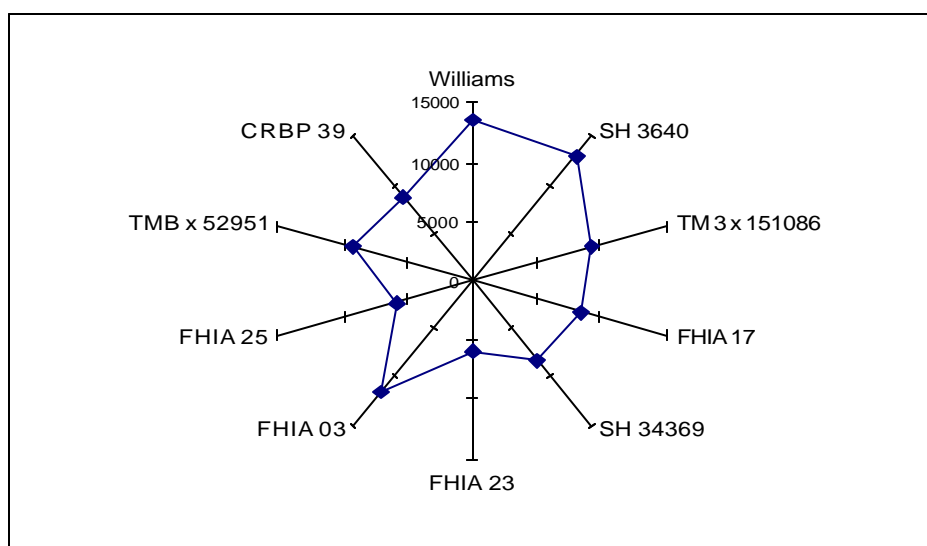
Se comprueba entonces lo descrito por Pinochet y Rowe (1979), que los cultivares que provienen de cruces ínter específicos con el genotipo SH 3142 muestran resistencia a desarrollar poblaciones altas de nemátodos, en este experimento tenemos a los cultivares FHIA - 25 y FHIA - 23. Este último tiene como progenitor el SH 3362, el cual tiene en su pedigrí a SH 3142.

## b) Porcentaje de necrosis lineal de raíces

Para la variable porcentaje de necrosis lineal de raíces se presentó diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) entre los bananos de postre. Williams y FHIA - 17 tuvieron los porcentajes más altos pero no son estadísticamente diferentes que SH 3436-9, SH - 3640 y TM 3 x 151086. Solo FHIA - 23 fue diferente a todos los bananos de postre.

Los bananos de cocción no fueron estadísticamente distintos entre sí; FHIA - 03 se mostró tan lesionado como los cultivares FHIA - 17 y SH 3436-9. Mientras FHIA - 25 estuvo en aparente mejor condición. Los dos híbridos de plátano (CRBP - 39 y TMB x 52951) se comportaron en forma similar y dentro del grupo de las más resistentes.

En este ensayo FHIA - 23 y CRBP - 39 mostraron el mismo nivel de resistencia a *R. similis* al daño lineal en las raíces (Cuadro 6). Sin embargo, estos resultados no son muy categóricos y es necesario realizar más investigaciones. Los bajos niveles de daño en este experimento no pueden ser atribuibles a la tolerancia de los genotipos, pero probablemente se deben a las bajas cantidades de nemátodos presentes en las raíces y a la cantidad inoculada, se decidió no tomar en cuenta los resultados sobre necrosis lineal de raíces.



**Figura 12.** Densidad poblacional de *R. similis* alcanzada después de 8 semanas de la inoculación (1000 / planta) en los cultivares evaluados.

### c) Variables de crecimiento

#### Altura de planta

En el Cuadro 7 se indica que el cultivar referencial Williams y FHIA - 03 mostraron los promedios más altos con 70.22 y 60.30 cm. respectivamente, mientras que FHIA - 17, FHIA - 23 y FHIA - 25 presentaron el menor promedio de altura con ? 47 cm. Resultados similares encontró Rodríguez (2002) en el cultivar FHIA - 25, el cual alcanzó una altura menor (36.39 cm.) en 15 semanas con el mismo número de nemátodos inoculados en distinto sustrato.

Aunque se detectaron diferencias estadísticas en la altura de planta, no se observó correlación en cuanto al daño de raíces causado por los nemátodos con la variable altura de planta. Esto parece indicar que cada genotipo tiene un comportamiento independiente en cuanto al crecimiento, desarrollo y resistencia a nemátodos. La altura homogénea alcanzada por los genotipos Plátanos no estableció diferencias entre ellos.

**Cuadro 7. Evaluación de las variables de crecimiento de 10 cultivares de *Musa* después 8 semanas de la inoculación de *R. similis*.**

Cultivar	Altura de planta (cm.)	Peso foliar (g)	Peso Cormo (g)	Peso Raíz Total (g)
<b><u>BANANOS DE POSTRE</u></b>				
Williams	70.22 a	870.00 a	210.00 c	342.00 a
SH - 3640	51.88 cb	615.00 cb	487.50 ba	222.69 b
TM 3 x 151086	58.80 b	547.00 cebd	429.00 ba	216.92 b
FHIA - 17	47.67 c	412.22 ed	365.56 bc	202.91 b
SH 3436 9	57.80 b	542.00 cebd	335.50 bc	199.80 b
FHIA - 23	47.56 c	546.11 cebd	358.33 bc	172.22 b
<b><u>BANANOS DE COCCIÓN</u></b>				
FHIA - 03	60.30 b	673.00 b	529.50 a	195.39 b
FHIA - 25	48.38 c	371.80 e	244.60 c	326.60 a
<b><u>PLÁTANOS</u></b>				
TMB x 5295 1	53.50 cb	554.90 cbd	437.50 ba	206.88 b
CRBP - 39	54.00 cb	483.40 ced	487.10 ba	225.12 b

\*Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes (prueba de medias Duncan, p=0.05).

### **Peso foliar**

La variable respuesta peso foliar nos demuestra que existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos, además se estableció una relación entre el peso del Cormo y de la parte vegetativa, excepto en los cultivares Williams y CRBP - 39. Los cultivares Williams, FHIA - 03 y SH - 3640 presentaron los promedios más altos en cuanto al peso foliar con 870, 673 y 615 gramos respectivamente. Esto probablemente se debe a que los genotipos FHIA - 03 y Williams lograron un mayor desarrollo desde el momento de la siembra, ya que al momento de la inoculación eran superiores en cuanto al desarrollo que el resto de genotipos. En cambio FHIA - 25 y FHIA - 17 obtuvieron los promedios más bajos con 371.8 y 412.2 gramos respectivamente (Cuadro 7). El número de hojas incide sobre esta variable, pero no ha sido considerado parte de este análisis.

### **Peso del Cormo**

Debido al corto tiempo de evaluación no se ha establecido ningún efecto de la inoculación de *R. similis* sobre esta variable. El genotipo que presentó el mayor peso promedio fue FHIA - 03 con 529.50 gramos, en cambio el cv Williams obtuvo el promedio más bajo con 210 gramos (Cuadro 7).

### **Peso de raíces totales y funcionales**

Para el peso de raíces totales no se detectaron diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 8), ni relación con el peso del Cormo. Los genotipos que presentaron los mayores pesos de raíces totales y funcionales fueron FHIA - 25 y Williams con 326.60 y 342 gramos, el promedio más bajo se determinó en la variedad FHIA - 23 con 172.22 gramos y FHIA - 03 con 195.39 gramos (Cuadro 7). Viaene *et al.* (2002), reportaron pesos radicular inferiores en FHIA - 03, FHIA - 17 y otros utilizando un sustrato combinado (tres partes arena: dos partes de suelo: una parte de cáscara de arroz) con el mismo inóculo y tiempo de evaluación.

**Cuadro 8. Descripción del sistema radical de los cultivares de *Musa* evaluados después de 8 semanas de la inoculación en plantas provenientes de cormos.**

Cultivar	Raíz Total (g)	R Funcional (g)	No Funcional (g)	Raicillas (g)
<b><u>BANANOS DE POSTRE</u></b>				
Williams	342.00 a	229.53 a	47.37 a	65.10 bc
SH - 3640	222.69 b	133.06 cb	14.14 cb	75.49 ba
TM 3 x 151086	216.92 b	130.37 cb	13.55 cb	73.00 ba
FHIA - 17	202.91 b	133.57 cb	27.23 b	65.51 bac
SH 3436 9	199.80 b	155.37 b	7.67 c	36.82 c
FHIA - 23	172.22 b	101.94 c	21.17 cb	49.12 bc
<b><u>BANANOS DE COCCIÓN</u></b>				
FHIA - 03	195.39 b	109.66 cb	23.07 cb	62.65 bc
FHIA - 25	326.60 a	249.00 a	23.00 cb	55.66 bc
<b><u>PLÁTANOS</u></b>				
TMB x 5295 1	206.88 b	139.09 cb	20.04 cb	47.75 bc
CRBP - 39	225.12 b	118.89 cb	12.76 cb	93.47 a

\* Medias con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes (prueba de medias Duncan,  $p=0.05$ ).

Entre los bananos de postre, FHIA - 17, FHIA - 23 y Williams mostraron el 11.8 – 13.9 % en proporción del peso de raíces no funcionales al peso total. Mientras que el cultivar SH 3436-9 fue el menor lesionado en un 3.8%. Estos datos se mantienen al examinar el porcentaje de daño lineal. FHIA - 03, se observó mayormente lesionado entre los bananos de cocción y los plátanos. El mayor peso de raicillas se midió en CRBP - 39 (33% del peso total), los demás cultivares mostraron diferencias entre tratamientos, y su relación frente a su correspondiente peso total estuvo sobre el 18 % excepto SH 3436-9 que registró un peso de 36.82 gramos (10.53%).

## Experimentos en condiciones de campo

### 4.2. Dinámica poblacional de nemátodos

#### 4.2.1. Pichilingue

Los resultados representados en la Figura 13 muestran la fluctuación poblacional en un período de diez meses encontrada del fitonemátodo *Meloidogyne incognita* presente en el sistema radical de los seis cultivares de banano de postre, dos de bananos de cocción y dos de plátano mencionados en la sección 3.3. Se encontró que las poblaciones fluctuaron entre cultivares, muestreos y meses, sin embargo hubo períodos definidos para la ocurrencia de las poblaciones máximas y mínimas, así como la susceptibilidad de ciertos cultivares en donde se

desarrollaron grandes poblaciones de este nemátodo. La presencia única de este nemátodo en el sitio de evaluacionn se debe a que la parcela habia sido utilizada previamente con fines distintos al cultivo de musáceas y que el material de siembra (vitro plantas) estaba libres de estos patógenos.

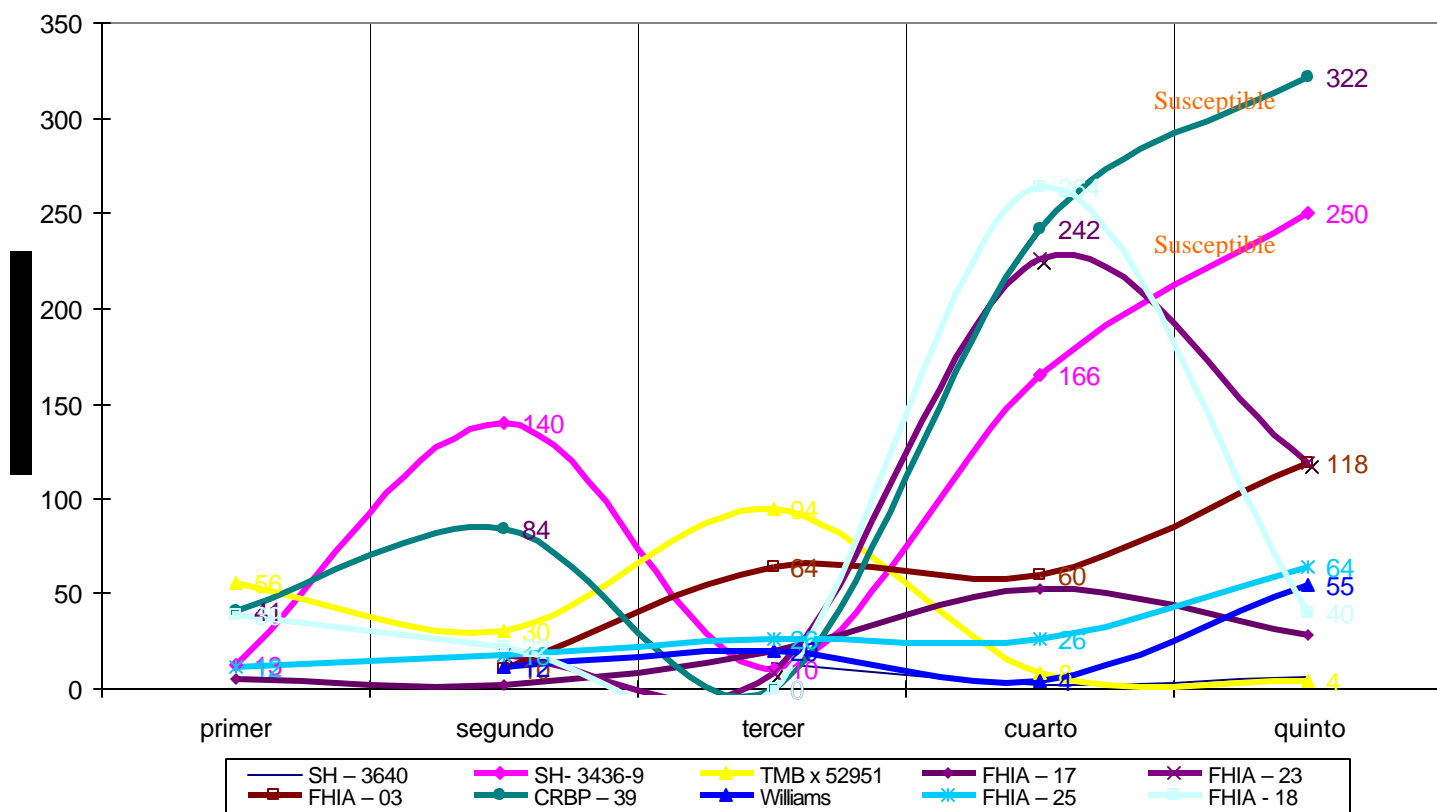


Figura 13. Dinámica poblacional de *M. incognita* en Pichilingue, Los Ríos.

