

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

"EFECTO DE LA PODA TEMPRANA Y LA APLICACIÓN
DE UN BIOESTIMULANTE EN EL CULTIVO DE
BANANO (*Musa acuminata* AAA), SOBRE LA
INCIDENCIA DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella*
fijiensis M.)"

PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO ACADÉMICO O TÍTULO DE:

INGENIERO AGROPECUARIO

ELABORADO POR:

DIEGO OMAR POZO ORTEGA

SANTO DOMINGO, 02 DE OCTUBRE DE 2009

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. EL BANANO.....	4
2.1.1. Origen y Distribución.....	4
2.1.2. Aspectos Botánicos.....	4
2.1.2.1. Raíces.....	5
2.1.2.2. Cormo.....	5
2.1.2.3. Sistema Foliar.....	5
2.1.2.4. Inflorescencia.....	7
2.1.2.5. Frutos.....	7
2.1.3. Clasificación Taxonómica.....	8
2.1.4. Fases Fenológicas.....	8
2.1.5. Valor Nutritivo.....	9
2.1.6. Agroecología del Cultivo de Banano.....	9
2.1.7. La Sigatoka negra del Banano.....	10
2.1.7.1. Origen y Distribución.....	10
2.1.7.2. Taxonomía.....	11
2.1.7.3. Biología.....	11
2.1.7.4. Epidemiología.....	12
2.1.7.5. Sintomatología.....	13
2.1.7.6. Daños.....	14
2.1.7.7. Factores que favorecen su desarrollo.....	15
2.1.7.8. Evaluación del estado de infección.....	16
2.1.7.9. Formas de control.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1. Ubicación Política.....	23

3.1.2.	Ubicación Geográfica.....	24
3.1.3.	Ubicación Ecológica.....	24
3.2.	MATERIALES.....	25
3.2.1.	Material Vegetal.....	25
3.2.2.	Material de Campo.....	26
3.2.2.1.	Instalación de parcelas.....	26
3.2.2.2.	Identificación de plantas.....	26
3.2.2.3.	Evaluaciones.....	27
3.2.2.4.	Aplicaciones.....	27
3.2.3.	Material de Oficina	28
3.3.	MÉTODOS.....	28
3.3.1.	Diseño Experimental.....	28
3.3.1.1.	Factores a probar.....	28
3.3.1.2.	Tratamientos a comparar.....	28
3.3.1.3.	Tipo de diseño.....	29
3.3.1.4.	Repeticiones o bloques.....	29
3.3.1.5.	Características de la unidad experimental...	29
3.3.1.6.	Croquis del diseño.....	30
3.3.2.	Análisis Estadístico.....	31
3.3.2.1.	Esquema del ADEVA	31
3.3.2.2.	Coefficiente de variación.....	32
3.3.2.3.	Análisis funcional.....	32
3.3.3.	Análisis Económico.....	32
3.3.4.	Variables a Medir.....	33
3.3.4.1.	Incidencia de la enfermedad.....	33
3.3.4.2.	Severidad de la enfermedad.....	34
3.3.4.3.	Eficacia de los tratamientos.....	37
3.3.4.4.	Variables de producción.....	38
3.3.5.	Métodos Específicos del Manejo del Experimento....	40
3.3.5.1.	Diseños de parcela.....	40
3.3.5.2.	Rotulado.....	40
3.3.5.3.	Evaluaciones.....	41

	3.3.5.4. Poda temprana.....	41
	3.3.5.4. Aplicaciones del bioestimulante.....	42
	3.3.5.6. Manejo del cultivo.....	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD.....	48
4.1.1.	Porcentaje de Hojas Sanas.....	48
4.1.1.1.	Evaluación preliminar.....	48
4.1.1.2.	A los 45 días después de la aplicación.....	50
4.1.1.3.	A los 105 días después de la aplicación.....	52
4.1.1.4.	A los 150 días después de la aplicación.....	55
4.1.2.	Hoja Más Joven Afectada.....	57
4.1.2.1.	Evaluación preliminar.....	57
4.1.2.2.	A los 45 días después de la aplicación.....	60
4.1.2.3.	A los 105 días después de la aplicación.....	62
4.1.2.4.	A los 150 días después de la aplicación.....	64
4.2.	SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD.....	67
4.2.1.	Estado Evolutivo en la Planta.....	67
4.2.1.1.	Evaluación preliminar.....	67
4.2.1.2.	A los 45 días después de la aplicación.....	69
4.2.1.3.	A los 105 días después de la aplicación.....	73
4.2.1.4.	A los 150 días después de la aplicación.....	75
4.2.2.	Estado Evolutivo en la Hoja Tres.....	79
4.2.2.1.	Evaluación preliminar.....	79
4.2.2.2.	A los 45 días después de la aplicación.....	81
4.2.2.3.	A los 105 días después de la aplicación.....	84
4.2.2.4.	A los 150 días después de la aplicación.....	87
4.2.3.	Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro.....	90
4.2.3.1.	Evaluación preliminar.....	90
4.2.3.2.	A los 45 días después de la aplicación.....	93
4.2.3.3.	A los 105 días después de la aplicación.....	95
4.2.3.4.	A los 150 días después de la aplicación.....	97
4.3.	EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS.....	100

4.3.1.	Eficacia de la Poda Temprana en la Hoja Tres.....	100
4.3.1.1.	A los 45 días después de la aplicación.....	100
4.3.1.2.	A los 105 días después de la aplicación...	101
4.3.1.3.	A los 150 días después de la aplicación.....	102
4.3.2.	Eficacia de la Aplicación del Bioestimulante.....	103
4.3.2.1.	A los 45 días después de la aplicación.....	103
4.3.2.2.	A los 105 días después de la aplicación.....	104
4.3.2.3.	A los 150 días después de la aplicación.....	105
4.4.	VARIABLES DE PRODUCCIÓN.....	107
4.4.1.	Peso Neto del Racimo (kg).....	107
4.4.2.	Número de Manos por Racimo.....	109
4.4.3.	Número de Dedos por Mano.....	111
4.5.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	112
V.	CONCLUSIONES.....	115
VI.	RECOMENDACIONES.....	117
VII.	RESUMEN.....	118
VIII.	SUMMARY.....	119
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	120
X.	ANEXOS.....	129

I. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa acuminata* AAA) es cultivado en las regiones Tropicales del Ecuador, principalmente en la zona costera o Litoral (Vázquez y Saltos, 2005). Es componente básico en la dieta de una importante proporción de la población ecuatoriana. Constituye un sistema de monocultivo extensivo de aproximadamente 211 mil hectáreas cultivadas, de las cuales se cosechan alrededor de 197 mil hectáreas (INEC, 2007), la diferencia entre ambos valores corresponde a la cantidad de hectáreas que se encuentran tanto en fase infantil como juvenil (fases no productivas). La actividad bananera constituye una industria verticalmente integrada, que representa alrededor del 12 % de las fuentes de empleo en el país. (S/A. CORPEI, 2007).

El principal problema fitopatológico en el cultivo de banano en América Central, Colombia y Ecuador, así como de muchas regiones de Asia y África, es la Sigatoka negra, enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Marín y Romero, 2002), cuya forma imperfecta corresponde a *Paracercospora fijiensis* Morelet (Deighton) (Rivas-Platero, *et al.*, 2002).

Esta enfermedad ataca las hojas del cultivo de banano, produciendo un rápido deterioro del área foliar, afectando el crecimiento y la productividad de las plantas al disminuir la capacidad fotosintética de las mismas. Adicionalmente reduce la calidad de la fruta, al promover la maduración prematura de los racimos, que es la mayor causa de pérdidas debido a ésta enfermedad (Marín y Romero, 2002).

Se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios orientados a disminuir los efectos adversos ocasionados por la Sigatoka negra en todas las regiones donde se cultiva banano. Dichos estudios se han basado en la aplicación de productos químicos, orgánicos y biológicos, así como también la implementación de prácticas culturales y de manejo.

El presente estudio representa una alternativa o complemento al control químico en el manejo integrado de la enfermedad, el cual se constituye una herramienta que proporciona el fundamento para efectuar un manejo preventivo de la Sigatoka negra, basado en la implementación de prácticas culturales tempranas y la aplicación de productos naturales inductores de resistencia en la planta en presencia de los patógenos.

En la investigación se ha integrado una práctica cultural de poda temprana en la tercera hoja (para interrumpir el ciclo de vida del agente causal; Fouré, 1985) y la aplicación de un estimulante orgánico de uso comercial, las cuales son prácticas preventivas para disminuir la incidencia y severidad de la enfermedad.

Para cumplir con la investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General: Determinar el efecto de la poda temprana y la aplicación de un bioestimulante en el manejo integral de la Sigatoka negra, bajo las condiciones de la zona de La Unión – Esmeraldas para disminuir la severidad e incidencia de la enfermedad.

Objetivo Específico 1: Determinar la incidencia y severidad de la enfermedad mediante la aplicación del sistema de Preaviso Biológico.

Objetivo Específico 2: Evaluar la eficacia de la aplicación de la práctica poda temprana en la tercera hoja del banano durante un ciclo del cultivo para disminuir la severidad de la enfermedad.

Objetivo Específico 3: Evaluar la eficacia de la aplicación de un bioestimulante en la severidad de la enfermedad.

Objetivo Específico 4: Realizar el análisis económico de los tratamientos.

El estudio se desarrolló desde Noviembre 2007 hasta Mayo 2008 (Época lluviosa).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL BANANO

2.1.1. Origen y Distribución

El banano considerado como una planta herbácea con pseudotallo aéreo, pertenece a la familia de las musáceas, es originario del sudeste asiático y su cultivo se desarrolló simultáneamente en Malasia y en las Islas Indonesias (Soto, 1998).

Orellana, *et al*, (2008), indican que la distribución del banano en el mundo empezó desde Asia y África. Además se sabe que fue introducido desde las Islas Canarias hacia América, en la Isla de Santo Domingo en el año 1516, desde allí se propago a otras islas y posteriormente al continente.

Soto (1998), manifiesta que la distribución en nuestro continente empezó por República Dominicana, de ahí se traslado a Panamá y posteriormente a Colombia, Ecuador y los demás países tropicales de Sudamérica.

2.1.2. Aspectos Botánicos

Según Cortés (1998) y Soto (1998), las principales características morfológicas del banano son:

2.1.2.1. Raíces

Adventicias, blancas o amarillentas de 5 a 10 mm de diámetro y hasta 2 metros y más de longitud. En conjunto poseen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 ó 4. El número de raíces guarda estrecha relación con el tamaño del tallo.

2.1.2.2. Cormo

Tallo parenquimatoso de dimensiones variables, con entrenudos muy cortos. En su estructura desarrolla hojas en la parte superior y raíces adventicias en la parte inferior o rizomorfo.

2.1.2.3. Sistema Foliar

El sistema foliar está conformado por la vaina o base foliar, pseudopetiolos y láminas, y están distribuidas en forma espiral.

1) Bases o vainas foliares

Según Soto (1998), las bases foliares son largas, sin lígulas y forman vainas que se traslapan a lo largo formando el pseudotallo, permiten a la planta almacenar reservas nutritivas e hídricas, dan sostén a la planta (Santos Lima y Simao, 1997), y le permiten alcanzar mayor altura y elevar el nivel de las láminas foliares para captar la luz solar.

2) **Pseudopecíolos**

Estructura estrecha con forma de canal que une la lámina foliar con su respectiva vaina. Cada pseudopecíolo es más largo que el anterior por lo que los mismos están regularmente escalonados. (Soto, 1998). La distancia entre pseudopecíolos es un índice de desarrollo en las plantas (Santos Lima y Simao, 1997).

3) **Lámina foliar**

Caracterizada por ser dorsiventral y glabra. Externamente, se observa como una lámina delgada, muy verde en su cara superior y moderadamente glauca en la inferior. Sus dimensiones son muy variables y dependen de la edad, en general pueden medir de 1,5 a 4 metros de longitud y 0,40 a 0,90 metros de ancho (Valerio, *et al*, 2002).

La cara superior de la hoja (haz) es fuertemente cuticularizada y presenta una menor cantidad de estomas que la cara inferior o envés (Hernández, *et al*, 2004).

Una planta de banano emite generalmente de 25 a 35 hojas, con una frecuencia de emisión de una hoja por cada 10 a 12 días en condiciones favorables del cultivo.

De acuerdo a estudios realizados, se determinó que el número de hojas emitidas y el tiempo de emisión, son características fijas y que el mantenimiento de 8 hojas

funcionales es suficiente para obtener un desarrollo normal de un racimo de características comerciales (Cortés, 1997).

Se puede considerar que la emisión de la hoja bandera es un criterio confiable de crecimiento y que debería ser utilizado en todos los estudios de fisiología y también dentro del contexto de un sistema de advertencia, sobre el estado de desarrollo de la planta, que puede ser perturbado por las condiciones de cultivo (Lassoudière, citado por Soto 1998).

2.1.2.4. Inflorescencia

Yema ovoide, con flores dispuestas en grupos (manos) distribuidos en forma helicoidal sobre el raquis central (Soto, 1998). En los primeros 5 a 10 grupos basales se producen las flores femeninas y en los terminales las flores masculinas al principio encerradas por brácteas. Según Cortés (1998), la inflorescencia emerge aproximadamente a los ocho o nueve meses después de que el hijuelo ha sido plantado.

2.1.2.5. Frutos

Se forman en gajos o manos, cada uno con 15 frutos aproximadamente. Un racimo puede tener de 5 a 15 gajos de frutos y su tamaño aumenta gradualmente hasta alcanzar su madurez fisiológica aproximadamente en 90 días desde la emergencia de la inflorescencia (Orellana, *et al*, 2008).

2.1.3. Clasificación Taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del banano

Orden	Escitamiáceas
Familia	Musáceas
Género	Musa
Especie	Acuminata
Nombre Científico	<i>Musa acuminata</i>

Fuente: Orellana, H., *et al.* (2008).

2.1.4. Fases Fenológicas

En el cultivo de banano debemos considerar que el desarrollo de la planta adulta (madre) va ligada al desarrollo de las plantas jóvenes (hijuelos). Tal como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fases fenológicas del Banano

Fases	Estados de Desarrollo	Descripción
Fase Infantil	Yema	Desarrollo de un meristema lateral del rizoma
	F ₁₀	Primera hoja con un mínimo de 10 cm de ancho
	F _m	Primera hoja con relación foliar mínima
Fase Juvenil	DF	Diferenciación foliar
	EF	Iniciación Floral
	F	Floración
Fase Reproductiva	C	Cosecha

Fuente: M. Soto. (1998).

2.1.5. Valor Nutritivo

Cuadro 3. Valor nutritivo en 100 g de banano fresco

Elemento	Contenido (g)
Agua	75,7
Proteínas	1,1
Lípidos	0,2
Carbohidratos	22,2
Fibras	0,6

Fuente: Beyota. (2007)

2.1.6. Agroecología del Cultivo de Banano

Según Franz, *et al*, (2002), el cultivo de banano se desarrolla en zonas tropicales, húmedas y cálidas. Presenta un crecimiento continuo y su inflorescencia aparece una vez al final de cada ciclo. Su velocidad de crecimiento es extraordinaria, y su vigor vegetativo solo puede darse bajo condiciones ecológicas apropiadas.

Según Araya (2003) y Santos Lima y Simao (1997), las condiciones agroecológicas que favorecen el cultivo del banano son:

Cuadro 4. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de banano.

Requerimientos	Rango de Desarrollo	Nivel Optimo
Localización Geográfica	30° N y 30° S	óptimo 0 – 15°
Altitud	0 – 800 m s.n.m	0 – 300 óptimo
Precipitación	100 – 180 mm agua/mes	-
Temperatura	21 – 29,5 °C	-
Humedad Relativa	65 – 95%	70 – 80 % óptimo
Suelos	Franco arenosos, franco	-

	arcillosos, franco arcillo limosos o franco limosos; además deben poseer un buen drenaje interno y buena fertilidad, su profundidad debe ser de 1,2 a 1,5 metros. Con un pH 6,5 a 7,5.	
Luminosidad	1500 horas luz/año	-

2.1.7. La Sigatoka Negra del Banano (*Mycosphaerella fijiensis* M.; Anamorfo *Paracercospora fijiensis* M; Rivas – Platero, 2002.)

2.1.7.1. Origen y Distribución

Esta enfermedad se descubrió en las costas del sureste de Viti Levu, en la Isla de Fiji en el año de 1963, desde donde se diseminó hacia Centro América. Se descubrió por primera vez en Honduras en 1972 (Orellana, *et al*, 2006).

En Sudamérica se reportó de su presencia por primera vez en Colombia en el año de 1981. En Ecuador se la reportó en la provincia de Esmeraldas, en la Hacienda “Timbre” en 1987, y actualmente difundida incluso en pequeñas áreas cultivadas en la provincia insular de Galápagos (Suquilanda, 2001).

2.1.7.2. Taxonomía

Según Agrios (2002), la clasificación taxonómica del hongo superior *Mycosphaerella fijiensis* (Anamorfo *Paracercospora fijiensis* M.) es como se describe en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación taxonómica del hongo *Mycosphaerella fijiensis*.

Subdivisión	Ascomicotina
Orden	Dothideales
Familia	Dothiadeaceae
Género	Mycosphaerella
Especie	Fijiensis

Fuente: Agrios, G. (2002).

2.1.7.3. Biología

El hongo *Mycosphaerella fijiensis* es un ascomiceto típico que se desarrolla en climas tropicales, presenta dos fases reproductivas, sexual y asexual (ascósporas y conidias) (Agrios, G., 2002).

La fase asexual se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de la enfermedad (pizcas, manchas), en donde se observa la presencia de un número relativamente bajo de conidióforos (estructuras donde se producen las esporas asexuales llamadas conidios) que salen de los estomas, principalmente en la superficie inferior de las hojas (Marín y Romero, 1994).

La fase sexual es la más importante en la reproducción de la enfermedad, ya que se produce un gran número de ascósporas, en estructuras llamadas seudotecios (también

llamados peritecios). Las ascósporas son las esporas sexuales (Martínez, *et al*, 2005). Ambas, conidios y ascósporas, son las estructuras de diseminación de la enfermedad.

La germinación puede ocurrir después de 2 ó 3 horas después de la infección con buenas condiciones de temperatura y humedad; el tubo germinativo aparece de 48 a 72 horas posteriores a la infección. Los signos de la enfermedad empieza a manifestarse después de 10 – 12 días posteriores a la infección; presentando un color café rojizo característico. La culminación del ciclo ocurre con la liberación de las primeras ascósporas después de 49 días de iniciada la infección (Castro, *et al*, 2004).

Las hojas de banano infectadas y dejadas en el suelo descargan ascósporas durante 20 – 30 días posteriores; y las hojas agobiadas que permanecen necrosadas en las plantas pueden producir ascósporas hasta 12 semanas posteriores (Ávila, 1995).

2.1.7.4. Epidemiología

La enfermedad comienza por la infección en hojas después de que se han depositado las esporas (conidias o ascosporas) por la acción del viento (principalmente en hojas jóvenes), seguida de la emisión del tubo germinativo, que posteriormente penetra por los estomas de las hojas, para luego ramificarse y colonizar varias células vecinas produciendo el síntoma característico de “pizca” primero, posteriormente las manchas y la necrosis (Marín y Romero, 1994).

La infección inicia generalmente en los bordes del ápice de las hojas (Marín y Romero, 1994).

La temperatura y humedad favorecen su germinación y crecimiento, así como también la presencia de agua sobre las hojas (época de lluvia y formación de rocío) (Agrios, 2002).

La producción de ascósporas está ligada a los meses lluviosos del año, en los cuales se asegura la diseminación e incremento de la enfermedad al inicio de la época seca (Ávila, 1995).

El patógeno bajo las condiciones ambientales y de cultivo apropiadas es sumamente agresivo y se halla incidiendo en varias especies del género *Musa*, especialmente en las variedades de banano y plátano de importancia económica (Hernández, J., *et al*, 1997).

2.1.7.5. Sintomatología

Según Fouré, citado por Marín y Romero (1994), ésta enfermedad se presenta como una pequeña decoloración o depigmentación a manera de puntos, solo visible en el envés y a trasluz, incluye una pequeña pizca de color café rojizo dentro del área decolorada. Posteriormente se forma una pequeña estría de color café rojizo (denominada pizca) de 1 mm de largo, visible en el haz y envés de la hoja (Marín y Romero, 1994), la cual con el tiempo se convierte en una estría de 20 mm de largo por 2 mm de ancho aproximadamente, que

es paralela a la venación lateral de la hoja y visible tanto en el haz como el envés (Castro, *et al*, 2004). Al tiempo la estría aumenta su grosor y longitud, cambiando su coloración a café oscuro o negro; a este estado ya se lo considera como mancha (Haddad, 2007).

Al avanzar su desarrollo y evolución la mancha se hace más larga y ancha de forma elíptica y rodeada por un borde café oscuro, posteriormente la mancha se seca en el centro, se torna gris y se deprime, pudiendo rodearse de un borde angosto negro y bien definido; al unirse todas las lesiones la hoja se torna negra y muere en 3 ó 4 semanas después de aparecer los primeros síntomas (Vega, 2007).

2.1.7.6. Daños

La “quemazón” que produce la enfermedad afecta el proceso fotosintético, ya que el área foliar se reduce en proporción a la severidad del ataque, ocasionando una disminución del normal crecimiento de las plantas, tanto en la emisión foliar como de hijuelos (Haddad, 2007).

La necrosis y la reducción del área foliar ocasionada por la enfermedad resulta en una disminución de entre el 20 al 70% en el rendimiento de las cosechas, siempre y cuando no existan métodos de control apropiados (Manzo, *et al*, 2004).

La enfermedad afecta el proceso normal de maduración de la fruta, ocasionando el amarillamiento precoz del racimo. Además de presentar dedos cortos y deformes, pulpa crema y de sabor ligeramente ácido (Hernández, J., *et al*, 1997).

Otro efecto negativo de la enfermedad está relacionado con la aplicación de fungicidas para su control, la cual representa hasta el 40% de los costos totales de producción, disminuyendo las ganancias y ocasionando un aumento en el grado de contaminación ambiental y los daños potenciales a la salud humana (Stover, citado por Manzo, *et al*, 2004).

2.1.7.7. Factores que favorecen su desarrollo

El clima posee un efecto muy importante en el comportamiento de la Sigatoka negra. (Marín y Romero, 1994).

La lluvia, la temperatura, la humedad relativa y el viento son las principales variables climáticas que afectan al desarrollo de ésta enfermedad.

La lluvia posee un papel muy importante en la liberación del inóculo. También provee del ambiente húmedo que favorece el desarrollo de las infecciones. Se pueden establecer épocas de relativa baja incidencia y otra de alta incidencia de acuerdo a la distribución de las lluvias en el año (Gauhl, citado por Martínez y Castañeda, *et al*, 2006).

Las temperaturas favorables para el desarrollo de la sigatoka fluctúan entre los 22 y 28 °C, con una temperatura óptima alrededor de los 26 °C. Normalmente las temperaturas mínimas parecen ser más limitantes sobre el patógeno, mientras que las temperaturas máximas rara vez son limitantes (Marín y Romero, 1994).

La humedad relativa es importante en proveer las condiciones hídricas necesarias para la germinación de las esporas y el desarrollo de las infecciones. Se sabe que valores superiores a 80% de humedad favorecen en gran medida el desarrollo de la enfermedad (Pérez, *et al*, 2006).

El viento es el factor que permite la dispersión de las esporas del patógeno una vez que éstas han sido liberadas.

Existen evidencias de la relación que existe entre la evaporación y la duración de la humedad foliar con el desarrollo de las infecciones (Pérez, *et al*, 2006).

Otras condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad son: mal drenaje, mal control de malezas, deshijes inapropiados, la no eliminación de hojas secas y enfermas y la mala nutrición del cultivo (Vega, 2007).

2.1.7.8. Evaluación del Estado de Infección

Según Marín y Romero (1994), es necesario tener una idea clara y precisa del estado sanitario de la finca, para prevenir daños severos al cultivo y su producción. Por esta razón se deben hacer evaluaciones

periódicas (semanales o quincenales) sobre la incidencia y severidad de la Sigatoka negra en cada propiedad.

Los dos sistemas más ampliamente usados para este fin son: La Metodología de Stover Modificada (1989) y el Sistema de Preaviso Biológico (1972).

2) Metodología de Stover Modificada por Gaul

Según Marín y Romero (1994), esta metodología permite la evaluación de la incidencia y severidad de la Sigatoka negra mediante la aplicación de la Escala de Stover modificada por Gauhl (1989), para obtener información de la situación sanitaria de la plantación. Este sistema consiste en una estimación visual del área foliar afectada en todas las hojas de las plantas próximas a la floración, sin necesidad de bajar la hoja. La estimación visual está en función de seis grados de desarrollo de la enfermedad, grado 1 (hasta 10 manchas), grado 2 (<5% del área foliar afectada), grado 3 (6 – 15%), grado 4 (16 – 33%), grado 5 (34 – 50%) y grado 6 (>50%).

2) Sistema de Preaviso Biológico

Según Marín y Romero (1994), este método fue originalmente desarrollado por Ganry y Meyer (1972) para Sigatoka amarilla en las Antillas Francesas.

El sistema original está basado en dos componentes, uno climático que está dado por la evaporación Piche y otro biológico dado por el estado de evolución o la velocidad de desarrollo de la enfermedad.

El componente biológico del método, tal como se usa en Costa Rica, consiste en la detección temprana de los síntomas en las hojas más jóvenes de la planta, para la cual se requiere de gran precisión en el reconocimiento de la sintomatología de la enfermedad así como de evaluaciones continuas. El sistema originalmente ha sido concebido para trabajar con plantas jóvenes. Se deben seleccionar plantas de crecimiento normal y que nos permita considerarla como representativa del comportamiento de la finca. Se requiere que dicha planta inicie con 5 ó 6 hojas verdaderas (Marín y Romero, 1994).

Dentro de las evaluaciones se debe considerar la emisión foliar (número de hojas) de la planta; el estado de la hoja bandera; el nivel de infección de las hojas II, III y IV, considerando los estadios de desarrollo para la Sigatoka negra descritos por Fouré (1985) (Marín y Romero, 1994).

2.1.7.9. Formas de Control de la Enfermedad

Según Agrios (2002), la enfermedad se controla mediante una combinación de métodos que incluyen cuarentenas, saneamiento por eliminación y destrucción de hojas severamente infectadas, y principalmente mediante la aplicación frecuente de aspersiones con fungicidas durante todo el año.

1) Control Químico

El control químico dentro del manejo integrado de la Sigatoka negra es el que más ha evolucionado, contribuyendo en buena medida con los conocimientos logrados en cuanto a la biología del hongo y la fisiología de la planta (Orozco, 1998).

El objetivo del control químico es detener la producción de esporas del agente causal, aún cuando ya haya ocurrido la infección (Ordosgoitti, 1999).

Para este tipo de control se emplean fungicidas sistémicos y protectantes, la dosis y aplicación depende de la molécula y del tipo de formulación. Las más utilizadas son el Calixin (protectante), el Benlate (sistémico) y el Aceite Agrícola (Agrios, 2002).

Hasta la fecha es habitual que a las emulsiones hechas a base de fungicidas, agua y aceite se les adicione Maneb u otros fungicidas para así obtener mejores resultados (Agrios, 2002).

Desde que se empezó a usar el aceite agrícola en banano, se adoptó una metodología de aplicación aérea de emulsiones de fungicida – agua – aceite mejorando de ésta manera el efecto terapéutico del aceite con la acción protectante del fungicida (Agrios, 2002). Actualmente se utilizan productos químicos para manejar la enfermedad en los cultivos en un número promedio de 24 - 26 aplicaciones por año (más 4 – 6 interciclos), dependiendo del manejo de la finca y la resistencia manifestada por el patógeno (Orellana, *et al*, 2008).

2) **Control Alternativo**

El uso inadecuado de algunos productos químicos para el control de Sigatoka negra en banano ha ocasionado problemas de resistencia y de contaminación ambiental, creando la necesidad de investigar nuevas alternativas de control (Hernández, J., *et al*, 2004).

Existen un número considerable de labores y prácticas enmarcadas dentro del manejo integral para la Sigatoka negra; entre las cuales tenemos: manejo y calidad de aguas, deshoje, poda sanitaria, deshije, manejo de densidad de plantación, control de malezas, fertilización, cosecha y control de edad de la planta, entre otras (Pérez y Patiño, 2005; Hernández, *et al*, 1997).

Dentro de las alternativas más novedosas y que se enmarcan dentro del presente estudio se encuentran:

2.1.) **Poda Temprana**

La práctica denominada “poda temprana” se enmarca dentro del manejo cultural para la enfermedad, la misma que tiene una acción preventiva en el control de la misma (Peñaranda, *et al*, 2006).

Esta práctica tiene como objeto interrumpir el ciclo de vida del agente causal, eliminando de las hojas jóvenes los estadios 1, 2 y 3 de la enfermedad evitando que

el hongo produzca estructuras reproductivas sexuales, asexuales y la generación de procesos de reinfección (Fouré, citado por Pérez y Patiño, 2005).