Cuadro 9. Análisis físico del sistema radical de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.

Cultivares	Muestreo									
	Primer		Segundo		Tercer		Cuarto		Quinto	
	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.
SH - 3640	-		91.0	9.0	95.1	4.9	96.0	4.0	91.4	8.6
SH 3436-9	89.4	10.6	83.0	17.0	93.4	6.6	60.1	19.9	65.0	35
FHIA - 17	86.6	13.4	92.2	7.8	-		88.2	11.8	87.7	12.3
FHIA - 18	89.3	10.7	98.8	1.2	96.9	3.1	79.8	20.2	97.5	2.5
FHIA - 23	-		94.7	5.3	95.5	4.5	90.4	9.6	91.3	8.7
Williams	-		80.0	20.0	95.0	5.0	89.2	10.8	87.5	12.5
FHIA - 03	88.7	11.3	90.0	10.0	98.1	1.9	98.1	9.9	92.1	7.9
FHIA - 25	-		97.7	2.3	92.4	7.6	95.9	4.1	97.0	3.0
CRBP - 39	89.0	11	78.3	21.7	77.5	22.5	61.5	38.5	60.0	40.0
TMB x 52951	-		92.9	7.1	88.1	11.9	95.8	4.2	97.5	2.5

RF = % Raíz funcional; DR = Índice de daño radical

El primer muestreo se realizó en la floración de los cultivares, encontrándose poblaciones inferiores a 5000 individuos / 100 gr. de raíz, no encontrado diferencias entre variedades y muestreos posteriores en los cultivares Williams, FHIA - 17, FHIA - 25 y SH - 3640, en que las poblaciones a lo largo del tiempo se mantuvieron constantes (Figura 13).

El banano de cocción FHIA - 03, presentó una tendencia levemente ascendente y en el quinto muestreo su población fue significativamente mayor alcanzando 11,800 nemátodos / 100 gr. raíz en referencia a los anteriores muestreos y cultivares mencionados. Al contrario se observó que el plátano TMB x 52951, en los dos últimos muestreos la población estuvo por debajo de los anteriores muestreos y cultivares (Figura 13).

La densidad poblacional del nemátodo agallador *M. incognita* en los cultivares FHIA - 23 y FHIA - 18 presentó un comportamiento similar, al ascender en el cuarto muestreo con poblaciones significativamente diferentes a los demás cultivares, pero en el quinto muestro ambas poblaciones descendieron drásticamente. Mientras que en CRBP - 39 y SH 3436-9 las poblaciones fueron más altas en el segundo, cuarto y quinto muestreo, con 32,200 y 25,500 nemátodos/100 gr. raíz respectivamente. Estas variaciones podrían estar relacionadas a variaciones en la disponibilidad de agua para las raíces en presencia de precipitación o riego.

El análisis físico del sistema radical de los cultivares en esta parcela se muestran en el Cuadro 9, en donde se muestra poca variabilidad en la composición del porcentaje de raíces funcionales y no funcionales a lo largo del tiempo. En general, el porcentaje de raíces no funcionales por ataque de nemátodos fue menor al 20 % en la mayoría de los cultivares, excepto en los cultivares banano de postre SH 3436-9 y plátano CRBP - 39. En el primero se encontró una tendencia ascendente en el daño a partir del segundo muestreo hasta llegar a un 35 %, mientras que en CRBP - 39 se determinó un deterioro progresivo desde el primer muestreo, hasta encontrar un 40% de daño radical en el quinto muestreo. Esto estaría indicando poca resistencia de los cultivares mencionados a contener la colonización y multiplicación de este nemátodo al interior del sistema radical.



#### 4.2.2. El Carmen

El número de fitonemátodos presentes en esta localidad fue baja en relación al tiempo y a los cultivares, lo cual se puede explicar si se considera que la parcela experimental fue establecida en un sitio en barbecho poblado inicialmente de pasto.

El nemátodo *M. incognita* fue hallado presente en todos los cultivares y muestreos, no encontrándose diferencias significativas en la variación de población en el tiempo, esto en los cultivares SH - 3640, FHIA - 17, FHIA - 23, FHIA - 25 y CRBP - 39. En estos cultivares la tasa de reproducción fue menor al 2 %, sin incrementarse a partir del tercer muestreo. En el CRBP - 39, la presencia de nemátodos fue casi nula a lo largo del tiempo. TM 3 x 151086 mostró una dinámica oscilante entre los muestreos, al variar las densidades en el tiempo, sin embargo coincide en bajar la población en el tercer muestreo (Figura 14).

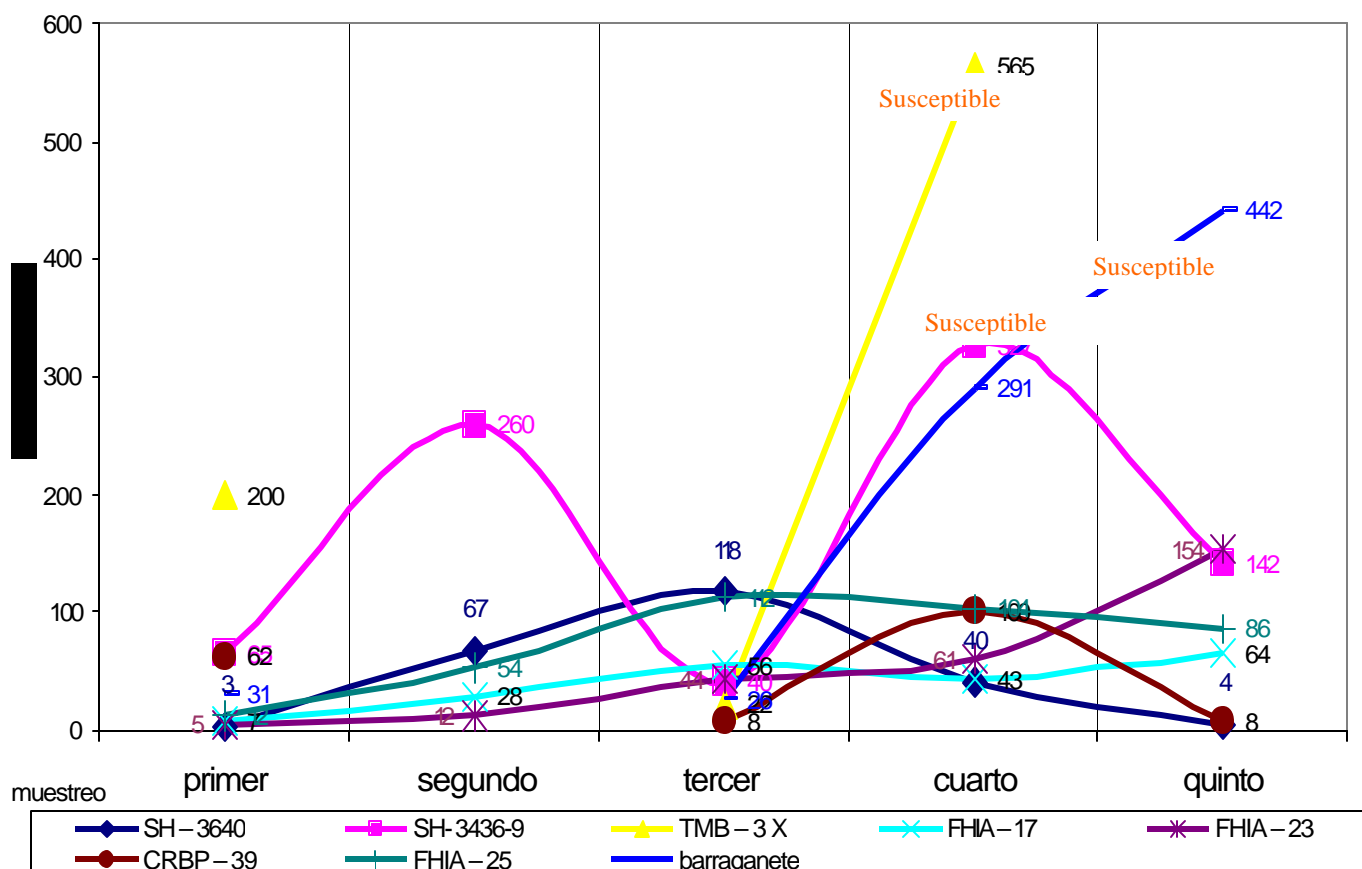


Figura 14. Dinámica poblacional de *M. incognita* en los cultivares en El Carmen, Manabí.

**Cuadro 10. Análisis físico del sistema radical de los cultivares en El Carmen, Manabí.**

Cultivares	Muestreo									
	Primer		Segundo		Tercer		Cuarto		Quinto	
	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.
SH - 3640	93.0	7.0	90.0	10.0	95.5	4.5	92.8	7.2	89.5	10.5
SH 3436-9			69.3	30.7	94.2	5.8	70.4	29.6	60.7	39.3
FHIA - 17	-		80.6	19.4	92.6	7.4	96.5	3.5	75.8	24.2
FHIA - 23	-		77.9	12.1	95.5	4.5	94.7	5.3	88.4	11.6
TM 3 x 151086	76.7	23.3			90.5	9.5	72.4	27.6	50.5	49.5
Williams	94.0	6.0	-		88.7	11.3	92.9	6.1	85.8	14.2
FHIA - 25	-		91.3	8.7	98.6	1.4	95.6	4.4	95.5	4.5
CRBP - 39	85.9	4.1	-		98.3	1.7	93.4	6.6	77.4	22.6
TMB x 52951	-		87.6	12.4	96.3	6.7	87.7	12.3	75.8	24.2

RF = % Raíz funcional; DR = Índice de daño radical

Las mayores densidades de nemátodos por 100 gr. de raíz fueron encontradas en SH 3436-9 donde la población de nemátodos tomo una forma cíclica, al tener densidades máximas y mínimas consecutivas y muy similares. Mientras que en Barraganete la tendencia se mantuvo ascendente en los tres últimos muestreos. De igual manera en TM 3 x 151086, en el cual se estableció una población máxima de 56,500 nemátodos/100 gr. de raíz, el incremento de las poblaciones, durante la época seca se debe presumiblemente a mayor susceptibilidad que ofrecen las plantas debido a condiciones de estrés, originadas por falta de agua. Esto también fue observado por Rivera *et al.* (2004), quienes muestreando esta zona en dos épocas del año distintas concluyen que las poblaciones de nemátodos fitoparásitos en plataneras se incrementaron en El Carmen por efecto de la época lluviosa.

En el Cuadro 10 se observa el análisis físico del sistema radical de los cultivares en muestreos periódicos bimensuales en los cuales se observo que existió diferentes grados de resistencia/susceptibilidad entre los cultivares evaluados. El cultivar TM 3 x 151086 mostró valores superiores al 20% de raíces no funcionales, hasta llegar al 50 % en el quinto muestro. En forma similar el cultivar SH 3436-9 mostró una tendencia ascendente desde un 30% en el primer análisis hasta llegar al 40% de daño radical. Todo esto sugiere una alta susceptibilidad de estos cultivares a *M incognita*. El FHIA - 25 mostró los menores porcentajes de raíz no funcional, con poblaciones inferiores a los 10000 nemátodos/100gr de raíz, lo cual indica resistencia de este cultivar a desarrollar poblaciones significativas de *M incognita*.



### 4.2.3. Pagua

Al igual que en los otros dos sitios de evaluación antes mencionados se encontraron diferencias en la dinámica poblacional de fitonemátodos en relación al tiempo y a los cultivares. El primer muestreo realizado a la floración reveló una densidad del nemátodo *M. incognita* (la cual fue la única especie encontrada) < 5000 nemátodos/100 gr. de raíz, la cual vario en el segundo muestreo en el híbrido FHIA - 17 y testigo Williams, quienes alcanzaron una relación de 120/1 con el muestreo anterior. Esto descendió fuertemente en FHIA - 17 hasta llegar a poblaciones inferiores a las muestreadas inicialmente (Figura 15).