La práctica poda temprana consiste en la eliminación periódica del 16% del ápice de una hoja joven (Calvo y Bolaños, 2001). Esta labor se realiza semanal o quincenalmente tanto en plantas adultas no florecidas como en los hijos de sucesión; el corte del ápice es recto sin rasgaduras ni desfleques a la hoja (Martínez y Castañeda, *et al*, 2006).

2.2.) Inducción a la Resistencia

Es una labor que tiene como objetivo disminuir la incidencia de las enfermedades mediante la aplicación de estimulantes de origen natural a base de extractos vegetales y animales ricos en microorganismos benéficos, nutrientes, fitohormonas e inductores de resistencia, que actúan como un complemento en la nutrición y protección de las plantas ante la presencia de los patógeno (Riveros y Arciniegas, 2003).

El uso de extractos vegetales y animales naturales tiene reconocido beneficio para el desarrollo de las plantas (Bolaños, 1998). Los ácidos húmicos y fúlvicos favorecen el desarrollo radicular y el vigor general de los cultivos; el uso de microorganismos benéficos ayuda a mantener un antagonismo natural con los patógenos; el uso de enzimas, aminoácidos y fitohormonas potencian los procesos energéticos y de resistencia natural adquirida por parte de las plantas en contra de las enfermedades (Hammerschmidt; citado por Echeverri, *et al*, 2006).

Existen procesos que por medio de aplicaciones periódicas de estimulantes inducen naturalmente a las plantas a generar resistencia (inductores de resistencia) como consecuencia del ataque de microorganismos, especialmente hongos (Hammerschmidt; citado por Echeverri, *et al*, 2006).

Las moléculas generadas o inductores de resistencia (posiblemente fitoalexinas) poseen una intensa actividad antibiótica (Ebel; citado por Echeverri, *et al*, 2006).

La inducción de metabolitos secundarios es una alternativa mediante la cual la planta se adapta a un estrés físico, bioquímico o microbiano (Zhao, *et al*, 2005). De esta manera la planta adquiere nuevas defensas químicas contra un posible patógeno.

Echeverri, *et al*, (2006), en su estudio comprobó la actividad de generación positiva de fitoalexina 4 –hidroxianigorufona al aplicar dosis mínimas de calcio y magnesio en las hojas de banano (var. Cavendish).

Adicionalmente dichos inductores están exentos de los efectos biocidas asociados a los pesticidas tradicionales (Echeverri, *et al*, 2006)

Actualmente en el mercado existen productos comerciales de origen natural que proveen algunos de los beneficios mencionados anteriormente y que pueden ser utilizados para el efecto. En el Anexo 1, se describe las características del bioestimulante que se utilizó en ésta investigación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

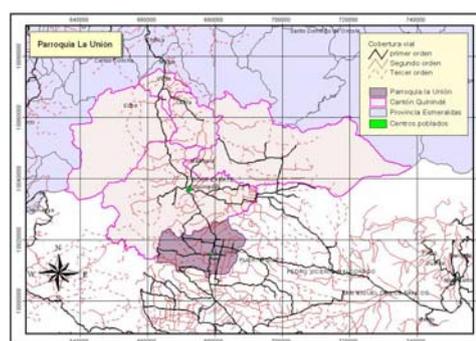
3.1.1. Ubicación Política

Cuadro 6. Situación política del área de investigación.

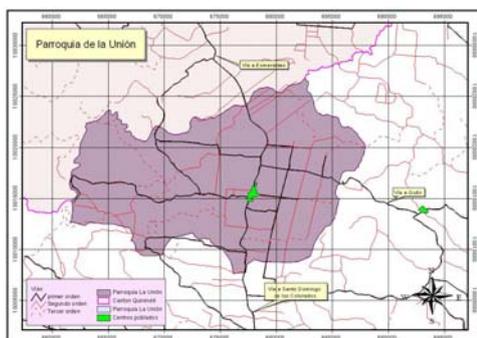
Provincia	Esmeraldas
Cantón	Rosa Zarate
Parroquia	La Unión
Sitio	Hacienda “San Jorge. km 55 de la Vía Santo Domingo – Esmeraldas.



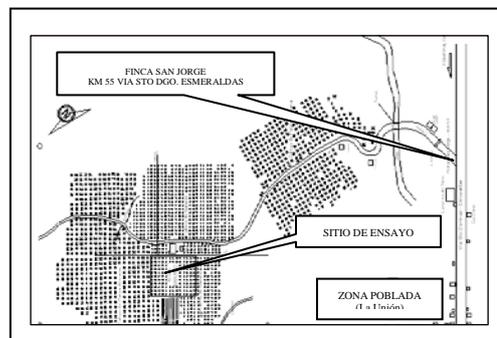
Mapa de la provincia de Esmeraldas



Mapa de ubicación Cantón Rosa Zarate (Quinde).



Mapa de ubicación parroquia La Unión (Zona Poblada).



Mapa de ubicación Hacienda “San Jorge”.

Figura 1. Mapas de ubicación del sitio de investigación (Provincia de Esmeraldas).

3.1.2. Ubicación Geográfica

Cuadro 7. Situación geográfica del área de investigación.

Longitud	UTM Este (x): 678060,8154
Latitud	UTM Norte (y): 33172,03691
Altitud	230 m s.n.m.

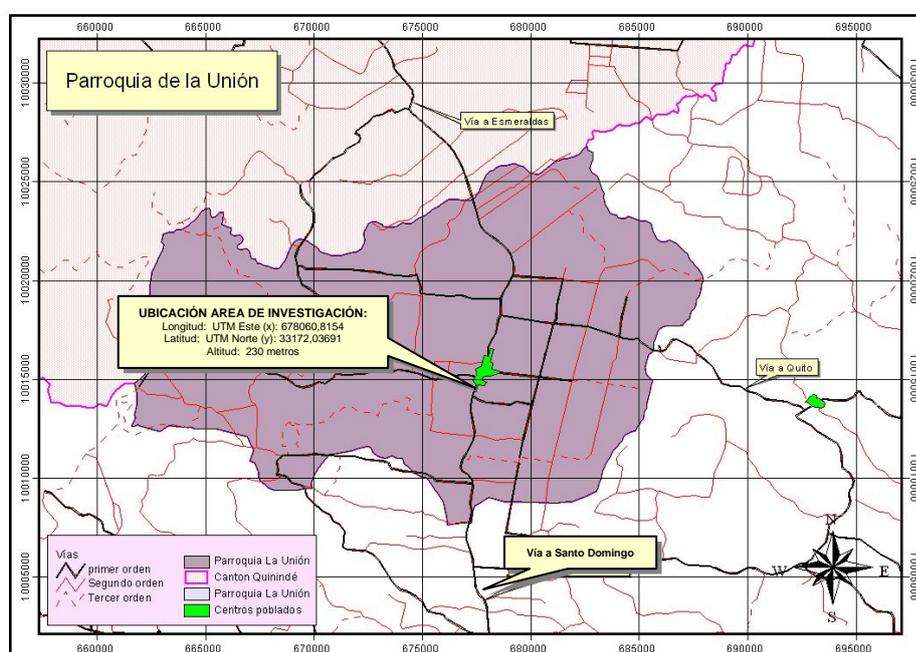


Figura 2. Ubicación del área de investigación, de acuerdo a las coordenadas UTM.

3.1.3. Ubicación Ecológica

La zona en mención corresponde de acuerdo a la Clasificación Ecológica de Holdridge al Bosque húmedo tropical (bh – T). (Cañadas, 1983).

Cuadro 8. Características edafológicas de la Finca “San Jorge. Esmeraldas – La Unión, 2007.

pH del suelo	5,28
Declive	2 % (*)
Textura del suelo	Franco arenoso

Fuente: Informe de Análisis – Finca San Jorge. Laboratorio SESA. (2007)

(*) El terreno fue prácticamente plano. Porcentaje establecido por la experiencia.

El respectivo Informe de Análisis de suelo efectuado en el área de ensayo se describe en el Anexo 2.

Cuadro 9. Características agroclimáticas de la zona de Esmeraldas (La Unión)

Temperatura media	24,5 °C
Precipitación anual	2520,7 mm
Humedad Relativa	88,6%

Fuente: Cañadas, C. (1983). Estación Meteorológica: Amancay – Quininde.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Material Vegetal

- 140 Plantillos (5 meses de edad) de banano Var. Cavendish.

3.2.2. Material de Campo

3.2.2.1. Instalación de parcelas

- 1 rollo de 1000 metros de cinta plástica de ½ pulgada (suncho).
- 32 letreros para identificación de parcelas (28 parcelas de tratamientos y 4 repeticiones).
- Un rollo de piola plástica.
- 44 estacas de latilla de caña, de 1 metro de largo.

3.2.2.2. Identificación de plantas (unidades experimentales)

- 140 letreros de plástico rojo (15 cm. x 20 cm.).
- Una libra de clavos de 2 pulgadas.
- Marcador de tinta indeleble negra.
- Un rollo de cinta plástica adhesiva transparente de 2 pulgadas de ancho.

3.2.2.3. Evaluaciones

- Una garrucha (bastón baja hojas)
- Un podón
- Una navaja
- Tablero y hojas de campo
- Lápiz portaminas
- Marcadores de tinta indeleble

3.2.2.4. Aplicaciones

- Bioezkudo[®] (Bioestimulante): caneca de 20 litros.
- Bomba nebulizadora. Capacidad 15 litros. Cilindraje 77 cc.
- Probeta graduada de 500 ml de capacidad.
- Un frasco de 100 ml de Agrofix (fijador).
- 5 canecas de 20 litros de capacidad.
- Peachímetro.

3.2.3. Material de oficina (tabulación y procesamiento de datos)

- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Hojas

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Diseño Experimental

3.3.1.1. Factores a probar

- Práctica cultural poda foliar temprana.
- Bioestimulante (BE).

3.3.1.2. Tratamientos a comparar

Se evaluaron siete tratamientos, que se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Tratamientos en la investigación para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano.

T1	Manejo de la Finca (MF) (Testigo).
T2	Poda tercera hoja (PH3).
T3	Poda tercera hoja (PH3) + Bioestimulante (BE); aplicado al suelo (s)
T4	Poda tercera hoja (PH3) + Bioestimulante (BE); aplicado al follaje (f)
T5	Aplicación de Bioestimulante (BE) al suelo (s).
T6	Aplicación de Bioestimulante (BE) al follaje (s).
T7	Aplicación de Bioestimulante (BE) aplicado al suelo(s) y follaje (f).

3.3.1.3. Tipo de diseño

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA).

3.3.1.4. Repeticiones o bloques

Cuatro repeticiones.

3.3.1.5. Características de la unidad experimental

Las características de la unidad experimental se resumen en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Características del área de ensayo utilizada en la investigación

Componente	Número de Plantas	Superficie ocupada (m ²)
Parcela útil	5	No aplica ⁽¹⁾
Unidad Experimental	32	200 (20 m x 10 m)
Total del ensayo	896	5600
Separación entre tratamientos	2	No aplica ⁽²⁾
Separación entre repeticiones	2	No aplica ⁽²⁾

- ⁽¹⁾ Las plantas tomadas estuvieron distribuidas indistintas del área dentro de la unidad experimental.
⁽²⁾ Se tomaron 2 plantas en el borde de cada parcela como separación entre unidades experimentales para evitar los efectos del traslape en las aplicaciones. Determinar un área exacta resulta poco práctico.

Cada parcela fue de forma rectangular, de 20 metros de largo por 10 metros de ancho; las cuales estuvieron limitadas por cinta plástica (suncho).

3.3.1.6. Croquis del diseño

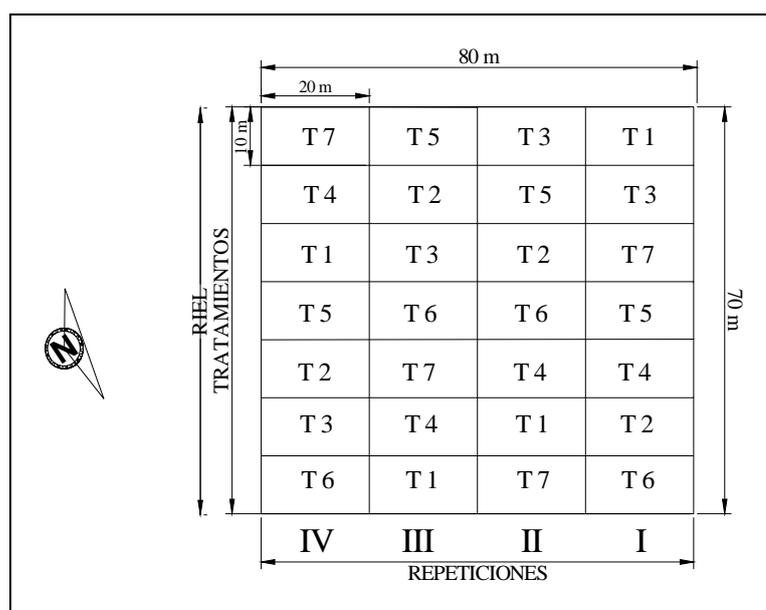


Figura 3. Disposición de los tratamientos y las repeticiones implementadas en el área de ensayo para la investigación.

3.3.2. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el Análisis de Varianza (ADEVA) correspondiente al diseño de bloques completos al azar (DBCA), para determinar los valores promedio y el coeficiente de variación (CV), y así poder establecer diferencias significativas entre los tratamientos y dar validez a los valores obtenidos.

3.3.2.1. Esquema del ADEVA

Diseño de bloques completos al
azar:

Elementos:

Número de tratamientos 7

Número de repeticiones 4

Cuadro 12. Esquema del análisis estadístico (ADEVA) correspondiente a un DBCA.

Fuentes de Variación	Formulas	Grados de Libertad
Total	$(r \times t) - 1$	27
Repeticiones	$r - 1$	3
Tratamientos	$t - 1$	6
Error	$(r - 1)(t - 1)$	18

3.3.2.2. Coefficiente de variación

Los valores de coeficiente de variación obtenidos fueron expresados en porcentaje (%), mediante la siguiente formula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{\chi}} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación (%)

CMe = Cuadrado medio del error experimental

$\bar{\chi}$ = Promedio de las medias de los tratamientos

3.3.2.3. Análisis funcional

La comparación entre medias para los diferentes tratamientos se realizó con la prueba de Tukey al 5%, como prueba de significación estadística.

3.3.3. Análisis Económico

Se determinó el costo total (CT) y el costo variable (CV) de cada uno de los tratamientos experimentales, para establecer diferencias económicas entre ellos.

Posteriormente con los datos obtenidos de la variable de producción 'Peso neto del racimo' se procedió a calcular el rendimiento de cada tratamiento en kilogramos por

hectárea año. Con los datos obtenidos de rendimiento se procedió a calcular el beneficio bruto (BB) de acuerdo al costo establecido (Octubre 2008) para el kilogramo de banano (USD. /kg). Con los valores obtenidos de beneficio bruto (BB) y costos que varían (CV) se obtuvo el beneficio neto (BN). Los costos que varían estuvieron dados por las aplicaciones y la mano de obra dentro de los mismos.

Con los valores obtenidos para beneficio neto se procedió a determinar la dominancia de los tratamientos y se efectuó el análisis marginal respectivo de acuerdo a la metodología establecida por Perrín *et al.* (1976).

El análisis se basó en las diferencias cuantitativas entre los tratamientos y la relación directa costo – beneficio que se mantuvo, reflejada en la tasa de retorno marginal (TRM) (%).

3.3.4. Variables a Medir

3.3.4.1. Incidencia de la enfermedad

Con el propósito de determinar la incidencia de la enfermedad se procedió a evaluar visualmente las variables: número de hojas afectadas (NHA) y hoja más joven afectada (HMJA), para obtener los valores de porcentaje de hojas sanas (PHS) y hoja más joven afectada (HMJA). Para las evaluaciones se tomaron 5 plantas representativas (parcela útil) del centro de cada unidad experimental (parcela neta). Las variables fueron evaluadas de la siguiente manera:

**1) Número de hojas afectadas
(NHA)**

Por conteo directo se efectuó el registro del número de hojas con síntomas distinguibles a simple vista de la enfermedad (manchas con halo amarillento).

**2) Hoja más joven afectada
(HMJA)**

Se efectuó el registro del número de la hoja más joven afectada, determinada por la presencia de los signos evidentes a simple vista de la enfermedad (manchas con halo amarillento).

Una vez obtenidos los datos de las variables descritas se procedió a determinar el porcentaje de hojas sanas (PHS) y la hoja más joven afectada (HMJA) en la hoja de cálculo mencionada anteriormente. El cálculo está basado en formulas prediseñadas en base a criterios técnicos. (Anexo 3).

3.3.4.2. Severidad de la enfermedad

Con el propósito de determinar la severidad de la enfermedad se procedió a evaluar visualmente las variables: emisión foliar, estado de la hoja bandera, nivel de infección y densidad de ataque para reflejar el índice de estado evolutivo (EE), mediante el Sistema de Preaviso Biológico (Fouré,

1985). Para las evaluaciones se tomaron 5 plantas representativas (parcela útil) del centro de cada unidad experimental (parcela neta). Las variables fueron evaluadas de la siguiente manera:

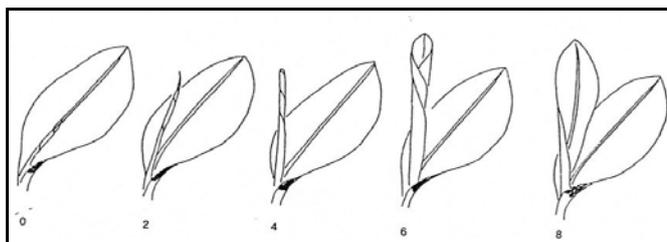
1) **Emisión foliar**

La emisión foliar fue evaluada visualmente por conteo directo de las hojas por planta. Para el conteo se tomó en cuenta hojas consideradas como funcionales, con un ancho superior a 15 cm. medidos en el centro de la lámina.

Se consideró también para el conteo hojas podadas por sanidad o manejo, que estuvieron por encima de una hoja que contaba como funcional.

2) **Estado de la hoja bandera**

Se determinó visualmente (comparación) de acuerdo a los estados de desarrollo descritos por Brun (1963). Los estados se pueden observar en la Figura 4.



Fuente: Marín y Romero. (1994)

Figura 4.- Estados de la hoja Bandera – Escala de Brun (1963).

3) Nivel de infección

Se determinó visualmente de acuerdo a la escala de estadios de desarrollo de la Sigatoka negra propuesta por Fouré (1985). La escala se describe a continuación, en el Cuadro 13:

Cuadro 13.- Estadios de desarrollo de la Sigatoka negra (Fouré, 1985).

Estadio	Descripción del Síntoma
1	Pequeña decoloración o depigmentación que solo es observable en el envés de la hoja. Incluye una pequeña pizca de color café rojizo dentro del área decolorada. No es visible a través de la luz.
2	Pequeña estría de color café rojizo visible en el haz y envés.
3	La estría aumenta su grosor y longitud, se mantiene de color café rojizo.
4	Hay cambio de color a café oscuro y negro. Se considera este síntoma como mancha.
5	La mancha negra está rodeada por un halo amarillo (clorótico)
6	La mancha nuevamente sufre cambios de color empieza a deprimirse, y en las zonas más claras (gris-blanco) se observan los peritecios (puntos negros)

Fuente: Marín y Romero. (1994)

4) Densidad de Ataque

Se determinó visualmente, tomando como referencia una cantidad de 50 lesiones del estadio más desarrollado en la hoja. Se señaló con los signos más (+) y menos (-), dependiendo si superaba o no este valor.

Se consideró como un estadio con signo positivo (“+”, más) a las manchas que presentaron un halo amarillo en hojas 3 o 4.

Con los datos obtenidos de las variables anteriores se procedió a calcular los índices de estado evolutivo (EE) con la ayuda de la hoja de cálculo desarrollada por el autor. La hoja de cálculo fue elaborada en Excel, y está basada en la metodología del Sistema de preaviso biológico (Fouré, 1988). La hoja de cálculo refleja los valores de estado evolutivo en la planta (EEP), estado evolutivo en la hoja tres (EEH3) y estado evolutivo en la hoja cuatro (EEH4). Además los valores de porcentaje de hojas sanas (PHS) y hoja más joven afectada (HMJA).

Cabe recalcar que si bien la hoja de cálculo utilizada para obtener los datos respectivos se basó en el Sistema diseñado por Fouré (1988), fue modificada por el autor para poder reflejar todas las variables en forma práctica y útil para cumplir los objetivos planteados en esta investigación (Anexo 3).

3.3.4.3. Eficacia de los tratamientos

Se planteó un análisis de la eficacia de los tratamientos aplicando la fórmula de Henderson y Tilton (BASF, 1996).

Formula de eficacia de *Henderson* y *Tilton* (BASF 1996).

$$E = 1 - \left(\frac{B_n \times U_v}{B_v \times U_n} \right) \times 100$$

Uv = Porcentaje de enfermedad en el testigo antes del tratamiento.
Bv = Porcentaje de enfermedad en el tratado antes del tratamiento.
Un = Porcentaje de enfermedad en el testigo después del tratamiento.
Bn = Porcentaje de enfermedad en el tratado después del tratamiento.

1) Eficacia de la poda temprana

Se efectuó el cálculo para establecer la eficacia de control de la práctica poda temprana en la hoja tres mediante la formula de *Henderson y Tilton* (BASF, 1996), utilizando los valores de estado evolutivo en la hoja tres (EEH3), debido a que este valor representa el desarrollo de la enfermedad solo en la hoja tres y resulta conveniente utilizarla para este fin.

2) Eficacia de la aplicación del bioestimulante

Se efectuó el cálculo para establecer la eficacia de la aplicación del bioestimulante en la planta, mediante la formula de *Henderson y Tilton* (BASF, 1996), utilizando los valores de estado evolutivo en la planta (EEP), debido a que este valor representa una combinación adecuada del desarrollo de la enfermedad tanto en la hoja 3 como en la hoja 4; mismo que nos da un indicio del desarrollo de la enfermedad en forma general para toda la planta y dado que el bioestimulante se aplica en toda la superficie foliar.

3.3.4.4. Variables de producción

Una vez transcurridos los 150 DDA (días después de la primera aplicación) correspondientes al periodo total de evaluaciones y cuando las plantas estuvieron en estado de cosecha se procedió a la evaluación de las variables de producción. Las variables evaluadas se describen a continuación:

1) Peso neto del racimo

Se procedió a registrar el peso (Kg.) de 4 racimos de cada tratamiento previamente señalados con cinta plástica y marcador con la ayuda de una balanza romana. Además se registro el peso del raquis de cada racimo de los tratamientos para poder restar al peso bruto del racimo y obtener el peso neto del racimo. Con el peso neto del racimo de cada tratamiento se procedió a calcular el rendimiento/ha/año para realizar el análisis económico respectivo.

2) Número de manos por racimo

Se procedió a efectuar el conteo directo y registro de todas las manos presentes en cada racimo señalado para pesar de cara tratamiento del ensayo.

3) Número de dedos por mano

Se procedió a efectuar el conteo directo de los dedos de 4 manos (una mano por racimo pesado) para poder promediar el número de dedos de cada tratamiento, y así poder efectuar la comparación cuantitativa respectiva.

3.3.5. Métodos Específicos de Manejo del Experimento

3.3.5.1. Diseño de parcela

Se procedió al trazado de las parcelas mediante el método del triángulo y usando cinta plástica (suncho). Las dimensiones de cada parcela fueron de 20 metros de largo por 10 de ancho, obteniendo un área total de 200 metros cuadrados. El área total del ensayo fue de 5600 metros cuadrados (80 metros por 70 metros) (Anexo 4).

3.3.5.2. Rotulado

1) Identificación de las parcelas

Para la identificación se procedió a colocar rótulos en una esquina de cada una de las mismas con la codificación correspondiente a los tratamientos y repeticiones establecidos en el sorteo al azar (Anexo 4).

2) Identificación de las plantas

Para la identificación de las plantas a evaluar en cada unidad experimental se utilizaron rótulos plásticos numerados del 1 al 5. Dichos rótulos se insertaron a las plantas que se encontraban en las zonas centrales de cada parcela con la ayuda de clavos de 1 pulgada. La

selección de las plantas se basó en la presencia de 5 ó 6 hojas funcionales para empezar (edad promedio 4 a 5 meses).

3.3.5.3. Evaluaciones

La evaluación de las variables establecidas en la metodología del ensayo se efectuó cada 15 días (Anexo 6). Para las evaluaciones se consideraron las mismas plantas seleccionadas. Con la finalidad de evitar pérdidas de confiabilidad estadística con el traslape del producto en las aplicaciones se dejó un borde de 2 plantas en cada parcela.

Se estableció un periodo de 150 DDPA (días después de la primera aplicación) totales para la fase de campo basado en los siguientes criterios:

- El sistema de Preaviso Biológico está diseñado para evaluar a partir de plantas jóvenes.
- La poda temprana se recomienda efectuarla en plantas jóvenes (plantillos) hasta antes de la aparición de la inflorescencia.

3.3.5.4. Poda temprana

Esta actividad se efectuó mediante un corte limpio y sin desfleques en la tercera hoja con la ayuda del podón, correspondiente al 16 % del área foliar en la región del ápice. Esta labor se realizó cada 15 días con la aparición de una nueva tercera hoja.

3.3.5.5. Aplicaciones de bioestimulante

Las aplicaciones del producto se efectuaron cada 15 días en los tratamientos T3, T4, T5, T6 y T7 (Anexo 6); se llevaron a cabo con una bomba nebulizadora de motor (alcance vertical 5 metros y alcance horizontal 12 metros), aplicando 10 ml de producto bioestimulante (Bioezkudo) por litro de agua. En los días con amenaza de lluvia se adicionó a la mezcla 0,5 ml de adherente (Agrofix) por litro de agua.

3.3.5.6. Manejo del cultivo

1) Fertilización del cultivo

Para poder realizar la fertilización del cultivo en el área de ensayo se procedió a efectuar un análisis de suelo (Anexo 2) previo a la instalación de los tratamientos para poder establecer las necesidades nutricionales del cultivo.

En base al análisis de suelo se determinó que el nivel de nutrientes disponibles en el suelo era alto, excepto para los nutrientes: Potasio (Medio), Calcio (Medio), Magnesio (Bajo) y Manganeso (Medio) (Anexo 2).

La fertilización establecida para el área del ensayo en base al análisis de suelo fue básica de mantenimiento; utilizando un fertilizante completo más una fuente de potasio, de la siguiente forma: Aplicación de 120 gr. de Nitrofoska azul (fertilizante

completo) una vez al mes y como complemento 60 gr. de Muriato de potasio cada 45 días. Ambos se aplicaron en forma manual; dispersando el fertilizante alrededor del hijo de sucesión en semicírculo (media luna), desde la base hasta 90 centímetros hacia el exterior distribuidos uniformemente.

Dicho programa de fertilización ayudó a mantener un buen estado nutritivo, ya que hasta la cosecha no se observaron marcados problemas de deficiencias, además los racimos fueron de características comerciales y el ratio en el área de ensayo fue de 0.9.

2) Labores culturales

Riego

Solo se efectuó un riego en la primera semana de diciembre (salida de época seca) con un sistema de aspersión (gran cañón). Ya que el ensayo se desarrolló en época lluviosa (Anexo 6) no se requirieron riegos adicionales.

Deshierba

No se efectuaron controles de malezas durante el tiempo transcurrido en el área del ensayo.

Deshije

Esta labor se efectuó cada 2 meses (de acuerdo al manejo de la finca) en todos los lotes. El objeto de esta labor fue de mantener la densidad adecuada por unidad de superficie, un espaciamiento uniforme entre plantas, y regular el número de hijos por unidad de producción; seleccionando los mejores hijos y eliminando los deficientes.

Deshoje

Se realizó durante las labores de encintado, enfunde, poda sanitaria, etc., todas las semanas. El objeto de esta labor fue eliminar las hojas que ya cumplieron su ciclo, agobiadas o dobladas y las que estén interferían en el desarrollo del racimo. El corte fue lo más cercano posible a la base de la hoja.

Poda sanitaria (cirugía)

Se realizó periódicamente a la par con las demás prácticas de manejo y según la necesidad del cultivo. El objeto de este método de defoliación abiótico fue eliminar las partes afectas con síntomas visibles (manchas) de la enfermedad, para evitar el desarrollo y proliferación de fuentes de inóculo.

Apuntalado

Se utilizó cañas secas de 2 a 4 metros de largo. Esta labor se realizó periódicamente según las necesidades del cultivo, cuando las plantas emitieron el racimo y tendía a inclinarse. El objeto fue fijar o apuntalar un punto específico del tallo que ayude a sostener el peso del racimo al lado contrario, y que la planta no se vire.

Destore

Esta práctica se efectuó para eliminar las puntas de la flor masculina para estimular la caída de las brácteas florales. Se efectuó periódicamente según la presencia y desarrollo de las inflorescencias.

Enfunde y encinte

Se realizó posterior al destore y caída la tercera bráctea de la inflorescencia masculina. Sujetando la funda (funda de polietileno) al tallo de la inflorescencia con una cinta plástica de color (identificación en la cosecha). Un color por cada semana de desarrollo del racimo dependiendo de semana del ciclo en la que se encuentre.

Desmane

El desmane se realizó periódicamente según la necesidad, cuando los frutos estuvieron colocados en dirección hacia abajo. Consistió en eliminar la última mano (falsa mano) y una o dos de las siguientes, que se estima no llegarán a adquirir el tamaño mínimo requerido, con el objeto de favorecer al desarrollo de las manos restantes.