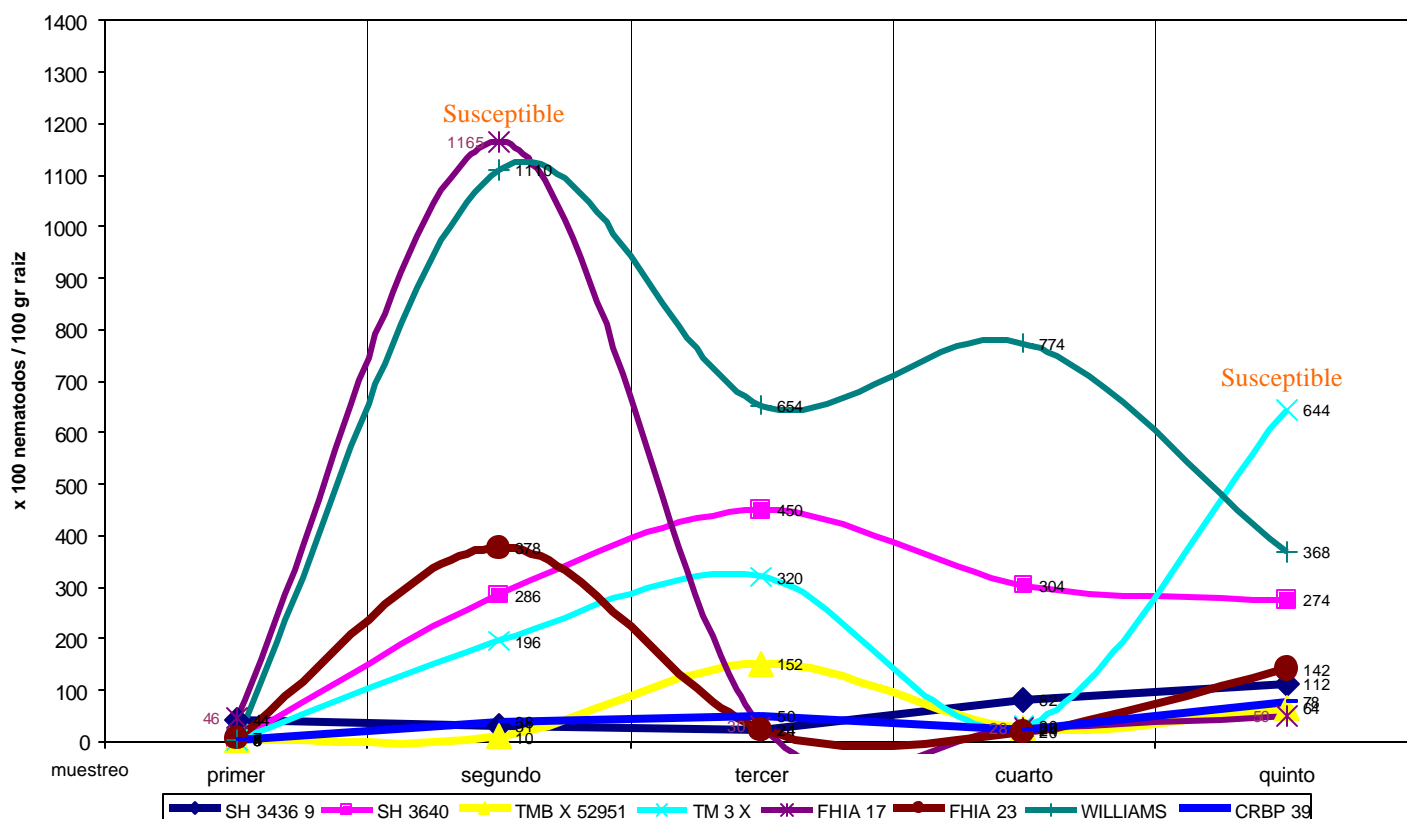


Figura 15. Dinámica poblacional de *M. incognita* en los cultivares en Pagua, El Oro.

En los cultivares FHIA - 23, SH 3436-9, TMB x 52951 y CRBP - 39 la densidad poblacional se comportó invariable en el tiempo, con poblaciones inferiores a 2000 nemátodos/100 gr. de raíz. Por otra parte los daños observados no fueron superiores al 5 % de la longitud radical examinada. El cultivar SH - 3640 mostró un leve ascenso del número de individuos después de 8 semanas de realizado el primer muestreo, luego de lo cual se mantuvo constante.

**Cuadro 11. Análisis físico del sistema radical de los cultivares en Pagua, Los Ríos.**

Cultivares	Muestreo									
	Primer		Segundo		Tercer		Cuarto		Quinto	
	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.	R.F.	N.F.
SH - 3640	90.0	10.0	90.7	9.3	89.9	10.1	80.9	19.1	71.9	28.1
SH 3436-9	98.2	1.8	90.8	9.2	92.7	7.3	95.3	4.7	91.9	8.1
FHIA - 17	78.0	12.0	69.5	30.5	97.1	2.9	99.9	0.1	90.8	9.2
FHIA - 23	92.6	7.4	85.3	14.7	92.6	7.4	95.1	4.9	92.8	7.2
TM 3 x 151086	83.0	17.0	86.0	14.0	88.2	7.8	98.0	2.0	61.4	38.4
Williams	85.5	4.5	87.7	12.3	78.3	21.7	77.6	22.6	55.9	44.1
CRBP - 39	94.4	5.6	90.5	9.5	93.0	7.0	94.2	5.8	90.0	10.0
TMB x 52951	85.2	14.8	89.6	10.4	98.2	1.8	92.9	6.1	91.5	8.5

RF = % Raíz funcional; DR = Índice de daño radical

Comportamiento semejante se observó en TM 3 x 151086 aunque en el cuarto muestreo la población se redujo, para luego incrementarse nuevamente en el último muestreo. Las poblaciones en Williams fueron significativamente distintas en densidad y en el tiempo, y comparativamente más altas en relación a los híbridos, en el segundo muestreo alcanzan un número de 116500 individuos, la cual se reduce a la mitad en el tercero y en quinto se contabiliza la cuarta parte. Con respecto al estado físico del sistema radical de los cultivares, los porcentajes de raíces funcionales se mantuvieron constantes y con valores cercanos al 90 %, esto es coherente a las bajas poblaciones de nemátodos encontradas a lo largo del período de investigación (10 meses). Esto contradice lo señalado por Davide (1985), el cual indica que la densidad poblacional de nemátodos varía en gran medida de la estación y otras condiciones ecológicas como la temperatura, humedad del suelo y la disponibilidad de raíces susceptibles que desempeñarían sus propios papeles dentro de la acumulación de las poblaciones. Lo cual como ve aprecia en el cuadro 11 no ocurre en el sentido de que los cultivares pueden reaccionar a la infestación de este patógeno y no permitir su desarrollo numérico.

Los porcentajes de raíces funcionales presentaron valores superiores al 85 % a lo largo del periodo de evaluación, sin embargo la susceptibilidad del cultivar Williams es más evidente al observarse un deterioro progresivo de su sistema radical conforme se realizaban los muestreos, los cultivares FHIA - 17 y TM 3 x 151086 tuvieron porcentajes sobre el 30 % en solo un muestreo.

### 4.3. Resistencia a la Sigatoka negra

#### 4.3.1. Pichilingue

En esta localidad (Cuadro 12) los cultivares llegaron con diferencias en el número de hojas totales a la floración y a la cosecha. Entre los bananos de postre, FHIA - 18 mostró el mayor número de hojas en ambos momentos (13 – 10), seguido por SH 3436-9. FHIA - 17 y FHIA – 23, quienes presentaron el mismo promedio de número de hojas (11 – 9). El cultivar Williams contabilizó el menor número con 7 hojas a la floración y 1 a la cosecha. Los bananos de cocción FHIA - 03 y FHIA - 25 mostraron el número de hojas más altos. Por lo tanto, si consideramos que el número de hojas totales y funcionales a la floración es un indicativo de la capacidad de la planta de llenar a satisfacción los frutos, los cultivares mejorados presentaron mejores condiciones que el Williams. Estos resultados coinciden con Molina *et al.* (2003), quienes al examinar la resistencia del FHIA - 17 comparado con Gross Michel encontraron mejor comportamiento en el primero.

La Hoja más joven manchada (HMJM) es un indicativo adicional de la reacción a Sigatoka negra; entre mayor es su valor, mayor es su resistencia a la enfermedad, y viceversa. En los bananos de postre el registro de HMJM vario entre la floración y cosecha, FHIA - 23 tuvo 10.6 a la floración, mientras que Williams 6.6, llegando a la cosecha con 3.8 y 1 respectivamente.

Los Índices de Infección a la cosecha indicaron valores de 35 en FHIA - 23 y 100 en el cultivar Williams. Valores intermedios fueron encontrados en los demás cultivares excepto en SH - 3640, con un índice de 60. Esto nos indica que los cultivares introducidos fueron tolerantes a la enfermedad, excepto SH - 3640, el cual fue catalogado como susceptible al igual que el cultivar local Williams.

Los dos bananos de cocción evaluados tuvieron un comportamiento muy similar desarrollando el mismo número de hojas, y tuvieron índices de infección semejantes. Sin embargo FHIA - 25 mostró mayores valores de HMJM (estadísticamente significativo) por lo que le podemos clasificar como resistente, comparado a FHIA - 03.

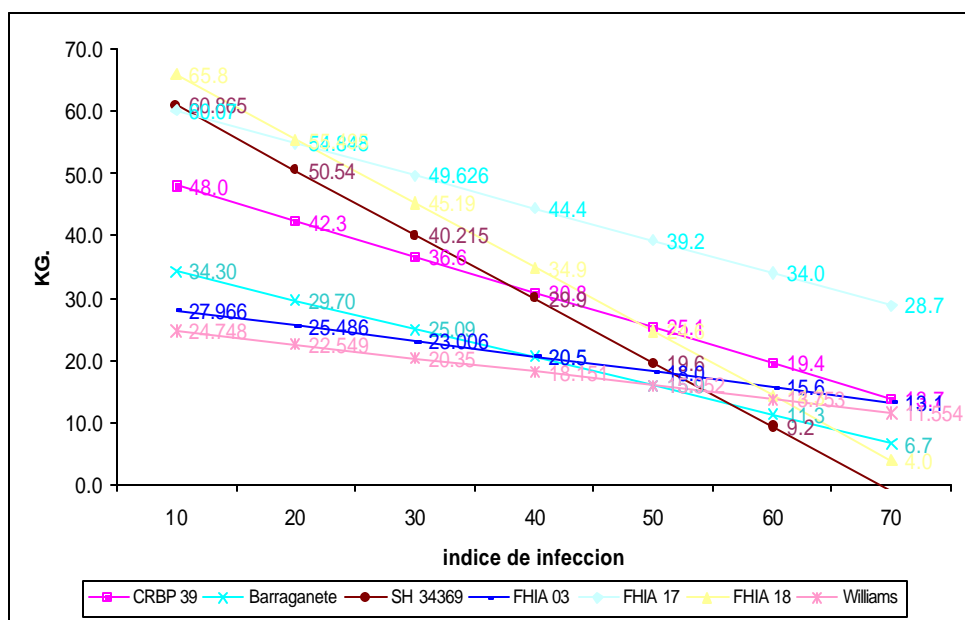
**Cuadro 12. Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en Pichilingue, Los Ríos.**

Cultivar	Floración							Cosecha						
	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM
<b>BANANOS DE POSTRE</b>														
FHIA 23	11.6 c	10.6 c	5.2 bc	9.6 b	23.3	63.8	36.2	8.6 dc	8.6 bc	3.80 a	8.60 a	35	67.4	32.6
FHIA 17	11.4 c	10.4 dc	5.6 ba	9.5 b	36.1	59.6	40.4	9 bdc	8.8 ba	2 d	7.20 bc	45.94	88.9	11.1
SH 34369	11.6 c	10.6 c	5.8 ba	9.4 b	35.8	58.6	41.4	10.4 a	9.8 a	3 cb	7.40 bc	42.8	80.8	19.2
FHIA 18	13.2 a	12.2 a	6.6 a	11.2 a	36.1	57.6	42.4	10.6 a	8 bc	2.80 cd	8.40 ba	36.12	83	17
SH 3640	10.6 c	9.2 d	6.4 ba	8 c	20.0	49.1	50.9	7.4 d	6.5 c	2 d	6.40 c	60.65	86.5	13.5
Williams	9 d	7.6 e	4.2 c	6.6 d	35.4	64.4	35.6	1 d	1 d	1 e	1 d	100	100	0
<b>BANANOS DE COCCION</b>														
FHIA 03	15 a	14 a	6.8 a	12.4 a	34.17	61.3	38.7	10.4 bac	10.4 a	3 cb	7.40 a	41.32	80.8	19.2
FHIA 25	14 ab	13.8 a	2.6 d	11.8	42.3	88.6	11.4	11 a	10 a	6 a	10 a	40.4	54.5	45.5
<b>PLATANOS</b>														
TMB X 52951	12.2 bc	10.9 b	5.6 b	9.6 b	45.8	62.3	37.7	6.4 b	6 a	2 a	5.6 b	39.5	84.4	15.6
CRBP 39	13.4 b	13 a	7.4 a	12 a	27	52.2	47.8	6.8 b	6 a	2 a	6 a	38.8	85.3	14.7
Barraganete	11 c	10.2 b	5.7 b	8.8 b	33.9	57.3	42.7	8.2 a	6.8 a	2.20 a	5.4 b	48.4	85.4	14.6

HT= Hojas totales; HF= Hojas funcionales; HMJM= Hoja más joven manchada; IDI = Índice de Infección; IHMJM = Índice Hoja más joven manchada; IAFNM = Índice de Área Foliar no manchada. Promedios seguidos de letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas según la prueba de Duncan's al 5% de probabilidad.

El Plátano CRBP - 39 tuvo mejor comportamiento hasta la etapa de floración, en comparación que TMB x 52951 y el referencial Barraganete, con 13 hojas funcionales y un índice de infección de 27 %, mientras que a la cosecha perdió la mitad de su superficie foliar y tuvo altos índices de infección y de la hoja más joven manchada. Cohan *et al.* (2003) encontraron el mismo número de hojas en ambas etapas en el cultivar CRBP - 39 pero con tasas de infección más bajas.

En los bananos, el desarrollo de los racimos depende del potencial fotosintético de las hojas. Las plantas de banano requieren más de 70% del follaje activo y un mínimo de 8 hojas funcionales para el desarrollo adecuado de las frutas (Orjeda 1998). Por lo que se examinó la relación entre el incremento de los índices de infección y el peso de la fruta en cada cultivar, observándose que en los bananos de postre SH 3436-9 y FHIA - 18, la pérdida de peso era más acentuada a medida que el índice de infección se incrementa (Figura 16). Sin embargo, estos resultados contradicen lo encontrado por Vargas y Guzmán (2004), los cuales examinaron SH 3436-9 con un Índice de Infección de 53 a la floración y 85 a la cosecha, pesaron racimos de 22 Kg., mientras que este experimento con índices de infección menores a 70 a la cosecha se pesaron racimos de 10 Kg. en esta localidad.



**Figura 16. Regresión entre los índices de infección y el peso de la fruta de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.**

#### 4.3.2. El Carmen

Las respuestas de los cultivares en la zona de El Carmen fueron muy similares en las etapas de floración y cosecha al respecto de la resistencia a *M. fijiensis*. En general los síntomas se desarrollaron de manera acelerada debido en parte a que la presión del inóculo de la enfermedad es un factor biótico permanente en la zona, a las lluvias frecuentes y a las temperaturas mínimas que se presentaron (alrededor de 25°C) y a la susceptibilidad de algunos cultivares.