Prevención fitosanitaria

Ya que la idea fue producir frutos de excelente calidad para el mercado, en la finca como en todas las plantaciones bananeras se realizaron controles químicos periódicos fijos preestablecidos en la programación anual de aplicaciones a las plantaciones (fumigaciones aéreas) (Anexo 7).

Durante el periodo de investigación se efectuaron 14 ciclos de aplicación programada por la finca. Los productos empleados para el control fitosanitario fueron Sico, Davex, Calixin, Regnum, Siganex, Tilt, Voley y Tega. La rotación entre de los productos fue de acuerdo a la programación de la finca (Anexo 7). Adicionalmente se efectuó un interciclo con Baycor e inductoes de fitoalexinas.

Identificación de los racimos para la cosecha

Esta labor se realizó para identificar los racimos dentro de cada tratamiento para la cosecha y evaluación de los datos de producción. Se procedió a marcar 4 racimos por cada parcela (promedio representativo) mediante cintas plásticas en las que se incluyó la codificación respectiva a cada tratamiento.

Cosecha

Al finalizar el periodo de evaluaciones se procedió a realizar la cosecha de 4 racimos dentro de cada tratamiento para efectuar la evaluación de producción y registro de los datos correspondientes. Los datos obtenidos de rendimiento sirvieron para efectuar el análisis económico de los tratamientos (numeral 3.3.3. Análisis económico).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD

Como la incidencia está expresada en la cantidad de una enfermedad en un individuo, es correcto decir que se evaluó el número de partes de la planta (en este caso hojas, por el tipo de enfermedad) con la presencia de la enfermedad expresada en porcentaje (%). Así también la hoja más joven afectada da una indicación del progreso de la enfermedad. En otras palabras, cuanto más joven es la hoja con síntomas, mayor es la incidencia de la enfermedad (Marín y Romero, 2002).

Cabe señalar que si bien el método empleado en ésta investigación para determinar el porcentaje de hojas sanas no es tan prolijo como el ‘Método de Stover Modificada por Gauhl (1989)’, el utilizado es más fácil, rápido y práctico (Anexo 3).

4.1.1. Porcentaje de Hojas Sanas

4.1.1.1. Evaluación preliminar

En el ADEVA para la variable porcentaje de hojas sanas en la evaluación preliminar (Cuadro 14), no se encontraron diferencias estadísticas significativas para tratamientos ni repeticiones. Una vez evaluadas las variables y determinado el porcentaje promedio de hojas sanas (90,29%) (Cuadro 14), se pudo confirmar la buena sanidad de la plantación, al menos en esta variable.

Cuadro 14. ADEVA para ‘Porcentaje de Hojas Sanas’.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PRELIM	45 DDA ¹	105 DDA ¹	150 DDA ¹
TOTAL	27	37,13	24,35	97,31	76,32
TRATAMIENTOS	6	36,58 ^{ns}	22,08 ^{ns}	280,14 ^{**}	216,13 ^{**}
REPETICIONES	3	84,34 ^{ns}	110,58 ^{**}	138,12 [*]	106,43 [*]
ERROR EXPERIMENTAL	18	29,44	10,74	29,56	24,70
Porcentaje Promedio		90,29	86,76	63,98	67,60
CV (%)		6,01	3,78	8,50	7,35

¹ Días Después de la Aplicación

^{ns} No significativo

^{*} Significativo

^{**} Altamente significativo

Mediante la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 15), se logró identificar un solo rango de significación estadística (a), demostrando que las condiciones del ensayo son adecuadas para establecer diferencias en los tratamientos durante el transcurso de las evaluaciones.

Cuadro 15. Tukey al 5% para ‘Porcentaje de Hojas Sanas’ en tratamientos.

TRATAMIENTOS			Promedios Estado Evolutivo Planta			
No	Código	Descripción	PRELIM	45 DDA	105 DDA	150 DDA
T1	MF	Manejo de la Finca	86,17 a	87,64 a	53,39 b	59,91 b
T2	PT	Poda Temprana	95,25 a	89,71 a	70,92 a	71,73 a
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioestimul. suelo	89,39 a	82,93 a	70,02 a	75,46 a
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioestimul. follaje	88,55 a	87,66 a	76,10 a	77,64 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	92,07 a	88,16 a	60,25 b	66,13 b
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	88,52 a	84,28 a	57,05 b	61,36 b
T7	BSF	Bioestimulante al suelo follaje	92,06 a	86,95 a	60,15 b	60,94 b

Cabe destacar que dentro del rango determinado, el tratamiento manejo de la finca obtuvo el menor valor de sanidad (86,17%).

La homogeneidad de los datos observados (Figura 5) fue un indicio de que la temperatura y la humedad no favorecieron la germinación y desarrollo de la

enfermedad hasta estadíos considerados como mancha y que entran dentro del conteo de esta variable (estadíos 4, 5 y 6).

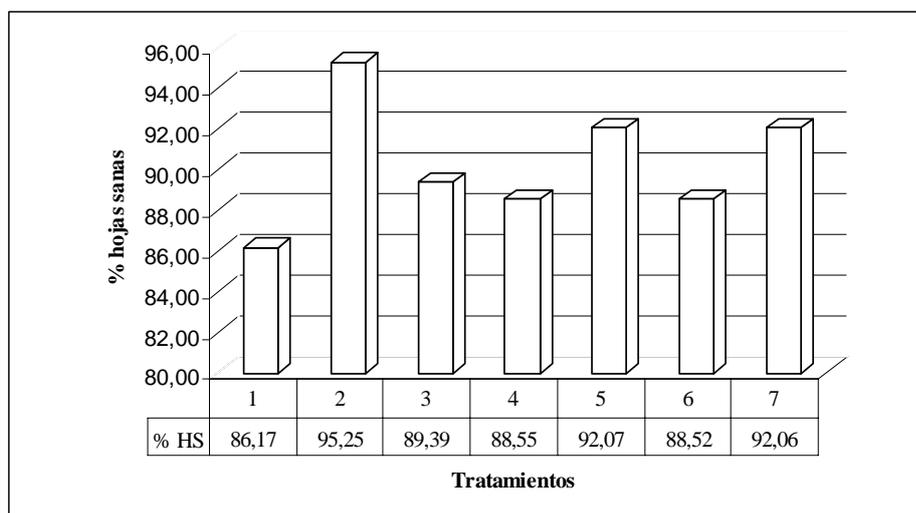


Figura 5. 'Porcentaje de Hojas Sanas' para los tratamientos en la evaluación preliminar.

Dicho resultado está sustentado por la teoría que manifiesta que la producción de esporas está ligada a los meses lluviosos del año (Ávila, 1995).

4.1.1.2. A los 45 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable porcentaje de hojas sanas a los 45 días después de la aplicación (Cuadro 14), no se detectaron diferencias significativas para los tratamientos (Coeficiente de variación 3,78%).

Sin embargo se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas para las repeticiones, que posiblemente se deban a una mala aplicación de la práctica de poda sanitaria, que disminuyó el número de hojas afectadas en forma heterogénea entre los

bloques (repeticiones); o dicho resultado representa un fenómeno no relacionado con el ensayo, y atribuible a aspectos como una mala aplicación de fungicidas o un mal control cultural.

A pesar de lo mencionado anteriormente se debe considerar que si se pretende modificar la dinámica de la enfermedad y evaluar un estadio de desarrollo avanzado (estadios 4, 5 y 6) y notorio a simple vista se debe esperar un tiempo prudencial hasta que dichos cambios se manifiesten. En ésta investigación los resultados evidenciaron diferencias significativas a partir de la evaluación de los 60 DDA (Anexo 9).

El promedio general de hojas sanas fue de 86,76%, siendo ligeramente más bajo que el de la evaluación preliminar; posiblemente debido a un incremento en la incidencia de la enfermedad (incremento de precipitaciones y temperatura), y la presencia de un mayor número de hojas afectadas por planta.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 15), no logró identificar rangos de significación estadística, posiblemente se deba a que los controles en ésta evaluación aún no evidencian los efectos positivos esperados, ya que la hoja podada en la evaluación preliminar (Hoja III) aún no alcanza el nivel promedio de hojas con signos visibles de la enfermedad (Hojas VIII, IX y X) y posiblemente tendrían que pasar varias evaluaciones para evidenciar efectos estadísticamente significativos (Anexo 8).

El tratamiento con el mayor porcentaje de hojas sanas fue el T2 (Poda temprana), con 89,71%; y el tratamiento con el menor porcentaje de hojas sanas fue el tratamiento T3 (Poda temprana + Bioestimulante al suelo) con 82,93% (Figura 6).

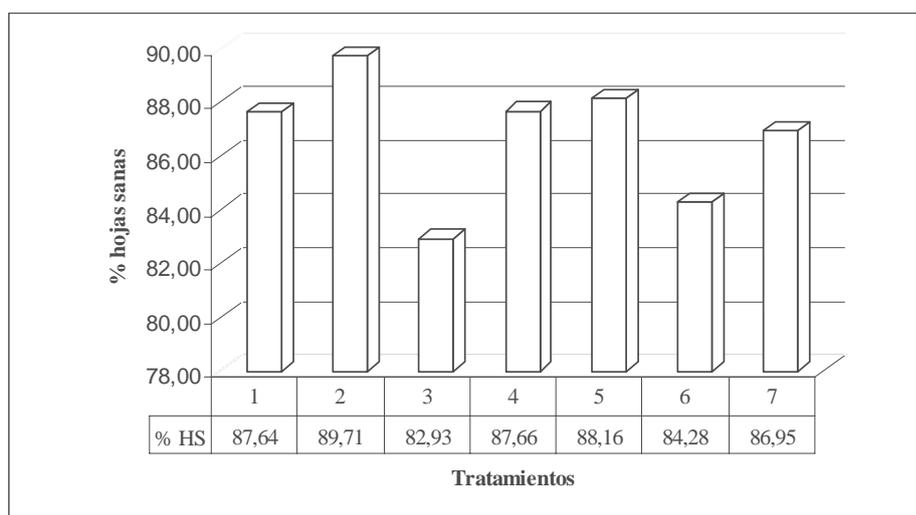


Figura 6. ‘Porcentaje de Hojas Sanas’ para los tratamientos a los 45 días después de la aplicación.

4.1.1.3. A los 105 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable porcentaje de hojas sanas a los 105 días después de la aplicación (Cuadro 14), se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos, lo cual indica que el efecto de los tratamientos se ha realizado; y se evidencia las mismas tendencias de evaluaciones anteriores. Además cabe resaltar que para esta variable se encontraron leves diferencias a partir de los 75 DDA (días después de la aplicación). (Anexo 9).

Adicionalmente se logró detectar diferencias significativas entre las repeticiones, lo cual dirige hacia dos posibilidades, la primera por efecto de las labores efectuadas, ya que han transcurrido algunas aplicaciones y es lógico suponer que las diferencias sean marcadas con el paso del tiempo; la segunda, un efecto no relacionado a los tratamientos, posiblemente atribuido al efecto de los cultivos adyacentes al ensayo (Anexo 5).

En la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 15), se logró identificar dos rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango con el mayor porcentaje de hojas sanas para la evaluación se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 76,10%. Como se puede observar (Figura 7) los mejores tratamientos para la evaluación han sido los tratamientos podados, dentro de los cuales se destaca levemente el tratamiento T4 (a). En el segundo rango con el menor porcentaje de hojas sanas para la evaluación se encuentra el tratamiento T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con 53,39% (b). Nótese que, dicho resultado es lógico, al pensar que la acción de la poda temprana como un método de defoliación abiótico (Martínez y Castañeda, *et al*, 2006) afecta en forma directa al disminuir los estadios tempranos de la enfermedad, evitando que la infección avance de un estado pizca (1, 2 y 3) a un estado mancha (4, 5 y 6), y a su vez evitando incrementar el porcentaje de hojas afectadas, y al ejercer su efecto en mayor medida que las aplicaciones del bioestimulante.

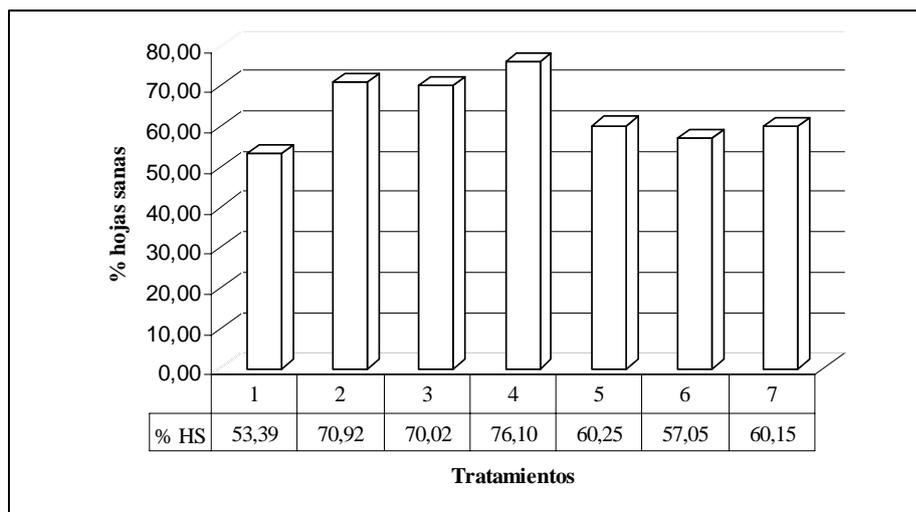


Figura 7. 'Porcentaje de Hojas Sanas' para los tratamientos a los 105 días después de la aplicación.

Como se observa en la Figura 7, se empieza a evidenciar una leve tendencia positiva en los tratamientos de mejores expectativas (según resultados en variables anteriores), las cuales podrían ser confirmadas en evaluaciones posteriores. Cabe resaltar que si bien ha existido un efecto retardado en la diferenciación en esta variable, se debe considerar que los efectos estadísticamente significativos aparecieron en la evaluación a los 75 DDA.

El promedio alcanzado de porcentaje de hojas sanas para la evaluación fue de 63,98%, que es bajo en comparación con la evaluación preliminar (90,29%), sin embargo se recalca que en dicha instancia no existía una presión de la enfermedad tan marcada por la ausencia de lluvia, temperaturas y humedades relativas altas, factores importantes para la diseminación y desarrollo de la enfermedad (Marín y Romero, 1994). Los resultados anteriores están sustentados en el coeficiente de variación para la evaluación de 8,50%, el cual se considera bajo para las condiciones de campo del ensayo y las características de la enfermedad.

4.1.1.4. A los 150 días después de la aplicación

En el análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de hojas sanas a los 150 días después de la aplicación (Cuadro 14), se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos, valores que están sustentados en el coeficiente de variación del 7,35%, considerado bajo para las condiciones en las cuales se desarrollo el ensayo.

Al final del ensayo se han acentuado las diferencias entre los tratamientos, a pesar de que el promedio de porcentaje de hojas sanas para esta evaluación (67,60%) no ha variado mayormente en comparación con las evaluaciones anteriores (Anexo 9), como el caso de la evaluación a los 120 DDA que fue 67,97%.

Al finalizar las evaluaciones y después de analizar la dinámica de las hojas en la interacción con la enfermedad se pudo asumir que el porcentaje de hojas sanas fue en disminución por dos factores, uno básico y muy importante por el incremento de la presión de la enfermedad al acrecentarse las lluvias y la temperatura, y segundo por la dinámica de la enfermedad. Además se debe considerar que en plantas jóvenes (5 meses aproximadamente) la presencia de la enfermedad no es tan marcada como en plantas adultas (8 hojas funcionales) debido a que la mayoría de esporas del hongo se encuentran dispersas en niveles superiores a los 3 metros, en donde son más fácilmente dispersadas por el viento.

Mediante la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 15), se logró identificar dos rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango con

el mayor porcentaje de hojas sanas el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 77,64%; y en el segundo rango con el menor porcentaje de hojas sanas se encuentra T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 59,91%.

Como se puede observar en la Figura 8, los tratamientos con mayores porcentajes de hojas sanas son los que se incluyó la poda temprana, destacándose el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con un pico del 80% (77,64%) de sanidad, que representa 8 hojas libres de enfermedad dentro del total de hojas promedio (11) al final del ensayo; como antecedente se sabe que para producir un racimo comercial se necesitan 8 hojas funcionales (Cortés, 1997), es decir, las variables están dentro de un parámetro bastante bueno.

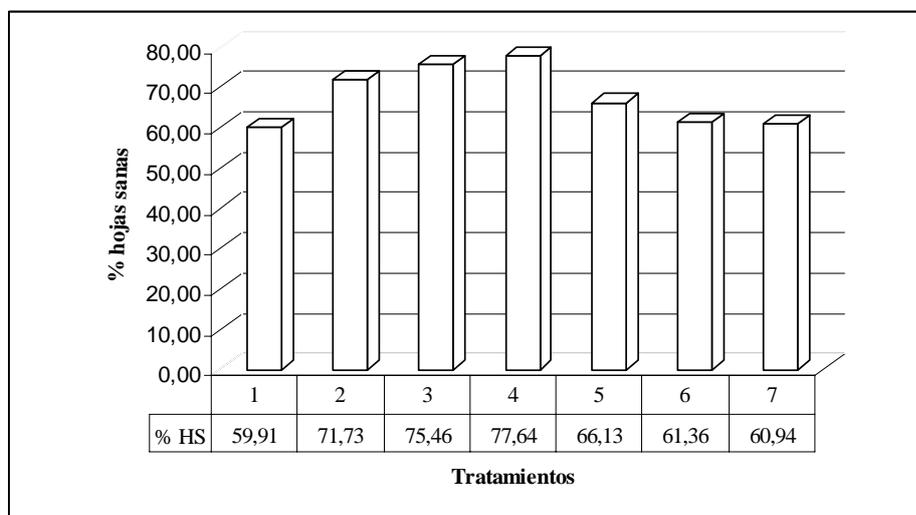


Figura 8. 'Porcentaje de Hojas Sanas' a los 150 días después de la aplicación de los tratamientos.

Se confirma la tendencia de mejores controles establecidos por los tratamientos en los cuales se efectuó la poda temprana. Sin embargo cabe recalcar que los efectos positivos marcados se han evidenciado a partir de la evaluación a los 75 DDA

(Anexo 9); posiblemente porque la poda temprana se efectúa a nivel de la hoja III y los signos visibles de la enfermedad (estado de mancha) se presentan principalmente en hojas viejas (8, 9, 10, etc.).

El tratamiento con mejor respuesta en el transcurso del ensayo para la variable ha sido el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje), efecto que posiblemente se deba a un efecto combinado entre la poda temprana y el bioestimulante aplicado al follaje.

De acuerdo a los bajos coeficientes de variación obtenidos para esta variable (< 10%) bajo las condiciones planteadas en el ensayo se respaldan los resultados obtenidos, teniendo como objeto la mayoría de las recomendaciones, implementada sola o en conjunto con la aplicación del bioestimulante a la poda temprana.

4.1.2. Hoja Más Joven Afectada

Según Marín y Romero (2002), la hoja más joven afectada (HMJA) da un indicio del progreso de la enfermedad. En otras palabras, cuanto más joven es la hoja con síntomas, mayor es la incidencia de la enfermedad.

4.1.2.1. Evaluación preliminar

En el ADEVA para la variable hoja más joven afectada en la evaluación preliminar (Cuadro 16), no se encontraron

diferencias significativas para tratamientos y repeticiones, puesto que aún no se habían implementado las labores.

Cuadro 16. ADEVA para ‘Hoja Más Joven Afectada’.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PRELIM	45 DDA ¹	105 DDA ¹	150 DDA ¹
TOTAL	27	0,39	0,36	1,11	0,98
TRATAMIENTOS	6	0,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}	3,62 ^{**}	3,29 ^{**}
REPETICIONES	3	0,74 ^{ns}	1,14 [*]	0,95 ^{ns}	0,28 ^{ns}
ERROR EXPERIMENTAL	18	0,43	0,28	0,30	0,33
Hoja promedio^{***}		8	10	8	8
CV (%)		8,05	5,48	7,23	7,01

¹ Días Después de la Aplicación
^{ns} No significativo
^{*} Significativo
^{**} Altamente significativo
^{***} Datos redondeados

En ésta variable sanitaria, se evidencia una vez más que al contar con condiciones adecuadas para el establecimiento de los tratamientos se pueden constituir diferencias significativas al igual que en anteriores variables. Es decir se cuenta con condiciones homogéneas para poder establecer diferencias en el transcurso de las evaluaciones.

Cabe destacar que si se cuenta con una ‘hoja más joven afectada’ de 8 (8,16) (valor redondeado por didáctica) en promedio (Anexo 9), se cuenta con un buen estado sanitario en las parcelas, ya que está a dos hojas de diferencia del límite crítico de 6 hojas (Bolaños, *et al.*, 2002).

Además, si se considera que la emisión foliar (número de hojas por planta) en la ‘evaluación preliminar’ es de 8 en promedio y la ‘hoja más joven afectada’

determinada es de 8, quiere decir que existe una sola hoja con síntomas visibles de la enfermedad.

Dicho promedio esta sustentado por el coeficiente de variación (8,05%) para la evaluación, considerado como bueno para las condiciones de campo del ensayo.

Con la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 17), se identifica un solo rango de significación estadística (a), que apoya los resultados reflejados en el análisis de varianza, y ratifica una vez más que las condiciones son adecuadas para establecer diferencias en los tratamientos durante el transcurso de las evaluaciones. Todos los tratamientos tienen en promedio 8 (8,16) como hoja más joven afectada. (Anexo 9).

Cuadro 17. Tukey al 5% para ‘Hoja Más Joven Afectada’.

TRATAMIENTOS			Promedios Estado Evolutivo Planta*			
No.	Código	Descripción	PRELIM	45 DDA	105 DDA	150 DDA
T1	MF	Manejo de la Finca	8 a	10 a	7 b	7 b
T2	PT	Poda Temprana	8 a	10 a	8 a	9 b
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioestimul. al suelo	8 a	9 a	8 a	9 b
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioestimul. al follaje	8 a	10 a	9 a	10 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	8 a	9 a	7 b	8 b
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	8 a	9 a	7 b	8 b
T7	BSF	Bioestimulante al suelo follaje	8 a	10 a	7 b	8 b

* Datos redondeados

En la Figura 9, se puede observar que no existen mayores diferencias entre los tratamientos. Cabe aclarar que en ésta variable las parcelas con mejores condiciones al inicio del ensayo fueron de los T3 y T4.

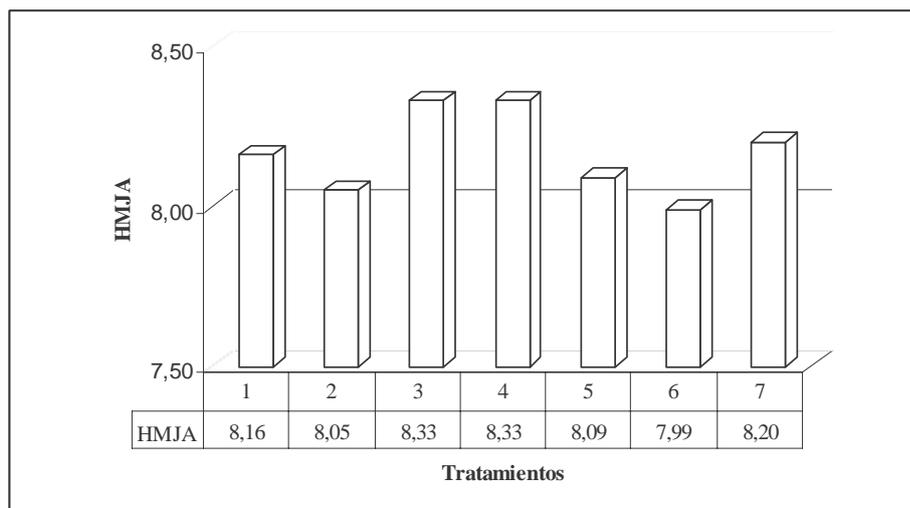


Figura 9. 'Hoja Más Joven Afectada' para los tratamientos en la evaluación preliminar.

4.1.2.2. A los 45 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable hoja más joven afectada a los 45 días después de la aplicación (Cuadro 16), no se detectaron diferencias significativas para los tratamientos (Coeficiente de variación de 5,48%).

Sin embargo se determinaron diferencias estadísticas significativas para las repeticiones, que posiblemente se deban a una mala práctica de eliminación de las hojas manchadas inferiores (labor de deshoje de la finca), que repercutió en la incidencia y severidad de la enfermedad al constituirse una fuente de inóculo potenciada por las condiciones climáticas que la favorecieron.

El promedio de hoja más joven afectada para la evaluación es 10 (9,63 redondeado). Lo cual indica que el promedio ha subido desde la evaluación preliminar; lo cual es bueno si consideramos que la 'hoja más joven afectada' se encuentra dos hojas más

abajo, y se cuenta con 9 hojas libres de enfermedad para que se pueda desarrollar un buen racimo de características comerciales.

Es posible que los controles aún no hayan evidenciado sus efectos positivos en forma acentuada. Por ello se asume que puede deberse a que la hoja podada en la evaluación preliminar (Hoja 3) aún no alcanza el nivel de hojas con signos visibles de la enfermedad (Hojas 8, 9 y 10).

Encabeza el rango con el mayor índice de 'hoja más joven afectada' se encuentra el tratamiento T1 (Manejo de la Finca), T2 (Poda temprana) y T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 10 (redondeado); y con la menor índice de 'hoja más joven afectada' se encuentran los tratamientos T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo), T5 (Bioestimulante aplicado al suelo) y T6 (Bioestimulante al follaje) con 9 (redondeado).

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos para esta evaluación existió una leve tendencia positiva en la unidad experimental del tratamiento en donde se efectuó la poda temprana con la aplicación del bioestimulante al follaje (T4). Sin embargo los resultados son un poco distintos a las tendencias en variables anteriores, ya que en el caso del tratamiento T3 (poda temprana + bioestimulante al suelo) presentó el índice más bajo para la evaluación. No existe teoría que ayude a sustentar los resultados mencionados. No así el tratamiento T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) el cual se mantuvo a la par con los mejores tratamientos (T4 y T2) (Figura 10).

Cabe destacar que en esta evaluación las diferencias entre los tratamientos no son estadísticamente significativas, por lo cual se consideraran los resultados de evaluaciones posteriores para emitir un criterio al respecto, ya que posiblemente las labores implementadas son de efecto progresivo.

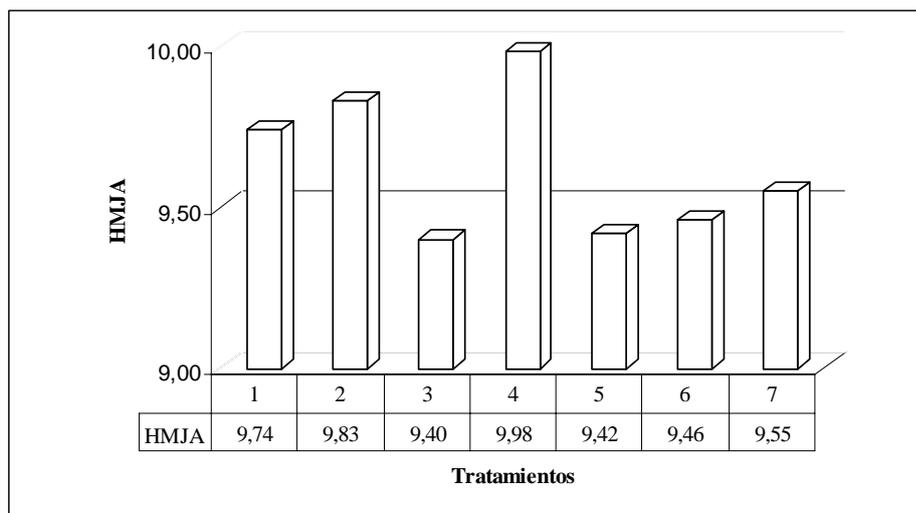


Figura 10. ‘Hoja Más Joven Afectada’ para los tratamientos a los 45 días después de la aplicación.

También vale considerar que el objeto de las labores implementadas es modificar la dinámica de la enfermedad, y que dichas labores son prácticas no convencionales (no químicas), que posiblemente, y como se ha venido reiterando en variables anteriores, se deba esperar un tiempo prudencial hasta que los cambios se manifiesten.

4.1.2.3. A los 105 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable hoja más joven afectada a los 105 días después de la aplicación (Cuadro 16), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos. Evidenciando el efecto de

las labores implementadas; y como se mencionó anteriormente el efecto a sido progresivo y en ésta evaluación se demuestra que la poda temprana ha llegado a las hojas de mayor edad (Anexo 8).

No se determinaron diferencias significativas para las repeticiones, que a diferencia de la evaluación anterior (que presentó significación estadística para repeticiones) se puede notar que el número de 'hoja más joven afectada' promedio (8) ha disminuido en dos unidades, lo que se atribuye a alguna de las labores habituales de la finca (poda sanitaria) que ha afectó la cantidad de síntomas visibles de la enfermedad. Dichas posibilidades están sustentadas por el bajo coeficiente de variación encontrado en ésta evaluación (7,23%).