Los bananos de postre presentaron diferencias estadísticas en el número de hojas funcionales al llegar a floración. A la cosecha los cultivares SH 3436-9, TMB 3 x 151086, SH - 3640 y Williams sufrieron un necrosamiento mayor al 70 % (Cuadro 13). SH 3436-9 se comportó adecuadamente hasta la floración con 10 hojas funcionales y 25 de IDI, sin embargo a la cosecha los síntomas de la enfermedad evolucionaron drásticamente, teniendo menos de 4 hojas funcionales y un IDI de 67. Los cultivares SH - 3640 y Williams llegaron al final del ciclo productivo con un índice de infección del 100%, denotando susceptibilidad a la enfermedad. Tomando en cuenta el número de hojas funcionales y el IDI, FHIA - 17 y FHIA - 23 fueron las más tolerantes en ambos momentos.



**Cuadro 13. Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en El Carmen, Manabí.**

Cultivar	FLORACION							COSECHA						
	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM
<b>BANANOS DE POSTRE</b>														
FHIA 17	11.8 a	11.6 a	3 b	10.2 a	29.76	83.3	16.7	9.50 a	9 a	1 a	7 ba	45.77	89.5	10.5
FHIA 23	12.2 a	10.8 ba	3 b	9 a	33.56	83.6	16.4	9 a	8 a	1 a	8 a	39.99	88.9	11.1
SH 34369	10.8 ba	10 bac	3.4 b	7.2 b	25	77.8	22.2	5 bc	3.70 b	1 a	3 bc	66.66	80	20
TMB 3 x	10.8 ba	10 bac	3.8 b	9 a	39.26	74.0	26.0	2 c	0.20 c	0.6 a	1 e	76.1	70	30
SH 3640	9.8 b	8.4 dc	3 b	7.2 b	39.75	79.6	20.4	2.80 c	0.60 c	1 a	2 b	96.64	95.8	4.2
Williams	9 b	7.8 d	3.6 b	7 b	41.6	71.2	28.8	2 c	0 c	1 a	2 b	100	100	0
<b>BANANOS DE COCCION</b>														
FHIA 03	10.4 ba	9.4 bdc	5 a	9 a	35.4	61.5	38.5	7.40 ba	5.20 b	1.8 a	5 d	73.8	89.2	10.8
FHIA 25	11 a	11 a	3 b	7.2 b	12.45	81.8	18.2	8 a	7.5 a	1 a	6 d	44.4	87.5	12.5
<b>PLATANOS</b>														
TMB X 5295 1	9.4 a	8.2 a	3.6 ba	8 ba	36.56	72.3	27.7	4.4 ba	2.80 a	1 a	2.2 b	99.44	77.3	22.7
Dominicc	9.4 a	8 a	3.2 b	7 b	49.6	76.5	23.4	3 b	0.20 b	1 a	2.8 a	97.76	67	33
CRBP 39	9.8 a	9.2 a	4 a	8.2 a	36.8	69.4	30.6	5.2 a	2.40 a	1.2 a	2.8 a	74.85	77	23
Barraganete	9.6 a	7.8 a	3 b	7 b	50.6	79.2	20.8	3.80 ba	2 a	1 a	2.4 ab	78.74	73.7	26.3

HT= Hojas totales; HF= Hojas funcionales; HMJM= Hoja más joven manchada; IDI = Índice de Infección; IHMJM = Índice Hoja más joven manchada; IAFNM = Índice de Área Foliar no manchada. Los valores en cada columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ( $p=0.05$ ) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Los bananos de cocción se diferenciaron entre sí al momento de la emergencia del racimo: FHIA - 03 mostró 9.4 hojas funcionales y 35 % de índice de infección, mientras que FHIA - 25 tenía 11 hojas funcionales y 12.5 % de Índice (Cuadro 12). De igual forma al momento de la cosecha, la enfermedad en FHIA - 25 no llegó a superar el 45 % pero en FHIA - 03 alcanzó un 74 % de índice de infección, lo cual demuestra menor resistencia de este cultivar (Cuadro 12).

El número de hojas funcionales, de hoja más joven manchada y más joven necrosada, fue similar en los cultivares Plátano a la floración, no obstante CRBP - 39 y TMB x 52951 expresaron un menor desarrollo de la enfermedad. A la cosecha todos los cultivares se vieron fuertemente afectados, presentando menos de 2 hojas funcionales e índices de infección sobre 70, lo cual indica que no se encontró una resistencia adecuada en estos cultivares plátano (Cuadro 13).

En general, los altos índices de infección encontrados en este experimento indican que la resistencia/tolerancia de los cultivares tienen un límite dependiendo de las condiciones ambientales y de la presión de inóculo presentes en la zona de cultivo.

### 4.3.3. Pagua

Las condiciones de baja precipitación y una baja presión de inoculo presentes en la zona del ensayo, así como la proximidad a zonas protegidas con fumigación aérea, pudieron incidir en el mayor período de evolución de la enfermedad alcanzado 23 días de pizca a necrosis con centro gris en plátano, lo que significó menor densidad de síntomas, esto corrobora lo descrito por Gauhl 1990; Martínez 1989; Ramírez 1988; Vásquez 1991. En la presente investigación se encontró que para los bananos de postre FHIA - 23 y FHIA - 17 con 11 hojas funcionales los índices de infección a la floración fueron = 30%, mientras que a la cosecha con 8 hojas el índice para FHIA - 23 se mantuvo en 30.3 y para FHIA - 17 fue de 37.7, lo cual demuestra la resistencia de los cultivares (Figura 17).

Los híbridos SH 3436-9 y SH - 3640 perdieron la mitad de su superficie foliar desde la floración a la cosecha en un período inferior a 100 días exponiendo 6 hojas funcionales al final del ciclo productivo, con índices de infección de 48.4 y 30.4 respectivamente. Sin embargo los cultivares más afectados fueron SH - 3640 y el referencial local Williams, que fue el comportamiento encontrado en Pichilingue y El Carmen (Cuadro 14).



**Figura 17. Severidad de la Sigatoka negra a la cosecha en los cultivares FHIA - 17 y TM 3 x 151086 en Pagua, El Oro**

En este experimento también se detectaron diferencias significativas en los valores de HMJM en la floración y cosecha indicando mejor comportamiento en FHIA - 17 y FHIA - 23, en ambos momentos. Mientras que SH - 3640, SH 3436-9 y TM 3 x 151086 presentaron valores intermedios. Todos los cultivares fueron resistentes a la enfermedad en comparación con el cultivar referencial Williams al llegar a la cosecha.

**Cuadro 14. Respuesta de los cultivares a la Sigatoka negra en Pagua, El Oro.**

Cultivar	Floración							Cosecha						
	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM	H.T.	H.F.	HMJM	HMJN	I.D.I.	IHMJM	IAFNM
<b>Bananos de Postre</b>														
FHIA 23	11.4 cb	11 cb	5.6 ba	9.8 b	30.3	59.7	40.3	7.2 bc	7.2 ba	2.4 b	7 a	30.04	80.6	19.4
FHIA 17	10.6 cd	10.3 cb	6 a	9.4 cb	21.9	52.8	47.2	9.10 a	8.4 a	3.4 a	6 b	37.72	73.6	26.4
SH 34369	12.4 a	11.4 a	5.6	10 b	37.12	62.9	37.1	6.6 c	5.8 b	1.8 cb	5.4 cb	48.4	87.9	12.1
SH 3640	10.8 cd	9.8 c	3.6 c	7.8 cd	40.16	75.9	24.1	6.6 c	6.1 b	3.6 a	6 b	30.4	60.6	39.4
TM 3 x	12.6 a	11.5 a	5.2 bac	10 b	38.8	66.7	33.3	4.70 d	4 c	1 c	2 d	40.6	78.7	21.2
Williams	9.2 d	7.8 d	4 bc	6.4 d	45.44	67.4	32.6	0 e	0 d	0 d	0 e	100	100	0
<b>Plátanos</b>														
FHIA 03	15.6 a	14.4 a	6.4 a	12.6 a	36.42	65.4	34.6	8 ba	7.6 a	3.6 a	7 a	30.8	67.5	32.5
TMB x 52951	9.6 c	8.6 c	5 b	8 b	38.06	58.3	42.7	5.9 b	5.4 c	1.8 b	5.5 b	37	86.4	13.5
Dominico	11 bc	10.2 b	5.8 b	9 b	19.58	56.4	43.6	6.3 b	5.8 bc	1 c	3.3 c	61.08	84.1	15.9
CRBP 39	13.2 a	13.2 a	7 a	12.2 a	20.7	54.5	45.5	7.6 a	7.4 a	3.6 a	6 a	38.4	65.8	34.2
Barraganete	12 ba	10.8 b	5 b	7 b	38.02	66.7	33.3	7.5 a	6.8 ba	2 b	6 a	48.1	73.3	26.7

HT= Hojas totales; HF= Hojas funcionales; HMJM= Hoja más joven manchada; IDI = Índice de Infección; IHMJM = Índice Hoja más joven manchada; IAFNM = Índice de Área Foliar no manchada. Promedios acompañados de letras diferentes denotan diferencias significativas según la prueba de Duncan's al 5% de probabilidad.

El banano de cocción FHIA - 03, en esta localidad, presentó 14.4 hojas funcionales a la floración y 7.6 a la cosecha, con índices de infección cercanos a 30, pero con valores de HMJM de 6.4 y 3.6 respectivamente, todo lo cual indica buena tolerancia a *M fijiensis*. Evaluado este cultivar Dzomeku *et al.* (2000) encontraron 13.7 hojas a la floración y 6 a la cosecha, lo que no es representativamente distinto.

Al momento de la floración de los cultivares Plátano, el número de hojas funcionales fue mayor en CRBP - 39 (13.2) en comparación con los referenciales locales Dominico, Barraganete (10) y TMB x 52951 (8). De igual forma, los índices de infección, hoja más joven manchada y área foliar no manchada mostraron a CRBP - 39 y TMB x 52951 en mejores condiciones fitosanitarias, tanto a la floración como a la cosecha en comparación con los cultivares locales Dominico y Barraganete.

La tendencia de comportamiento entre las localidades nos indican la alta susceptibilidad de los cultivares locales (Williams y Dominico) al igual que SH - 3640, TM 3 x 151086 y SH - 3436 - 9, este ultimo pareciera ser tolerante bajo situaciones de baja baja precipitación.

## 4.4. Evaluación agronómica

### 4.4.1. Pichilingue

#### a. Altura de plantas

En plantas adultas de *Musa* el porte bajo y pseudotallos gruesos, son caracteres altamente deseables dado que confieren mayor resistencia al volcamiento provocado por los vientos e influenciado por el peso de los racimos. Además costos adicionales en el manejo de plantaciones comerciales como el suncheo y apuntalamiento toman necesaria la utilización de variedades con estas características. Las excelentes características edáficas (textura, profundidad y nivel nutricional) y distribución de precipitación favoreció el crecimiento homogéneo de los cultivares. En general, todos los híbridos en este experimento superaron los 3.0 m de altura, determinándose poca diferencia entre ellos, y significativamente diferentes el Williams (2.50m), lo cual los categoriza como genotipos de porte alto. El genotipo de mayor altura de plantas fue FHIA - 17 (3.63 m) y el más bajo fue el FHIA - 18, aunque estadísticamente no es diferente a SH - 3640 y SH - 3436 -9. Entre los cultivares Plátano, la media de TMB x 52951 (3.83 m) fue levemente superior a CRBP - 39 y al cultivar referencial Barraganete. El Cuadro 15 resume el comportamiento agronómico de los cultivares en Pichilingue.

**Cuadro 15. Variables agronómicas de los cultivares en Pichilingue, Los Ríos.**

cultivar	Altura (m)	Diámetro (m)	Días a Floración	Días de Floración a Cosecha	Peso del Racimo (Kg.)	Número manos	Número dedos	Longitud Dedos (Pulg.)	Diámetro Dedo (grado)
<b>BANANOS DE POSTRE</b>									
FHIA - 23	3.43 ba	0.86 a	269 b	146 a	41.90 a	15.20 a	213.40 cb	6.80 b	45.20 a
FHIA - 17	3.63 a	0.80 a	262 b	93.20 b	41.30 a	13 b	231 b	8.30 a	43.20 b
SH 3436-9	3.20 bc	0.71 b	259.20 b	73.20 b	29.26 bc	9.20 dc	140.80 d	7.80 a	42 b
FHIA - 18	3.03 c	0.65 cb	238.60 c	93.20 b	37.40 ba	10.80 c	188.60 c	8.10 a	43 b
SH - 3640	3.18 c	0.62 c	167.40 d	101.60 b	29.60 bc	9.20 dc	140.20 d	7.80 a	42.80 b
Williams	2.51 d	0.54 d	168.20 d	102.20 b	23.42 c	6.60 e	104.66 d	7.88 a	42.40 b
<b>BANANOS DE COCCION</b>									
FHIA - 03	3.09 c	0.63 c	235.60 c	100.80 b	20.20 c	8.40 d	134 d	5.90 b	42.80 b
FHIA - 25	3.28 c	0.69 c	391.40 a	75 b	39.50 a	16 a	293 a	6.50 b	41 b
<b>PLATANOS</b>									
TMB X 5295 1	3.83 a	0.68 a	186 c	98.20 b	27.24 a	8.40 a	116.8 b	8.30 b	43 b
CRBP - 39	3.48 b	0.60 ba	204.60 b	199.80 a	31.76 a	8.00 a	131.4 a	7.30 b	44 b
Barraganete	3.53 b	0.59 b	244.80 a	91.60 b	16.60 b	7.00 b	38.2 c	10.10 a	50 a

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

Al parecer la longitud del pseudotallo y su diámetro están en relación directa en primer término con el tipo de cultivar y luego con el vigor de la planta resultado de su estado de crecimiento.

#### **b. Ciclo vegetativo**

En los bananos de postre, el período de siembra a floración más corto fue registrado en el cultivar referencial Williams (168 días) y el híbrido SH - 3640 (167 días) seguidos en orden ascendente por SH 3436-9 (259 días), FHIA - 17 (262 días) y FHIA - 23 (269 días); en los últimos tres cultivares no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 15). De la emergencia de la bellota a la cosecha del racimo no se encontraron diferencias significativas entre híbridos y el cultivar local, con la excepción del FHIA - 23. Guzmán (1997) encontró períodos mayores de tiempo de los híbridos SH 3436-9 (281 días) y FHIA - 23 (319.8 días) en Guápiles, Costa Rica.

Los bananos de cocción difieren ampliamente entre ellos en el periodo de la siembra a la floración. FHIA - 03 tuvo un promedio de 235 días y FHIA - 25 floreció a los 391 días. Al llenado del racimo y la cosecha ambos cultivares no difieren estadísticamente entre sí.

Se determinó variabilidad entre los cultivares Plátano para el ciclo vegetativo. El cultivar local Barraganete alcanzó la floración en 245 días, mientras que los híbridos TMB x 5295 1 (186 días) y CRBP - 39 (205 días) fueron más precoces. A la cosecha por lo contrario, CRBP - 39 tomo 200 días, el doble que los otros dos cultivares. Resultados contrarios fueron encontrados por Deras *et al* (2003), quienes registraron que trascurrieron 72 días de la floración a cosecha del cultivar CRBP - 39 en Yoro, Honduras.

Según Cottin *et al.* (1987), “la duración de los ciclos vegetativos en banano depende del clima, principalmente la temperatura, que en el trópico esta fuertemente asociada con la altitud que produce variaciones cíclicas importantes, comprendidas entre 7 y 22 meses”. En esta localidad los híbridos fueron más tardíos que el Williams, lo cual constituye una desventaja; no obstante el llenado del racimo ocurrió en el mismo tiempo, probablemente a diferencias en la longevidad foliar y la incidencia de la Sigatoka negra.

### **c. Peso del racimo**

Los mayores pesos totales del racimo se obtuvieron en los híbridos, superando significativamente al cultivar local (Cuadro 15) debido posiblemente a su condición de tolerancia a la Sigatoka negra, particularmente FHIA - 23 y FHIA - 17. Los pesos de los racimos de los híbridos SH 3436-9 (29.3 Kg.) y SH - 3640 (29.6 Kg.), fueron similares, pero inferiores a FHIA - 18 (37.4 Kg.).

Entre los bananos de cocción, FHIA - 25, registró un peso mayor promedio de racimo de 39.5 Kg., en comparación a FHIA - 03 con pesos de 20.2 g., es decir el doble de peso.

En general, los pesos de racimos de los híbridos bananos de postre y cocción estuvieron acorde a los reportes de los centros de mejoramiento de los que provienen, excepto FHIA - 03 que fue inferior en un 33.3 %.

En los cultivares Plátano, el peso de los frutos del cultivar de referencia Barraganete fue inferior al de los híbridos TMB x 5295 1 (27.2 Kg.) y CRBP - 39 (31.8 Kg.) con 10.6 Kg. y 15.2 Kg. respectivamente. En CARBAP – Njombe, Cohan *et al.* (2003), al evaluar el comportamiento del híbrido CRBP - 39 en parcelas experimentales, encontró peso de racimo de 22.4 Kg., mientras que Dens *et al.* (2002), en la región de León – Chinandega, Nicaragua, señala que para TMB x 5295 1 tasó racimos de 16.8 Kg., esto demuestra las excelentes condiciones edafoclimáticas de Pichilingue.

Se confirmó la existencia de la correlación lineal entre el peso del racimo y la circunferencia del pseudotallo, medida a un metro del suelo y al tiempo de floración. Esta correlación para el diámetro de los híbridos fue FHIA - 23 (+ 0.94), FHIA - 17 (+0.98), SH 3436-9 (+0.85), FHIA - 18 (+0.90), SH - 3640 (+0.83), Williams (+0.91), FHIA - 03 (+0.91), y en menor proporción a los cultivares Plátano TMB x 52951 (+0.88), CRBP - 39 (+0.81), Barraganete (+0.76).

#### **d. Número de manos y dedos por racimo**

La codificación del número de manos por racimo mostró un comportamiento acorde al tipo de material en el primer ciclo de producción. Se encontraron diferencias significativas con respecto al número de manos, entre los tratamientos bananos de postre. El FHIA - 23 desarrolló racimos de 15 manos y 213 dedos, seguidos por FHIA - 17 con 13 manos y 231 dedos. Para los híbridos SH 3436-9, FHIA - 18 y SH - 3640 no se registró mayor variabilidad en el número de manos (~ 10 manos). El cultivar referencial Williams registró pequeños racimos de 7 manos y 105 dedos, posiblemente por no contar con protección química contra la Sigatoka negra. Resultados similares encontraron Vargas y Guzmán (2004) en Limón - Costa Rica, con el cultivar SH 3436-9 con 10 manos por racimo, pero significativamente distinto con FHIA - 23 con 11 manos por racimo.

Los cultivares FHIA - 03 y FHIA - 25 mostraron caracteres heterogéneos en el número de manos y dedos debido a la diferencia de tipo de genoma: FHIA - 03 es un banano de cocción enano tipo “Bluggoe” y desarrolló 8 manos y 134 dedos, mientras que FHIA - 25 promedio racimos de 16 manos y 293 dedos. En Guarumas, Honduras, Deras *et al.* (2003), reporta resultados semejantes con FHIA - 03 (9 manos y 165 dedos) y FHIA - 25 (13 manos y 251 dedos) en el primer ciclo de producción.

De forma similar, los cultivares Plátanos tienen genotipos distintos, lo que los difieren en la estructura y forma del racimo, TMB x 52951 (ABBB) de tipo “Dominico” con 8 manos y 117 dedos no se diferencio mayormente con CRBP - 39 (AAAB) de tipo “Francés” con 8 manos y 131 dedos, mientras que el referencial Barraganete (AAB) desplegó en 7 manos 38 dedos. Tazán (2003), señala que el cultivar Barraganete muestra las características descritas en esta investigación para la producción en esta zona.

El número de dedos varía de acuerdo con la posición de las manos en el raquis, las primeras manos tienen mayor número de dedos que las que le preceden, cuyo número entre sí es muy semejante.

#### **e. Longitud y diámetro del dedo central de la segunda mano**

No se encontraron diferencias significativas en relación a la variable longitud del dedo de la segunda mano entre los cultivares bananos de postre, la longitud media fue 7.80 – 8.10 pulgadas, a excepción de FHIA - 23, en que los dedos medidos fueron más cortos con 6.80 pulgadas. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Tenkouano (1999), que evaluando FHIA - 23 y SH 3436-9 en Abuja – Nigeria, registró dedos de 5.70 y 6.69 pulgadas respectivamente.

En los bananos de cocción no hubo mayor diferenciación entre ellos, FHIA - 03 obtuvo una longitud del dedo de 5.9 pulgadas, apenas inferior a FHIA - 25 con 0.60 pulgadas. En los Plátanos, y de acuerdo al tipo de cultivar, Barraganete alcanzó dedos de 10.1 pulgadas, mientras que TMB x 52951 y CRBP - 39 consiguieron dedos de 8.3 y 7.3 pulgadas respectivamente.

El diámetro de los dedos en el momento de la cosecha no presentó variabilidad entre cultivares, excepto FHIA - 23 en los bananos de postre, en que se midió un grado de 46.2. Los bananos de cocción no difirieron significativamente (Grado 41 – 42). Barraganete se diferencia entre los Plátanos por ser de graduación diferente en la comparación por genotipos.

Analizando el grado con respecto al tamaño de la fruta, se observa que las frutas de mayor tamaño tienen grado más alto que las pequeñas a la misma edad, por tanto es recomendable que la calibración del grado se haga en la última mano con el grado mínimo aceptado en el mercado en vez del grado que corresponda en la segunda mano superior.

#### **4.4.2. El Carmen**

##### **a. Altura de plantas**

Se encontraron diferencias significativas para la altura de planta, el cultivar referencial Williams midió 2.19 m., seguidos en forma ascendente por SH 3436-9 (2.49 m.), SH - 3640 (2.59 m.), FHIA - 23 (2.92 m) se mostró por debajo de su altura reportada, TMB 3 x 151086 (3.04 m), siendo FHIA - 17 el cultivar de mayor tamaño (3.24 m) (Cuadro 16). SH - 3640 mantuvo una tasa de crecimiento de 1.04 cm. / día, superior a los demás cultivares.



Los genotipos Plátano respondieron en crecimiento similarmente, las plantas del cultivar local Barraganete tuvieron una altura media de 2.75 m, mientras que el híbrido CRBP - 39 y Dominico midieron 3.10 m. Siendo TMB x 52951 el cultivar de mayor tamaño (3.40 m).

En general, los cultivares respondieron adecuadamente en su crecimiento a la mala distribución de lluvias y las condiciones fisiográficas del terreno. Se estableció un coeficiente de correlación entre la altura y el diámetro del pseudotallo en los cultivares bananos de postre de 0.80 y en los Plátanos de 0.88. Estas correlaciones fueron similares a las reportadas por Swennen y De Langhe (1985) para “Agbagba” un plátano mediano tipo Horn.

#### **b. Ciclo vegetativo**

A la altura de 500 m.s.n.m. en la que se encuentra situada la parcela experimental y un registro de de 587.4 horas / año se encontraron diferencias significativas entre los cultivares bananos de postre, el cultivar referencial Williams llegó a la floración en 262 días, cuando en terrenos de poca altitud este ciclo dura 160 – 180 días para este cultivar.

Como se muestra en el cuadro 16, los híbridos registraron períodos retardados en relación al referencial, SH - 3640 y TM 3 x 151086 no difirieron entre si con un ciclo entre 280 – 300 días, los tardíos fueron SH 3436-9 (346 días), FHIA - 23 (370 días) y FHIA - 17 (389 días). Esto se confirma con lo encontrado por González *et al.* (2003), que en Santagueda – Colombia, a una altura de 1050 msnm registró un período de días de la siembra a la floración de FHIA - 17 en 313 días, FHIA - 18 en 317 días, FHIA - 23 en 382 días y FHIA - 03 en 304 días. Los Plátanos no presentaron significancia estadística para clasificarlos, excepto CRBP - 39 con un promedio de 300 días.

**Cuadro 16. Variables agronómicas de los cultivares en El Carmen, Manabí.**

cultivar	Altura (m)	Diámetro (m)	Días a Floración	Días de Floración a Cosecha	Peso de Fruta (Kg.)	Número manos	Número dedos	Longitud	Diámetro
								Dedos (pulg.)	Dedo (grado)
<b>BANANOS DE POSTRE</b>									
FHIA 17	3.24 a	0.75 a	389 a	72 c	23.45 ba	10 ba	155 t	7.50 a	41 b
FHIA 23	2.92 ba	0.76 a	370 ba	77 bc	25.50 a	12.50 a	211 a	6.50 ba	40 b
SH 34369	2.49 dc	0.66 b	345.80 b	83.50 bac	23.05 ba	8 b	156 b	6.87 ba	40.5
TM 3 x 151085	3.04 ba	0.66 b	301.20 c	93.40 a	14.72 bc	8.20 b	157.40 b	4.40 c	39.20 b
FHIA 03	2.82 bc	0.63 cb	301.20 c	96.40 a	19.84 bac	7.60 b	112 c	5.90 bac	47.20 a
SH 3640	2.59 c	0.58 cd	284.80 c	89.40 ba	12.72 c	8.20 b	95 c	5.70 bc	41 b
Williams	2.19 d	0.54 d	262 c	78.40 bc	16.24 bac	8.20 b	123.40 cb	5.86 bac	40 b
<b>PLATANOS</b>									
TMB X 5295 1	3.39 a	0.59 a	248 b	87.40 ba	14.52 a	7.60 a	80 a	8.60 ba	45.60 b
Dominico	3.16 ab	0.54 ba	258.80 b	80.80 b	12.74 a	6.60 a	82.20 a	7.78 b	45.60 cb
CRBP 39	3.10 ba	0.55 ba	299.60 a	92 a	15.67 a	6.80 a	94.80 a	6.30 c	42.40 c
Barraganete	2.75 b	0.53 b	252.80 b	70 c	8.52 b	6.20 a	31.20 b	9.50 a	54.40 a

Los valores en cada columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ( $p=0.05$ ) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Lo encontrado respecto al ciclo vegetativo de los bananos en esta localidad concuerda con Tai (1977) que postula que variaciones hacia arriba en altitud, prolongan el ciclo biológico; así en Islas Canarias, por cada 100 metros de altitud se prolonga el ciclo vegetativo en 45 días, y en Jamaica por cada 70 metros de altitud las plantas alargan su vida 76 días.

Con relación al período de tiempo entre la floración y la cosecha del racimo se describen diferencias entre las variedades bananos de postre con una variación de  $84.3 \pm 12.1$  días. En los cultivares Plátanos, el híbrido CRBP - 39 tardó 92 días, mientras que los demás cultivares fueron más precoces en esta etapa.

### c. Peso del racimo

El peso de la fruta fue registrado sobre la base de 10 racimos cosechados por cultivar, encontrando diferencias entre genotipos (Cuadro 16), en los bananos de postre SH - 3640 presentó racimos de 12.7 Kg. seguido por TM 3 x 151086 con 14.7 Kg., ambos inferiores al cultivar local Williams con 16.2 Kg.. Los híbridos SH 3436-9 (23 Kg.), FHIA - 17 (23.5 Kg.) y FHIA - 23 (25.5 Kg.) fueron significativamente más pesados.