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 17), logró identificar dos rangos de significación estadística (a y b). Encabezando el primer rango con la mayor "hoja más joven afectada" se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 9 (redondeado). Y en el segundo rango con la menor "hoja más joven afectada" se encuentran los tratamientos T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO), T5 (Bioestimulante al suelo), T6 (Bioestimulante al follaje) y T7 (Bioestimulante al suelo follaje), todos con 7, demostrando lo mencionado en variables anteriores.

Como se puede observar en la Figura 11, la dinámica de la enfermedad ha sido alterada por los tratamientos, como lo demuestran los tratamientos podados, que una vez más se han ajustado a la tendencia de control esperada. No a si los tratamientos en los cuales solo se ha efectuado la aplicación de bioestimulante.

Se puede distinguir que las aplicaciones de bioestimulante han demostrado mejores efectos al disminuir la severidad de la enfermedad expresado como índice de estado evolutivo, no ha si en los porcentajes de hojas sanas y en la ‘hoja más joven afectada’, posiblemente se deba a que la poda al ser un método de defoliación abiótico ejerce su efecto directo sobre incidencia de la enfermedad al eliminar estadíos tempranos (1, 2 y 3) de la Sigatoka negra.

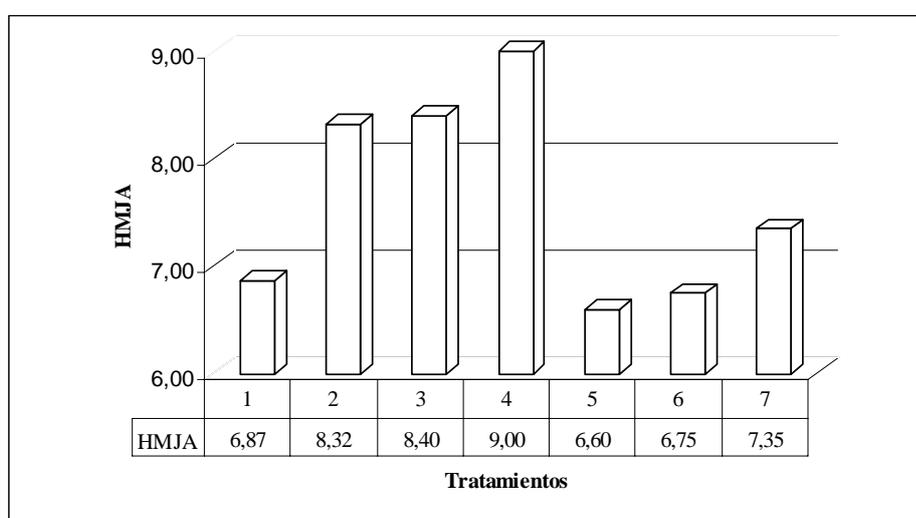


Figura 11. ‘Hoja Más Joven Afectada’ para los tratamientos a los 105 días después de la aplicación.

4.1.2.4. A los 150 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable hoja más joven afectada a los 150 días después de la aplicación (Cuadro 16), se determinaron diferencias altamente significativas para los tratamientos. El promedio de hoja más joven afectada de 8,23 (8,00 redondeado), igual al de la evaluación anterior; sin embargo, de la tendencia anterior solo se ha mantenido en el T4 y no en los demás tratamiento donde se efectuó la poda temprana. Como lo puede corroborar la prueba

de Tukey al 5% (Cuadro 17), que logró detectar dos rangos de significación estadística (a y b). En el primer rango con la mayor “hoja más joven afectada” únicamente se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 10 (redondeado) (a). Encabezando el segundo rango se encuentran el T2 (Poda temprana) y T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) con 9 (b); seguidos de T5 (Bioestimulante al suelo), T6 (bioestimulante al follaje) y T7 (bioestimulante al suelo –follaje) con 8 (b); y finalizando el rango con la menor “hoja más joven afectada” se encuentra T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 7.

Aunque no se han encontrado diferencias estadísticas significativas para ‘la hoja más joven afectada’ entre los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6 y T7, fue clara una menor incidencia de la enfermedad en las unidades experimentales en las cuales se efectuó la poda temprana (Figura 12).

Dichos resultados están sustentados por el bajo coeficiente de variación para la evaluación, que fue de 7,01%, considerado bueno para las condiciones del ensayo y las características de la enfermedad. Además, se debe resaltar el repunte positivo que ha demostrado el tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo y al follaje). Como se puede observar en la Figura 12, los resultados un tanto parejos, con excepción del manejo de la finca (T1) con una hoja más joven afectada de 7, y el tratamiento T4 con 10.

Los resultados en la evaluación final demuestran que los tratamientos podados (T2, T3 y T4) presentan 2 hojas adicionales libres de la enfermedad comparado con el

TESTIGO. Y los tratamientos aplicados presentan una diferencia de una hoja adicional libre de enfermedad.

Cabe recalcar que los efectos positivos significativos se evidencian a partir de la evaluación de los 60 DDA (Anexo 9); posiblemente porque los efectos positivos de control tanto para la poda temprana como el bioestimulante son de orden progresivo, según se evidencia en anteriores variables.

El tratamiento con mejor respuesta en el transcurso del ensayo para esta variable ha sido el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje), efecto que posiblemente se deba a un efecto combinado entre la poda temprana y el bioestimulante aplicado al follaje.

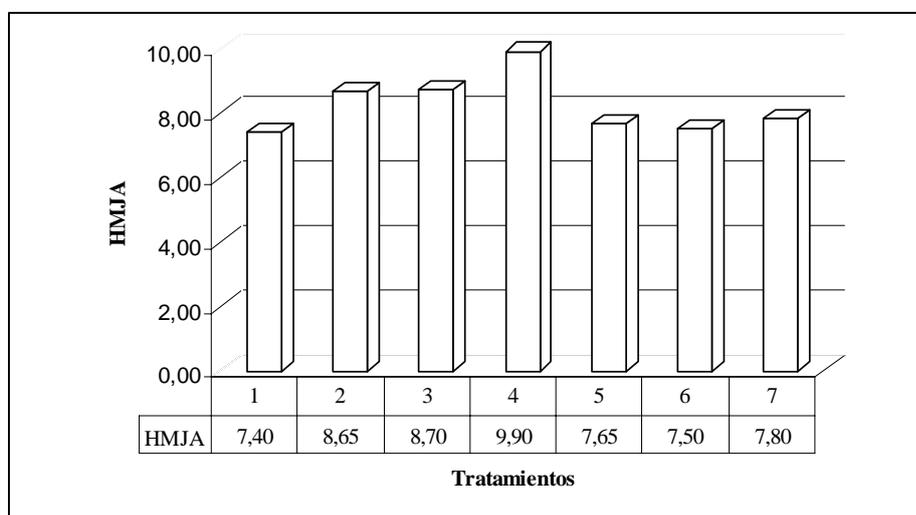


Figura 12. 'Hoja Más Joven Afectada' para los tratamientos a los 150 días después de la aplicación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada evaluación se pudo comprobar que existe un mejor control en los tratamientos en los que se incluye la poda temprana.

En base a los resultados obtenidos para la variable comparando los promedios de los tratamientos podados (T2, T3 y T4) con el promedio para el testigo (Anexo 9) se concluye que se ha conseguido dos hojas libres de la enfermedad adicionales, que es mejor al compararlo con los resultados obtenidos en Colombia, en donde se logró conseguir una hoja adicional libre de la enfermedad (Martínez y Castañeda, *et al*, 2006). Sin embargo, se debe tener en cuenta que en esta investigación se potenció el efecto de la poda con la aplicación de un bioestimulante.

4.2. SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD

El estado evolutivo o velocidad de desarrollo de la enfermedad es un índice basado en componentes biológicos, el cual sirvió para establecer cuantitativamente la severidad de la enfermedad en las plantas de evaluación.

4.2.1. Estado Evolutivo en la Planta

4.2.1.1. Evaluación preliminar

Antes de implantar los tratamientos en las unidades experimentales respectivas se realizó una evaluación previa como punto de referencia para futuras evaluaciones.

En el ADEVA para la variable estado evolutivo en la planta para la evaluación preliminar (Cuadro 18) no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el ensayo. Después de evaluar las variables y el cálculo correspondiente se estableció

un Estado Evolutivo en la Planta de 170,41 (Cuadro 18) para la evaluación, el cual indica que la investigación inicia con un buen estado sanitario general (umbral para la finca 250), posiblemente debido a que la ‘evaluación preliminar’ se efectuó a salida de época seca (14/12/2007), donde las condiciones ambientales con bajas precipitaciones, humedad y temperatura han reflejado una baja incidencia de la enfermedad.

Cuadro 18. ADEVA para ‘Estado Evolutivo en la Planta’.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PRELIM	45 DDA ¹	105 DDA ¹	150 DDA ¹
TOTAL	27	3436,50	4775,81	6592,43	15699,30
TRATAMIENTOS	6	1794,94 ^{ns}	9548,30 [*]	19829,50 ^{**}	48328,55 ^{**}
REPETICIONES	3	11047,87 [*]	3727,50 ^{ns}	4069,07 ^{ns}	1830,26 ^{ns}
ERROR EXPERIMENTAL	18	2715,12	3359,69	2600,64	7134,38
Promedio Estado Evolutivo		170,41	183,24	241,34	278,20
CV (%)		30,58	31,63	21,13	30,36

¹ Días Después de la Aplicación

^{ns} No significativo

^{*} Significativo

^{**} Altamente significativo

De acuerdo a la significación estadística se asume que las condiciones con las cuales partió el ensayo fueron las apropiadas para establecer diferencias entre los tratamientos con el transcurso de las evaluaciones posteriores. Además de acuerdo a los resultados positivos obtenidos en los estudios efectuados en las zonas bananeras de Urabá y Magdalena en Colombia (Martínez y Castañeda, *et al*, 2006) bajo condiciones similares de cultivo se justifica el valor obtenido, que se encuentra dentro del límite de confiabilidad.

El coeficiente de variación de 30,58% es alto, pero se considera aceptable de acuerdo a referencias personales (Zurita, 2008¹) de anteriores ensayos de validación en campo en la zona, dicho coeficiente se encuentra dentro del rango esperado para las condiciones ambientales y las características de la enfermedad en la zona de La Unión – Esmeraldas.

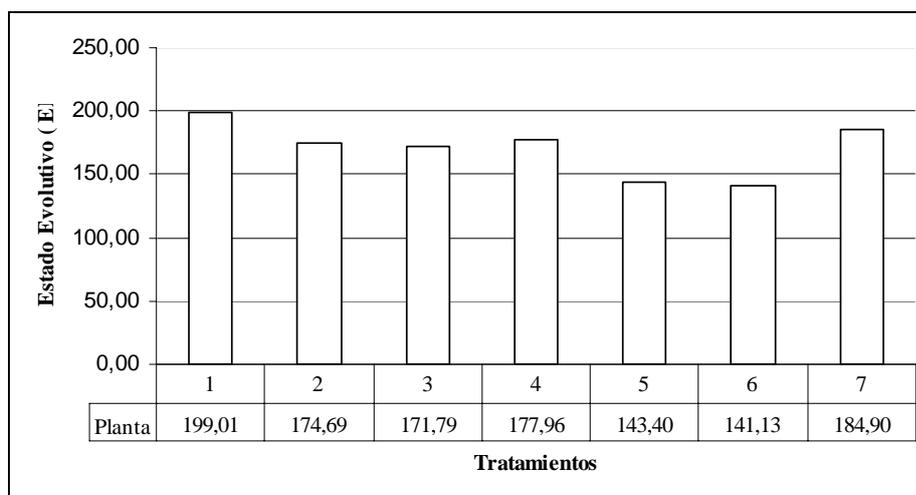


Figura 13. Índice de ‘Estado Evolutivo en la Planta’ para los tratamientos en la evaluación preliminar.

La Figura 13 indica que el tratamiento T6 (Bioestimulante al follaje) obtuvo el menor índice de estado evolutivo de 141,13; y con el mayor índice se encontró T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) con 199,01 de estado evolutivo.

4.2.1.2. A los 45 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo de la planta a los 45 días después de la aplicación (Cuadro 18), se

¹ Zurita, G. 2008. Estadística Agrícola (Reunión – Entrevista). Quito, Agroambiente Cía. Ltda.

encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, atribuidas a la influencia de las labores aplicadas para el control de la enfermedad en las parcelas del ensayo.

En esta evaluación se evidencia un cambio en la dinámica de la enfermedad reflejada en la severidad en cada parcela experimental, lo que demuestra que en los tratamientos al efectuar la poda temprana en la hoja tres y aplicar el bioestimulante se reducen las lesiones iniciales de la enfermedad y por ende el volumen del inóculo, ambos representados por el índice de estado evolutivo.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el índice de severidad entre los tratamientos T2, T3, T4, T5, T6 y T7, existió una mayor sanidad en las unidades experimentales en las cuales se efectuó la poda temprana.

El coeficiente de variación para la evaluación fue de 31,63% es alto, sin embargo se considera aceptable para estas condiciones y sustentado por los valores obtenidos en una investigación previa en la zona (Quishpe, 2008). Además según Zurita (2008²) los valores de coeficiente de variación son aceptables hasta un 35% para ensayos bajo las condiciones de la zona La Unión y las características de la enfermedad (los valores obtenidos en la investigación son similares a los obtenidos en ensayos de validación en campo evaluados por varios años en la zona). El promedio general de estado evolutivo fue de 183,24, que es ligeramente mayor al índice de la 'evaluación preliminar', posiblemente debido a que la incidencia de la enfermedad se ha

² Zurita, G. 2008. Estadística Agrícola (Reunión – Entrevista). Quito, Agroambiente Cía. Ltda.

incrementado por la presencia de lluvias que favorecen la dispersión de la enfermedad y el desarrollo de infecciones.

También se debe considerar que el coeficiente obtenido puede ser por efecto de alguna fuente de variación externa que afecto a los bloques al momento de la evaluación. Posiblemente algún cultivo adyacente diferente o una mala aplicación en los controles periódicos de la finca.

Con la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 19) se logró identificar dos rangos de significación estadística (a y b). En el primer rango se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con un estado evolutivo de 151,31 (a), siendo el tratamiento de mejor respuesta.

Cuadro 19. Tukey al 5% para 'Estado Evolutivo en Planta' para los tratamientos.