En los cultivares Plátanos no hubo diferencias estadísticas entre ellos con respecto al peso del racimo, Dominico presentó el menor peso con racimos de 12.7 Kg., y en forma ascendente TMB x 52951 (14.5 Kg.) y CRBP - 39 (15.7 Kg.). Barraganete desarrolló racimos con 8.5 Kg.

#### **d. Número de manos y dedos por racimo**

En la composición física del racimo se registró poca variación entre los cultivares bananos de postre, siendo FHIA - 23, el de mayor número con un total de 12.50 manos y 211 dedos, seguido por FHIA - 17 (10 manos y 156 dedos), no encontrando diferencia estadística para los cultivares SH 3436-9 (8 manos y 156 dedos), TM 3 x 151086 (8 manos y 157 dedos) y Williams (8 manos y 124 dedos).

De igual forma, los híbridos Plátanos CRBP - 39, TMB x 52951 y Dominico compartieron la misma distribución en sus racimos al tener un promedio de 7 manos y  $87 \pm 7$  dedos. Esto concuerda con lo publicado por Cohan *et al.* (2003) que describe a CRBP - 39 con 7.56 manos y 106 dedos. El cultivar local Barraganete se manifestó de acuerdo a su genotipo con racimos de 6 manos y 31 dedos.

#### **e. Longitud y diámetro del dedo central de la segunda mano**

Los factores adversos que influyen directamente sobre el tamaño y diámetro de los dedos son la sequía, la defoliación y las bajas temperaturas (Rodríguez y Guerrero 2002). En esta localidad las condiciones de baja pluviosidad (< 500 mm/año), sin dotación de riego suplementario y la alta incidencia de Sigatoka en esta etapa, se reflejan sobre la calidad de los frutos en varios cultivares bananos de postre, en donde se denotan diferencias significativas entre tratamientos, TM 3 x 151086 desarrollo dedos de 4.40 pulgadas (58 % de la longitud característica), y 39.20 de grado, fueron semejantes SH 3640 con Williams (5.80 pulgadas y grado 40), y SH 3436-9 con FHIA - 23 ( $\sim$  6.70 pulgadas y grado 40.5), siendo FHIA - 17 el de mejor calidad con dedos de 7.50 pulgadas de longitud y grado 41. Se presentó variabilidad en los Plátanos, Barraganete mostró su forma típica con dedos de 9.50 pulgadas y grado 54, mientras que los cultivares tipo Horn se mostraron distintos entre sí, CRBP - 39 fue el menor (6.30 pulgadas y grado 42.40), seguido de el cultivar local Dominico con dedos de 7.78 pulgadas mientras que TMB x 52951 midió 8.60, ambos cultivares con un grado de 45.56.

### 4.4.3. Pagua

#### a. Altura de plantas

Las apropiadas condiciones agroecológicas del sitio donde se encuentra instalada la parcela y la aplicación de riego han contribuido al crecimiento de los cultivares, que en consideración a esta variable se encontró diferencias significativas con una  $P = 5\%$ . La altura de los híbridos FHIA - 17, FHIA - 23, SH 3436-9 y TM 3 x 151086 fue homogénea y alcanzaron entre 3.15 – 3.35 m., mientras que SH - 3640 (2.58 m) y el cultivar local Williams (2.23m) fueron notablemente más bajos (Cuadro 17). Resultados semejantes fueron encontrados por Vargas y Guzmán (2004) en Costa Rica para la altura de los híbridos FHIA - 23 ( $3.3 \pm 0.1$  m) y SH 3436-9 ( $2.9 \pm 0.1$  m). En los cultivares Plátano, CRBP - 39 alcanzó una longitud del pseudotallo de 3.45 m., seguido de TMB x 52951, FHIA - 03 y Dominico con altura  $\sim 3.29$  m.

Como se observa en la figura 18, la relación del crecimiento en longitud y el aumento del diámetro del pseudotallo de los híbridos registró similitud entre la mayoría de los cultivares excepto en los bananos de postre SH - 3640 y Williams, en los cuales el pseudotallo tuvo una mayor crecimiento en longitud que aumento del diámetro, de igual forma se aprecia en los Plátanos CRBP - 39 y TMB x 52951.

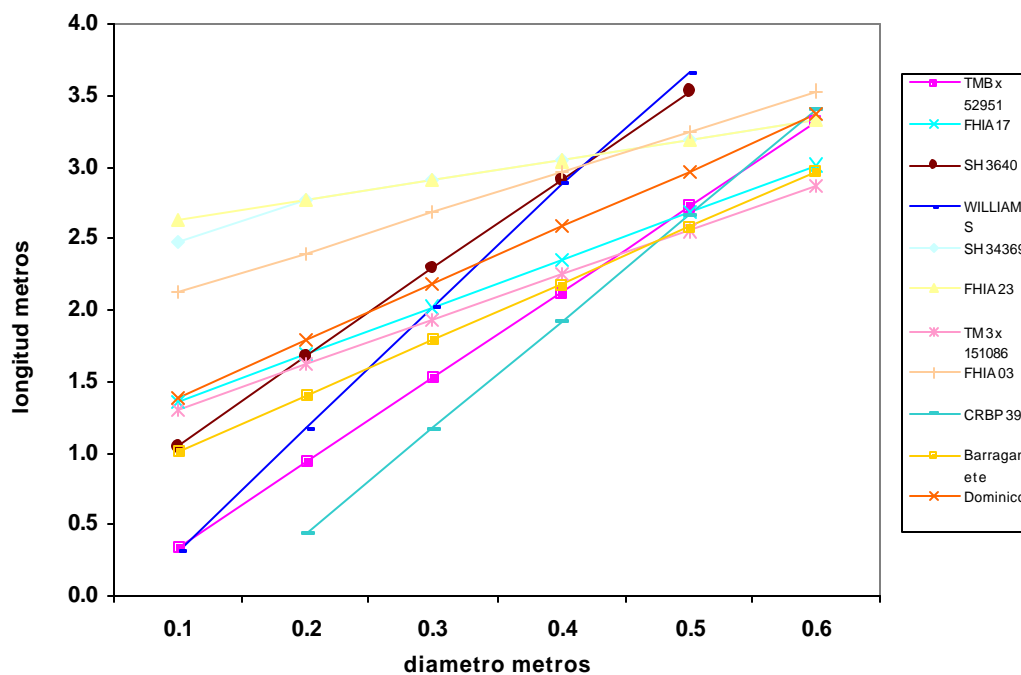


Figura 18. Correlación entre el diámetro y la longitud del pseudotallo de los cultivares mejorados en Pagua, El Oro.

## **b. Ciclo vegetativo**

Para el período de siembra a floración se encontraron diferencias significativas entre los cultivares (Cuadro 17); SH - 3640 fue el cultivar más precoz con 188 días, seguido del cultivar testigo Williams (209 días), TM 3 x 151086 (233 días), SH 3436-9 (266 días), FHIA - 23 y FHIA - 17 cumplieron esta etapa simultáneamente en 285 y 297 días. Desde la floración, crecimiento, llenado y cosecha del racimo los cultivares Williams, SH 3436-9 y FHIA - 17 se tomaron un promedio de 85 días, mientras que SH - 3640 y FHIA - 23 un total de 100 y 107 días.

En términos generales Williams y SH - 3640 tuvieron el mismo ciclo vegetativo para las condiciones de esta zona al cumplir su período productivo en 288 días, es decir entre 70 y 100 días antes en comparación con los demás cultivares. Esta condición es una desventaja para los híbridos desde el punto de vista de utilización comercial.

El híbrido banano de cocción FHIA - 03 llegó a la floración en 247 días y transcurrieron 184 días más para la cosecha del racimo, esto difiere frente a lo encontrado por Krauss *et al.* (2001) que para FHIA - 03 en Perú, contabilizó 279 días a la floración y 132 más para la cosecha.

Los cultivares referenciales Plátano, Dominico y Barraganete fueron más precoces que los híbridos CRBP - 39 y FHIA - 03; TMB x 52951 tuvo un comportamiento muy similar en relación de la duración de las etapas de desarrollo fenológico, al llegar a la floración por igual que los cultivares referenciales y la cosecha con los híbridos.

## **c. Peso del racimo**

El peso de los racimos de los cultivares en esta localidad tuvo variación entre ellos, los menores pesos se registraron en los cultivares Williams (18.3 Kg.) y SH - 3640 (17.9 Kg.) y TM 3 x 151086 (21.4 Kg.), seguidos por SH 3436-9 (29.9 Kg.). Contrariamente los mayores pesos fueron de los híbridos FHIA - 17 (37.6 Kg.) y FHIA - 23 (38.2 Kg.). Estos resultados coinciden con los encontrados por Paelata y Peterson (2001), en Tonga – África, quienes evaluaron los cultivares Williams, SH 3436-9 y FHIA - 23 teniendo pesos de racimos de 22.80 Kg., 28.8 Kg. y 36.5 Kg. respectivamente (Cuadro 17).

En los Plátanos, el cultivar referencial Dominico obtuvo un promedio de peso de racimos de 26.7 Kg., y en orden descendente TMB x 52951 con 22.3 Kg. y CRBP - 39 con 18.1 Kg.

#### d. Número de manos y dedos por racimo

El número de manos y dedos fueron consistentes con el peso del racimo y las cualidades propias del genotipo, los cultivares SH - 3640, TM 3 x 151086 y Williams tuvieron el menor promedio de número de manos por racimo, con una ligera variación ( $6.20 \pm 0.40$ ) entre sí. SH 3436-9 desarrolló racimos con 7 manos y 156 dedos mientras que los híbridos FHIA - 17 y FHIA - 23 tuvieron entre 10 – 11 manos con 173 y 201 dedos respectivamente (Cuadro 17).

En los cultivares Plátanos la variación entre los cultivares respecto a esta variable no estableció diferencias importantes, los cultivares referenciales Barraganete y Dominico desarrollaron 5 manos con 26 dedos y 7 manos con 119 dedos respectivamente, mientras que los híbridos CRBP - 39 y TMB x 52951 estuvieron en ese rango pero se diferenciaron en el número de dedos. En los bananos de postre FHIA - 23 contabilizó la cantidad de 201 dedos, seguido por FHIA - 17 (173), SH 3436-9 (156), TMB 3 x 151086 (131), los cuales fueron superiores al cultivar referencial Williams (114) y SH - 3640 (95).

**Cuadro 17. Variables agronómicas de los cultivares en Pagua, El Oro.**

cultivar	Altura (m)	Diámetro (m)	Días a Floración	Días de Floración Cosecha	Peso de Fruta (Kg.)	Número manos	Número dedos	Longitud Dedos (Pulg.)	Diámetro Dedo (grado)
<b>Bananos de Postre</b>									
FHIA - 17	3.18 a	0.71 ba	297.40 a	88.80 c	37.65 a	10.60 a	172.80 b	7.90 a	42.20 b
FHIA - 23	3.15 a	0.75 a	285.60 a	107 ba	38.20 a	11.60 a	201.20 a	7.30 ba	41.60 cb
SH 3436-9	3.18 a	0.72 ba	266.20 ba	86 c	29.95 b	7.20 b	156.20 b	7.50 ba	42.20 b
TM 3 x	3.35 a	0.71 ba	233 bc	116 a	21.38 c	6.20 cb	131.20 c	7.10 b	41.80 b
SH - 3640	2.58 b	0.55 c	188.40 d	100.20 b	17.94 c	5.80 c	95 d	7.50 ba	42 b
Williams	2.23 c	0.47 c	209.40 dc	78 c	18.29 c	6.60 cb	114.40 dc	7.60 ba	40.40 c
<b>Plátanos</b>									
FHIA - 03	3.19 b	0.64 a	247 a	100.40 ba	19.55 c	5.80 b	98.20 bc	7 c	45.40 a
TMB x 52951	3.29 ba	0.58 ba	184.4 b	114.40 a	22.27 b	6 b	83.40 c	9.10 a	42.60 b
CRBP - 39	3.45 a	0.55 ba	247.20 a	110.60 a	18.10 c	7.40 a	102 b	7 c	41.80 b
Dominico	3.12 b	0.54 ba	190.60 b	89.80 b	26.70 a	7 a	119 a	7.80 b	42.20 b
Barraganete	2.85 c	0.48 b	187.40 b	100.2 ba	9.14 d	5.40 b	26.40 d	9.70 a	44.60 a

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

#### **e. Longitud y diámetro del dedo central de la segunda mano**

En las variables de calidad de los frutos, longitud y diámetro del dedo, no se presentaron mayores diferencias, en todas las variedades de bananos de postre la longitud fue entre 7.10 a 7.60 pulgadas, excepto en FHIA - 17 que estuvo muy próxima a 8 pulgadas. En los Plátanos, la longitud estuvo definida por el genotipo. En el caso de Dominico y CRBP - 39, la longitud del dedo fue similar (7 – 7.80 pulg.) aunque TMB x 52951 se presentó con 9.10 pulgadas siendo del mismo tipo. Barraganete mostró dedos de 9.70 pulgadas de longitud.

La importancia del diámetro del dedo (grado) resulta por cuanto la mayoría de los mercados de comercialización no aceptan fruta con grados inferiores a 40 para los bananos de consumo en fresco.

En el caso de los bananos de postre examinados en esta localidad el grado fue superior a 40, los de mayor grado fueron FHIA - 17 (42.20) y SH - 3640 (42). En los Plátanos, los híbridos TMB x 52951 y CRBP - 39 tuvieron el mismo grado que el cultivar referencial Dominico (~ 42) mientras que Barraganete tuvo 44.60.

## 4.5. Evaluación Poscosecha

### 4.5.1. Días a la maduración desde la cosecha

Se determino diferencias significativas en el tiempo de maduración entre los híbridos y en comparación con el testigo Williams (Cuadro 18), tanto en condiciones naturales ( $27 \pm 2^\circ \text{C}$ ), como en condiciones controladas ( $13 \pm 1^\circ \text{C}$ ). El cultivar referencial Williams alcanzo la maduración en 10 días, seguido por los híbridos FHIA - 17 (13 días), FHIA - 23 (14 días) y SH 3436-9 (16 días), mientras que SH - 3640 (18 días) y TM 3 x 151086 (22 días) tuvieron una vida verde más prolongada, posiblemente como cualidad conferida por el genomio Balbisiana .

En condiciones de baja temperatura esta característica fue similar que en condiciones naturales: Williams denoto cambios de coloración a los 27 días, al igual que FHIA - 17 y FHIA - 23. TM 3 x 151086 soportó 55 días sin maduración.

Los bananos de cocción se comportaron semejantes al madurar en 12 días, pero en refrigeración FHIA - 03 se mantuvo verde por 42 días, es decir un 81% más que FHIA - 25. El Plátano CRBP - 39 conservo su condición verde por 21 días en ambiente normal, y 42 días en la cámara fría.

**Cuadro 18. Días a la maduración en condiciones naturales y controladas.**

Variedad	Tipo	Edad del racimo (días)	Grado de Corte	Condiciones naturales # de días	Cámara Fría # de días.
FHIA - 17	Postre	89	43	13 c	28 d
FHIA - 23	Postre	109	42	14 c	27 d
SH - 3640	Postre	100	42	18 b	30 c
SH 3436-9	Postre	120	41	16 cb	32 c
TM 3 x 151086	Postre	98	42	22 a	55 a
Williams	Postre	85	40	10 d	27 d
FHIA - 03	Cocción	103	41	10 d	42 b
FHIA - 25	Cocción	140	42	12 d	34 c
CRBP - 39	Plátano	145	44	21 a	44 b

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



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

#### Fase 1. Experimentos en condiciones controladas

1. El híbrido FHIA - 25, en condiciones controladas, mostró características de resistencia a *Radopholus similis*, superando significativamente a los demás genotipos estudiados en la mayoría de las variables evaluadas. Los cultivares más susceptibles fueron FHIA - 03, TMB x 52951, SH - 3640 y Williams.
2. El híbrido FHIA - 23 (banano de postre) y el plátano CRBP - 39 no presentaron daños importantes por *R similis* en la estructura física y funcional del sistema radical.
3. El sistema de propagación por microcormos resulto ser un método eficiente para realizar screening de resistencia de germoplasma de Musáceas al ataque de fitonemátodos.

#### Fase 2. Experimentos en condiciones de campo

##### Dinámica poblacional de fitonemátodos

4. El estudio de las poblaciones de fitonemátodos presentes en el sistema radical de los cultivares permitió identificar la dinámica del nemátodo agallador *Meloidogyne incognita*, el cual fue la especie predominante en los 3 sitios de evaluación y parasitó a todos los cultivares.
5. Los cultivares que se mostraron mayormente lesionados por *M incognita*, presentando mayores valores porcentuales de raíces no funcionales fueron SH 3436-9, FHIA - 17, TM 3 x 151086, los cuales se identifican como susceptibles como Williams.

##### Evaluación de resistencia a Sigatoka negra

6. FHIA - 17 y FHIA - 23 mantuvieron significativamente más hojas funcionales a la cosecha (9 - 7) que SH - 3436 - 9, SH - 3640, TM 3 x 151086; sin embargo los valores de hoja más joven manchada fueron significativamente diferentes para FHIA - 23. Entre los bananos de cocción FHIA - 25 tuvo mayor número de hojas funcionales pero no se diferencio en la hoja

más joven manchada, sin embargo no se presentó un índice de infección superior a 44, lo que indica su resistencia a la enfermedad.

7. Se observaron diferentes grados de resistencia de los cultivares a Sigatoka negra, categorizando a FHIA - 25 como resistente, mientras que a FHIA - 17, FHIA - 23, FHIA - 18, FHIA - 03 y CRBP - 39 fueron tolerantes; SH - 3640, SH 3436-9, TM 3 x 151086, TMB x 52951 al igual que los cultivares locales (Williams y Dominico) como susceptibles.

### **Evaluación Agronómica.**

8. La totalidad en días del ciclo vegetativo fue mayor en los híbridos frente a los cultivares locales, distinguiéndose FHIA - 23 y FHIA - 25 como los más tardíos, mientras que SH - 3640 llegó a la floración y cosecha del racimo con una diferencia media de 20 días en comparación a Williams, considerándose como precoz.

9. Entre los bananos de postre, FHIA - 17 y FHIA - 23, produjeron los racimos de mayor tamaño y peso, seguidos por SH 3436-9, la relación de peso del racimo de estos híbridos con el cultivar local fue de 1.8. En los bananos de cocción FHIA - 25 fue notablemente superior a FHIA - 03, con racimos > 40 Kg. Entre los Plátanos, el cultivar CRBP - 39 fue superior, con racimos de hasta 32 Kg., TMB x 5295 1 y Dominico fueron similares con racimos de hasta 26 Kg.

10. La estructura de los racimos diferenció a los híbridos y estuvo en concordancia con el peso, siendo FHIA - 23 el de mayor número de manos y dedos (15 - 213) seguido en forma descendente por FHIA - 17, FHIA - 18, SH 3436-9 y SH - 3640.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

1. Continuar los estudios de dinámica de poblaciones de fitonemátodos en el campo para conocer más su comportamiento y poder determinar sus daños en el sistema radical de los cultivares FHIA – 17, FHIA – 23 y FHIA 25.
2. Debido a que los datos de campo obtenidos en este estudio corresponden únicamente al primer ciclo de producción, sería conveniente continuar las evaluaciones por un período mayor, hasta completar unos tres ciclos en la toma de datos.
3. Se sugiere que los materiales identificados preliminarmente como promisorios (FHIA - 17, FHIA - 23, FHIA - 25 y CRBP - 39) sean llevados a evaluaciones semi comerciales, analizando principalmente su comportamiento agronómico, los costos/beneficio que se incurran para su explotación.
4. Establecer ensayos de resistencia a Sigatoka negra comparando los materiales promisorios (FHIA - 17, FHIA - 23, FHIA - 25 y CRBP - 39) con los cultivares locales, tratados y sin tratar con fungicidas, para tener más exactitud en el comportamiento de los mismos.
5. Comparar el sistema de microcormos vs. vitroplantas para la realización de screening de resistencia / susceptibilidad a distintas poblaciones y especies de fitonemátodos.
6. Realizar paneles de degustación para conocer las preferencias y aceptación de los consumidores finales, así como examinar su potencial agro industrial, para plantear alternativas de uso y aprovechar sus cualidades agronómicas de los bananos de cocción y nuevos cultivares de plátano.

## 6. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agrios, G.N. 1998.** Fitopatología. Control de las enfermedades de las plantas. Trad. M. Guzmán Ortiz. México. Limusa. 193-194 p.
- Alexopoulos, C.J.; Mims, CW. 1979.** Introductory Mycology 3ed. Wiley, New York. 632p
- Araya, M. 1995.** Efecto depresivo de ataques de *Radopholus similis* en banano (Musa AAA). CORBANA 20 (43): 3-5.
- Araya, M. 2003.** Situación actual del manejo de nemátodos en banano (Musa AAA) y plátano (Musa AAB) en el Trópico Americano. In Taller: manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas. (Guayaquil, Ecuador. 2003). Programa y resúmenes. sl. MUSALAC/INIBAP/FUNDAGRO. pp. 31 – 33.
- Aubert, B. 1971.** Action du climat sur le comportement du bananier en zones tropicales et subtropicales. Fruti 26 (3): 175 – 187.
- Bakry, F.; Harcour, R.; Horry, J.P.; Megia, R; Kissignol, L. 1993.** Applications of biotechnologie to banana breeding. In: INIBAP 1993. Proceeding of the Workshop on Biotechnology Applications for Banana and plantain Improvement, held in San Jose, Costa Rica, 27 – 31 January, 1992. p 52 – 60.
- Berrie, A. M. 1997.** The Musaceae: the bananas. In: An introduction to the botany of the major crop plants . Heyden, Londres, 113-116pp.
- BCE. 2004.** Informe semestral de importaciones – exportaciones. Banco Central del Ecuador.
- Bos, L. & Parlevliet, J. 1995.** Concepts and terminology on plant/pest relationships: toward consensus in plant pathology and crop protection. Annual Review of Phytopathology 33, 69 – 102.
- Cañadas, L. 1983.** El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG – PRONAREG.
- Carlier, J.; De Waele, D; Escalant, JV. 2002.** Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por Fusarium, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nemátodos. Evaluación extensiva (A Vezina y C Picq, eds.). Guías técnicas INIBAP # 6. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia
- Carlier, J;Foure, E.; Gauhl, F.; Jones, DR.; Lepoivre, P.; Mourichon, X. ; Pasberg-Gauhl, C; Romero, RA. 2000.** Fungal diseases of the foliage. In Jones, D.R. ed. Diseases of banana, abaca and enset. Oxon, UK. CABI Publishing. p. 37-141.

- Cottin, R.; Melin, P.; Ganry, J. 1987.** Modelisation de la production bananiere. Influence de quelques parametres en Martinique Fruits 42 (12): 691 – 701.
- Chang, J. 2000.** In “Efectos de la dolarización en el costo de producción de banano en el Ecuador”, FUNDAGRO, mimeo.
- Cohan, J.P.; Abadie, C.; Tomekpé, K.; Tchango Tchango, J. 2003.** Evaluación del comportamiento agronómico y de la resistencia a la Sigatoka negra del híbrido de plátano “CRBP - 39”. *InfoMusa* 12 (1):29-33. Junio 2003.
- Dadzie, B. K. 1993.** Quarterly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterization (October - December, 1993).
- Dadzie, B. K. 1994b.** Quarterly report for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterization (October - December, 1994).
- Dadzie, B. K. 1994c.** Six monthly reports for the INIBAP/FHIA/NRI (ODA Holdback) project on post-harvest cooking banana and plantain characterization (April - September, 1994).
- Dadzie, B.K.; Orchard, J.E. 1997.** Evaluación rutinaria poscosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. In Guías técnicas Inibap 2. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia.
- Dale, J.L. 1999.** Banana biotechnology: already a reality. Disponible en línea. AgBiotechNet 1:1-6. Consultado 11 de Octubre. 2003. Disponible en <http://www.agbiotech.net>
- Davide, R.G. 1980.** Influence of cultivars, age, soil texture and pH on *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis* on banana. *Plant Disease* 64: 571 - 573
- Davide, R.G. 1996.** Overview of nematodes as a limiting factor in *Musa* production. In: New frontiers in resistance breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka. Eds. Frison, E.A.; Horry, J.P.; De Waele, D. INIBAP, Montpellier France, pp. 27 – 31.
- Davide, R.G.; Marasigan, L.Q. 1985.** Yield loss assessment and evaluation of resistance of banana cultivars to the nemátodos *Radopholus similis* Thorne and *Meloidogyne incognita* Chitwood. In: The Philippine Agriculturist. 68(3) Jul – Sept 1985. p 335 - 349
- De Oliveira, S.; de Mello, S. ; Gasparatto, L. ; Pires de Matos, A. ; Cordeiro, M.; Boher, B. 2000.** Evaluación de *Musa* spp para la resistencia a la enfermedad de moko (*Raltonia solanacearum*, raza 2). *InfoMusa* 9(1):19-20
- Dens, K.; Vargas, M.; Matton, G.; Coessens, S.; Van den Houwe, I.; Swennen, R. 2002.** Introducción y multiplicación de bananos y plátanos mejorados en Nicaragua y su distribución a los agricultores. *InfoMusa* 11(1):

- Deras, M.; Durán, L.; Mercadal N.; Rivera, J.C.. 2003.** Avances del Proyecto “Evaluación y Diseminación de Híbridos de *Musa* con Resistencia a Sigatoka Negra en Honduras”. Comunicación personal PhD Luis E. Pocasangre.
- De Waele, D.; Speijer, P.R. 1998.** Nematode resistance in *Musa*. *In*: Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa, 23 – 28 November 1998. Eds. Frison E.A., Gold, C.S., Karamura E.B., Sikora, R.A. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. 1999. pp.119 – 127.
- Dekker, J. 1982.** Fungicide resistance in crop protection. Wageningen: Center for Agricultural Publishing and documentation, 1982. p. 1-15.
- Dzomeku, B.M.; Banful, B.; Ankoma, A.A.; Yeboah, D.; Darkey, S.K. 2000.** Evaluación multisitio de los híbridos FHIA en Ghana. *In*. *InfoMusa* Vol. . 9. No. 1.
- Lescot, T.; Urtado, J.L. 1998.** Importancia de la micorrización y de los nemátodos en la producción sostenible de los plátanos en América Latina y Caribe. *In* Reunión ACORBAT (13, 1998, Guayaquil, Ecuador). Memorias. Guayaquil, Ecuador, CONABAN. p. 41-49.
- IICA. 2002.** III Censo Nacional Agropecuario-Proyecto SICA BM/INEC.
- FAO, 2004.** “Proyecciones de la oferta y demanda de banano hasta el 2005”, Grupo Intergubernamental sobre el banano y frutas tropicales, Mayo.
- Foure, E. 1985.** Les cercosporioses du bananier et leurs traitements: étude de la sensibilité variétale des bananiers et des plantains a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet au Gabon. *Fruits*. 37 :749-771.
- Gauhl, F. 1990.** Epidemiología y Ecología de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* sp.), en Costa Rica. Trad. por Dr. Jaime Espinoza. Panamá, UPEB. 126 p.
- Gauhl, F. 1994.** Epidemiology and ecology of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana in Costa Rica. INIBAP, Montpellier, France. 120 pp
- George, J. B.; Marriott, J. 1983.** The effect of humidity in plantain ripening. *Scientia Horticulturae* 21:37 43.
- Gómez, M.A.; Gonzáles, J.A.; Ortiz, J.L.; Aguilar, M.E.; Sandoval, J. 2004.** Logros y Perspectivas de la Transformación Genética en Banano. XVI Reunión ACORBAT 2004 Oaxaca de Juárez, Oaxaca; México. pp. 79
- Gonzáles, A.M.; Gómez, C.; Aristizábal, M. 2003.** Características de crecimiento y producción de híbridos FHIA en Colombia. *InfoMusa* 12(1):46 – 49.

- Gowen, A.; Quénéhervé, P. 1990.** Nematode parasites of banana, plantain and abaca. *In:* Plant Parasitic Nematodes In Ed. Luc, M; Sikora, RA; bridge JL. Subtropical and Tropical Agricultura. CAB Internacional, p. 431-460.
- Guzmán, M. 1997.** Results and discussion IMPT black Sigatoka (1<sup>st</sup> cycle) Guápiles, Costa Rica. *In* Orjeda, G. (ed). Evaluating bananas: a global partnership. Results of IMPT Phase II. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
- Guzmán, O.; Romero, R. 1996.** Severidad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en los híbridos FHIA 01 y FHIA 02. CORBANA 21(45): 41-49.
- Jones, DR; Diekmann, M. 2000.** Quarantine and the safe movement of Musa germoplasm. *In:* Disease of Banana, Abaca and Enset ed. DR. Jones. CAB international, Wallingford, Oxon, UK, pp. 409-423.
- Krauss, U.; Soberanis, W.; Jarra, J. 2001.** Evaluación de los híbridos la FHIA en comparación con los clones de Musa locales en una zona libre de Sigatoka negra en Perú oriental. InfoMusa. 10(1):.
- Krishnamoorthy, V.; Kumar, N.; Angappan, K.; Soorianathasundaram, K. 2004.** Evaluación de nuevos híbridos de banano contra la enfermedad de la Sigatoka negra. InfoMusa 13(1): 25 -27.
- Loos, C.A.; Loos, S.B. 1960.** The blackhead disease of bananas. Proceedings of the helminthological Society Washington, 27: 189 – 193.
- Luc, M.; Hunt, D.J.; Machon, J.E. 1990.** Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes a synopsis. In Luc, M.; Sikora, A.; Bridje, J. eds. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, United Kingdom, CAB International. p 1 -44.
- Marín, D.H.; Sutton, T.B.; Barker, K.R. 1998.** Dissemination of banana in Latin American and the Caribbean and its relationship to the occurrence of R similes. Plant Disease 82 (9):964-974.
- Martínez, M.O. 1989.** Determinación del ciclo biológico del patógeno de la Sigatoka negra del plátano (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. Difformis Mulder y Stover), en Teapa, Tabasco. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 71 p.
- Mobambo, KN.; Gauhl, F.; Vuylsteke, D.; Ortiz, R.; Pasberg-Gauhl, C.; Swennen, R. 1993.** Yield loss in plantain from black Sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. Field Crops Research 35:35-42
- Molina, O.I.; Castaño, J. 2003.** Resistencia en los FHIA híbridos a *Mycosphaerella fijiensis* spp. InfoMusa 12( 2): 25 - 27

- O'Bannon, J. H. & A. L. Taylor. 1968.** Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot discs. *Phytopathology*. Vol. 58. 385 p.
- Ochse, J. et al. 1985.** Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Editorial Limus México vol. 1 pp. 437 – 462.
- Orjeda, G. 1998.** Evaluación de la resistencia de las bananas a las enfermedades de Sigatoka y marchitamiento por *Fusarium*. Guías técnicas INIBAP 3. INIBAP, Montpellier, Francia. 63pp.
- Padmanaban, B.; Sundararaju, P.; Velayudhan, K.C.; Sathiamoorthy, S. 2001.** Evaluación del germoplasma de *Musa* contra los picudos negros de banano. *InfoMusa* 10(1): 26-28.
- Pinochet, J.; Rowe, P.R. 1979.** Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* on bananas. *Nematropica* 9:76:76.
- Pocasangre, L.E. 2000.** Biological enhancement of banana tissue culture plantlets with and the Panama disease (*Fusarium oxysporum* f sp cubense). Dissertation Inaugural zur Erlangung des Grades. Doctor der Agrarwissenschaften. Institute für Pflanzenkrankheiten der Rheinischen Friedrich – Wilhelms. Universität Bonn.
- Pocasangre, L. E. 2003.** Nuevas estrategias para el manejo de nemátodos en Musáceas. *In*. Taller manejo convencional y alternativo de la Sigatoca negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas (Resúmenes). Guayaquil, 11-13 de agosto, 2003. pp. 38.
- Ploetz, R.C.; Pegg, K.C. 2000.** Fungal Diseases of the root, corm and pseudostem. *Fusarium wilt*. *In* Jones, DR. Eds. Diseases of Banana, Abacá and Enset. CABI Publishing. Oxon, UK. P 465 – 159.
- Ramírez, G. 1988.** La Sigatoka negra del Plátano en Tabasco: Análisis de la epidemia y desarrollo de un modelo de pronóstico. Tesis de Magíster Scientiae. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillos, México. 79 p.
- Riveros, A.S. 2002.** Bases Bioquímicas de la resistencia en plantas. *In* Inducción de resistencia y uso de tecnologías limpias para el manejo de plagas en plantas. Memorias del taller internacional realizado en CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27 – 30 de Agosto de 2002.
- Rodríguez, M.; Guerrero, M. 2002.** Guía del cultivo de Plátano. Centro nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Disponible en línea sitio Web: <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guiascenta/platano.pdf>. Consultado 20 de Septiembre de 2004.
- Rodríguez, S. 2002.** Resistencia de Genotipos de Musáceas a *Pratylenchus coffeae* y *Radopholus similis* bajo condiciones de casa de sombra. Tesis de Ingeniero. Escuela Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho. Honduras. 2002.



- Rosales, F.E.; Pocasangre, L.E. 2002.** Mejoramiento convencional de banano y plátano: Estrategias y logros. *In* XV Reunión Internacional ACORBAT 2002. Cartagena de Indias. Colombia.
- Rosero, J. 2001** “Un análisis sobre la competitividad del banano ecuatoriano”, Apunte de Economía, No. 17, julio. Banco Central del Ecuador 2003. pp. 21 -23.
- Rowe, P.; Richardson, D.L. 1975.** Breeding bananas for disease resistance, fruit quality and yield. La Lima, Honduras. Tropical Agriculture Service 41 p.
- Rhodes, P. 1964.** A new banana disease in Fidji. *Commonw Phytopathol. News* 10:38-41
- Sarah, J.L. 2000.** Nemátodo pathogens. Borrowing nemátodo. *In* Diseases of Banana, Abaca and Enset. CABI. Oxon, UK. Publishing. P. 295 – 303.
- Sarah, J L; Pinochet, J; Stanton, J. 1996.** Hoja divulgativa No.1 plagas de Musa, el nemátodo barrenador del banano *Radopholus similis* COBB. Francia. 2 p.
- Simmonds, N.W. 1966.** Bananas, 2 nd edn. Longman. London
- Simmonds, N. W. 1966.** Los Plátanos. Barcelona. Ed Blume. 537p.
- Sharrock, S.L.; Horry, J.P.; Frison, E.A. 2001.** The state of the use of *Musa* diversity. *In*: H.D. Cooper, Spillame, C., Hodgkin, T. (eds). Broadening the Genetic base of Crop Production. IPGRI/FAO 2001. pp 223 – 243.
- Sticher, L.; Mauch-Mani, B.; Metrax, JP. 1997.** Systemic acquired resistance. *Annual Review of Plant Pathology* 35 : 235-270
- Stover, R.H. 1972.** Banana, Plantain and Abaca diseases Kew, England.
- Stover, R.H.; Dickson, J.D. 1976.** Bananas leaf spot caused by *Mycosphaerella musicola* and *fijiensis*; a comparison of first Central American epidemics. *Plant protection Bolletin.* FAO 24: 36 - 42
- Stover, R.H., 1980.** Sigatoka leaf spot of banana and plantain. *In* Krigsvold, DT., Woods, TL.eds. Proceeding of the Sigatoka Workshop. 18 – 19 Feb. 1980, La Lima, Honduras. United Fruit Company. P 1 – 18.
- Stover, R.H. 1980 b.** Sigatoka leaf spot and banana and plantain plant disease. 64 (8): 750 – 755.
- Stover, RH; Simmonds, NW. 1987.** Bananas 3era ed. Longmans Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK. 468 p.
- Stover, R.H., Simmonds, N.W. 1989.** Bananas. 3 ed. Longman, Singapore Publishers. 468 p.

- Soto, M. 1985.** Banano: cultivo y comercialización. San José: Litografía e Imprenta LIL, S.A. 1985. 648 p.
- Summerville, W. A. T. N. 1944.** Studies on nutrition as qualified by development in *Musa Cavendish*. Lambet . Queens . **J. Agric. Sci** 1,1-127.
- Swennen, R.; D. Vuylsteke. 1987.** Morphological taxonomy of plantain (*Musa* cultivars AAB) in West Africa. pp. 165 – 171. *In: Banana and Plantain Breeding Strategies. Proceedings of an International Workshop* (Persley G. and E. De Langhe, eds). ACIAR proceedings No. 21 Cairns, Australia, 13 – 17 October 1986.
- SICA, 2002.** Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. En línea sitio Web: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec). Consultado el 05 de Agosto de 2004.
- Speijer, P. D.; De Waele. 1997.** Screening of *Musa* Germplasm for Resistance and Tolerance to nematodes. INIBAP Technical Guidelines 1. IPGRI, Rome, Italy; INIBAP, Montpellier, France; CTA, Wageningen, The Netherlands. 47 p.
- Tai, E. 1977.** Banana. *In Ecophysiology of Tropical crops*. Edited by Alvin, T. y Kozlowsky, T. London, Academic Press. 1977. pp. 441 – 460.
- Tazán, L. 2003.** El cultivo de Plátanos en Ecuador. Editorial Raíces. 72 p.
- Tenkouano, A. 1999.** Progress report on multilocational evaluation of some *Musa* clones in Nigeria - June 1999. Crop Improvement Division, IITA, Oyo Rd, PMB 5320, Ibadan, Nigeria. *In Orjeda, G. (ed). Evaluating bananas: a global partnership. Results of IMPT Phase II. International Network for the Improvement of Banana and Plantain*, Montpellier, France.
- Tenkouano, A. 2000.** Current issues and future directions for *Musa* genetic improvement research at the International Institute of tropical Agriculture. *In: advancing and Plantain R7D in Asia and the Pacific – vol 10. Proceedings of the 10<sup>th</sup> INIBAP-ASPNET Regional Advisory Commite meeting held in Bangkok, Thailand, 10 – 11 November, 2000.* Los Baños, Laguna, Philippines. pp 11 - 23
- Tomekpé, K.; Noupadja, P.; Abadie, C.; Auboiron, E.; Tchango Tchango, J. 1998.** Genetic Improvement of Plantains at CRBP: Performance of black Sigatoka resistant plantain hybrids. *In: International Seminar on Plantain Production.* Armenia, Quindío, Colombia, 4-8 de Mayo de 1998. pp. 45-50.
- Torres, M. 2002..** “Sensibilidad a funguicidas sistémicos en poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* en plantaciones de plátano tratadas y sin tratar con funguicidas, en Nicaragua. Tesis de Magíster Science. 2002. CATIE. Costa Rica.
- Thomas, JE.;** Gambley, CF; Geering, ADW; McMichael, LA; Prry, JN; Sharman, M. 2001. Virus y germoplasma de *Musa*. *InfoMusa* 10(1):9. Solo resumen.

- Thwaites, S.J.;** Green, E.; Black, R. 2000. Diseases caused by bacteria. Vascular wilt diseases. In Jones, DR. eds. Diseases of Banana, Abaca and Enset. Oxon, UK. CABI Publishing. p. 213-221.
- Vargas, A.; Guzmán, M. 2004.** Efecto del deshije sobre la resistencia de FHIA - 23 y SH 3436-9 a enfermedades y plagas. *InfoMusa* 13 (1): 20-25.
- Vásquez, N. 1991.** Desarrollo de lesiones y estructuras reproductivas de *Mycosphaerella fijiensis* en plátano (Musa AAB), en dos épocas climáticas diferentes. Tesis M.Sc. San José, C.R. Universidad de Costa Rica. 79 p.
- Vakily, N.G. 1968.** Response of *Musa acuminata* species and edible cultivars to infection by *Mycosphaerella musicola*. *Trop. Agr. (Trinidad)* 45:13.22.
- Viaene, N.; Dueñas; D. De Waele. 1998.** Screening for resistance and Tolerance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* in banana and Plantain (abstract). *Nematologica* 44:599
- Viaene, N.; Duran, L.; Rivera, J.; Dueñas, J.; Rowe, P.; De Waele, D. 2002.** Response of banana and plantain cultivars, lines and hybrids to the burrowing nematode *Radopholus similis*. *Nematology*, 2003. 5(1): 85 – 98.
- Vuylsteke, D. and R. Swennen 1993.** Genetic improvement of plantains: the potential of conventional approaches and the interface with in-vitro culture and biotechnology. *In*: Proceedings of the workshop on Biotechnology Applications for Banana and Plantain Improvement. San José, Costa Rica, 2731 January 1992. INIBAP 1993.
- Shepherd, K.; Loyola, J.L.; Alves, E.J.; 1986.** Mejoramiento genético del banano. pp. 1 -19. *In* Mejoramiento genético del banano y plátano en Brasil y Honduras. Unión de Países Exportadores de Banano. Panamá.
- Suquilanda, M. 2001.** *In* Revista Cultivos Controlados. Volumen 3 # 5, Mayo 2001.
- Yabuuchi, E; Kosako, Y.; Yano, I.; Hotta, H.; Nishiuchi, Y. 1995.** Transfer of two Burkholderia and an Alcaligenes species to Ralstonia Gen. Nov.: proposal of Ralstonia pickettii (Ralston, Palleroni and Doudoroff 1973) Comb. Nov. *Microbiology and Immunology* 39:897-904.