TRATAMIENTOS			Promedios Estado Evolutivo Planta			
No	Código	Descripción	PRELIM	45 DDA	105 DDA	150 DDA
T1	MF	Manejo de la Finca	199,01 a	288,09 b	373,95 b	445,55 b
T2	PT	Poda Temprana	174,69 a	157,31 a	216,29 a	263,05 a
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioestimul. al suelo	171,79 a	152,53 a	200,37 a	177,75 a
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioestimul. al follaje	177,96 a	151,31 a	149,29 a	164,29 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	143,40 a	197,71 a	263,23 a	388,77 b
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	141,13 a	170,33 a	264,24 a	316,43 a
T7	BSF	Bioestimulante al suelo follaje	184,90 a	165,39 a	221,98 a	191,57 a

En el primer rango se pudo observar la tendencia descendente en el índice de estado evolutivo en los tratamientos a los cuales se les efectuó la poda temprana, posiblemente debido a que este método de defoliación abiótica temprana elimina estadios iniciales (pizcas) de la enfermedad, interrumpiendo el ciclo de vida del agente causal (Fouré, citado por Soto, 1998), evitando así su desarrollo y propagación. El tratamiento T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con 288,09 (b),

presentó el mayor estado evolutivo encontrado en la evaluación, corroborando así que el Manejo de la finca se encontraba en desventaja al compararlo con los demás tratamientos.

En el Figura 14, se pueden observar las diferencias estadísticas encontradas por la prueba de Tukey (5%), donde se puede determinar el efecto de control positivo sobre la enfermedad, tanto de la poda temprana como la aplicación del bioestimulante. Así como también se puede apreciar una leve superioridad de los tratamientos en los cuales se efectuó la poda temprana, que posiblemente se deba a la eliminación directa e inmediata de estadíos tempranos de la enfermedad, lo que impide de esta manera el desarrollo a síntomas posteriores que se reflejan en un menor índice de estado evolutivo.

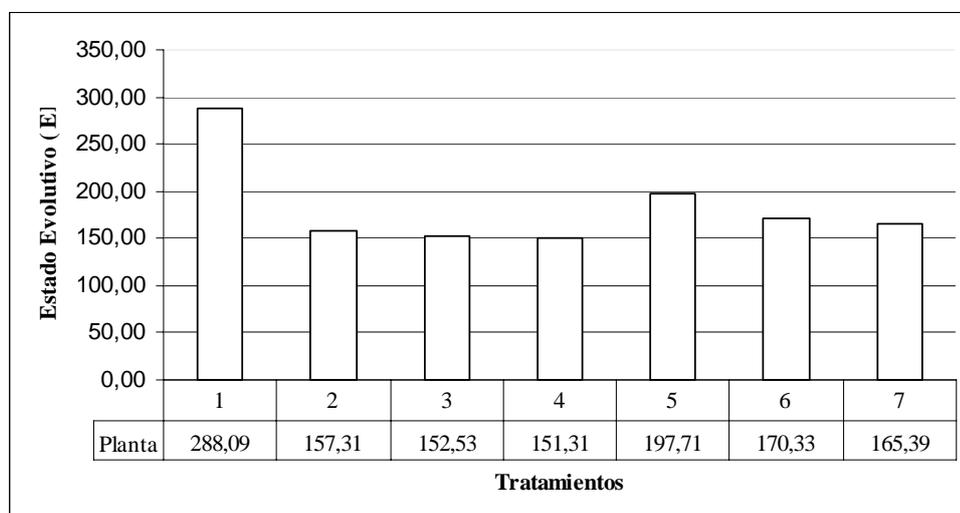


Figura 14. Índice de 'Estado Evolutivo en Planta' para los tratamientos a los 45 días después de la aplicación.

Como experiencia durante las evaluaciones desarrolladas se puede mencionar que desde la primera poda temprana efectuada en las parcelas, se pudo observar una

notoria disminución en la presencia de pizcas (estadios 1, 2 y 3) en las hojas 3 y 4 evaluadas en los respectivos tratamientos.

4.2.1.3. A los 105 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo de la planta a los 105 días después de la aplicación, (Cuadro 18) se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos. Dichos resultados evidenciaron los contrastes existentes y marcaron aún más la tendencia presente en evaluaciones anteriores. También se puede observar un incremento considerable en el índice de estado evolutivo promedio (241,34), que posiblemente se deba a la influencia del aumento de las lluvias y la presencia de sol intensos; condiciones que según Marín y Romero (1994) favorecen notoriamente la germinación y crecimiento de las esporas por efecto de la humedad y temperatura.

Cabe destacar que la estación lluviosa estuvo caracterizada por la presencia de lluvias en horas de la tarde e insolación en horas de la mañana, propiciando la presencia de un microclima constante que influyó en la variante dinámica de la enfermedad.

El coeficiente de variación obtenido para la evaluación de 21,13%, se considera bueno para las condiciones de campo en el ensayo y las características de la enfermedad en la zona; magnificadas por un sistema como el cultivo de banano (clon genéticamente uniforme), en el cual la propagación vegetativa (reproducción

asexual), el sistema de monocultivo extensivo y la uniformidad genética lo hacen altamente vulnerable a ataques epidémicos de la enfermedad.

Mediante la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 19) se logró identificar dos rangos de significación estadística para los tratamientos (a y b). En los cuales se logra establecer diferencias marcadas, caracterizadas por un menor índice para T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 149,29 (a) de estado evolutivo; a diferencia del manejo de la finca (Testigo) el cual se ha mantenido con los índices más altos de severidad (b; 373,95) para esta evaluación. Adicionalmente se puede observar que los mejores promedios los mantienen los tratamientos en donde se efectuó la poda temprana (T2, T3 y T4). Es evidente que se ha mantenido la tendencia de control esperada, y sustentada por la teoría.

En la Figura 15, se puede observar las tendencias de superioridad en los tratamientos donde se ha efectuado la poda temprana. Esta evaluación se ha caracterizado por un incremento marcado en el estado evolutivo del tratamiento T1 (Manejo de la finca).

De acuerdo a la teoría de la investigación, condiciones como humedad y temperatura, se potencian en ausencia de un control eficaz. Además se puede evidenciar una vez más la tendencia que mantiene el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) como el mejor control.

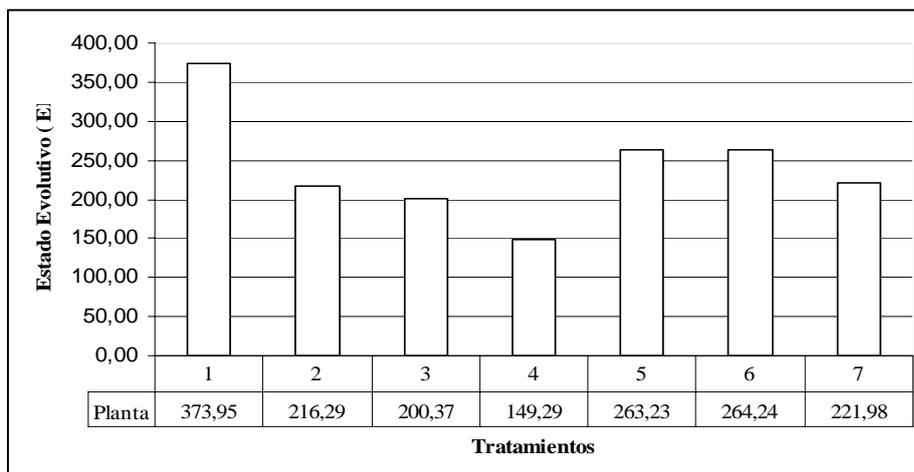


Figura 15. Índice de ‘Estado Evolutivo en la Planta’ para los tratamientos a los 105 días después de la aplicación.

4.2.1.4. A los 150 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo de la planta a los 150 días después de la aplicación (Cuadro 18) se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, confirmando las tendencias anteriores. Dichos resultados confirman la hipótesis de que los tratamientos aplicados representan un efecto de control sobre la enfermedad en comparación con el Manejo de la finca. Además dentro del análisis se puede comprobar la superioridad de los tratamientos en los cuales se efectuó la práctica cultural poda temprana. Resultados que son similares a los obtenidos por Martínez y Castañeda (2006) en su investigación.

En los resultados obtenidos para la evaluación, se puede observar un incremento en el índice de estado evolutivo promedio de la planta (278,20) (Cuadro 18), posiblemente debido a la influencia persistente de las lluvias y sol en la zona, que

inciden en la presión de la enfermedad. Una vez más el tratamiento T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) obtuvo el mayor estado evolutivo. El índice promedio para la evaluación fue de 278,20.

El coeficiente de variación fue de 30,36% que se considera aceptable y se enmarca dentro del rango esperado en una investigación anterior (Quishpe, 2008). Además se debe considerar que el coeficiente obtenido puede ser por efecto de alguna fuente de variación externa que afectó a los bloques al momento de la evaluación. Posiblemente los cultivos de palma y maracuyá adyacentes o una mala aplicación en los controles periódicos de la finca.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 19), logra identificar dos rangos de significación estadística. Con el menor índice está el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con un estado evolutivo de 164,29 (a); seguido de los tratamientos T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo), T7 (Bioestimulante al suelo – follaje), T2 (Poda temprana) y T6 (Bioestimulante al follaje) con 177,75 (a), 191,57 (a), 263,05 (a) y 316,43 (a), respectivamente. Y los índices más altos de la evaluación se encuentran en T5 (Bioestimulante al suelo) con 388,77 (b) y T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 445,55 (b).

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el índice de severidad de la enfermedad entre los tratamientos T2, T3, T4, T6 y T7, la mayor sanidad de la unidad experimental se ha mantenido con los tratamientos podados.

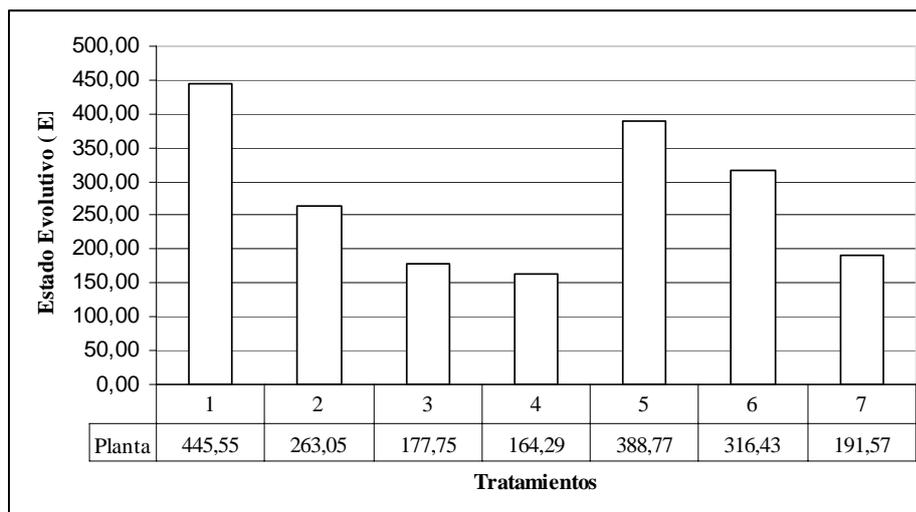


Figura 16. Índice de ‘Estado Evolutivo en la Planta para los tratamientos a los 150 días después de la aplicación.

En la Figura 16, se observa que el tratamiento con el menor estado evolutivo es el T4, en comparación con los demás tratamientos, incluso los podados. Efecto que se atribuye a la combinación de la poda temprana con el bioestimulante aplicado al follaje. Además se puede observar que el tratamiento con el mayor estado evolutivo al final del ensayo (150 DDA) ha sido el T1, posiblemente debido a la presencia de la enfermedad sin la acción de un control eficaz.

De la misma forma se pudo determinar que en los tratamientos a los cuales se aplicó solo el bioestimulante no se presentaron marcadas tendencias; sin embargo, se pudo observar un leve efecto de control en comparación con el Manejo de la finca. En el T7, se evidenció un buen efecto de control, atribuido a la doble acción que representa tanto la aplicación al suelo como la aplicación al follaje durante el transcurso de las evaluaciones.

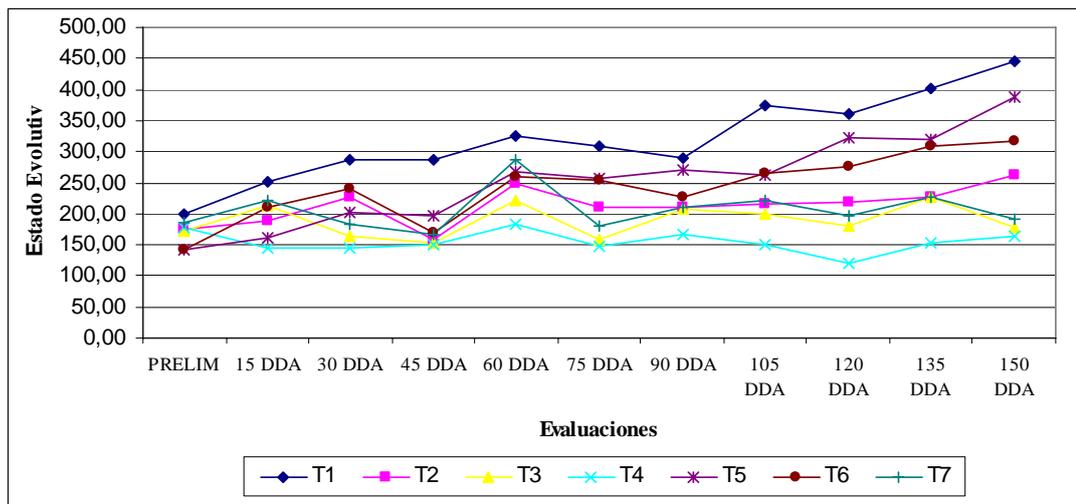


Figura 17. Comportamiento del estado evolutivo planta durante las evaluaciones.

De acuerdo a la Figura 17, a nivel general se pueden observar diferencias significativas a partir de la tercera (30 DDA) y cuarta (45 DDA) evaluación, posiblemente debido a que ambas prácticas, poda y aplicación, podrían ser labores de efecto progresivo, a diferencia de los productos químicos en donde el efecto es casi inmediato.

Al analizar los resultados anteriores se puede comprobar la tendencia que han marcado los tratamientos a lo largo de las evaluaciones, donde el mejor tratamiento fue el T4; lo cual se atribuye al efecto combinado de la poda temprana con el bioestimulante aplicado al follaje. En general los mejores tratamientos del ensayo bajo las condiciones de La Unión han sido los que se efectuó la poda temprana, la cual representa un método de eliminación mecánica periódica de los estadios iniciales de la enfermedad.

De acuerdo a los valores obtenidos, tanto para promedios de estado evolutivo en la planta como para los coeficientes de variación (<35%), se sustenta el manejo efectuado y las condiciones del ensayo. Los resultados obtenidos confirman las hipótesis planteadas y esperadas al planear el ensayo.

Además, de acuerdo a la Figura 17, se puede observar que las evaluaciones en general los estados evolutivos se mantuvieron con una tendencia creciente debido a las condiciones presentes en el invierno de Noviembre 2007 a Mayo 2008, caracterizado por lluvias abundantes e intensas radiaciones solares, que brindaron las condiciones apropiadas de humedad y temperatura para el desarrollo de la Sigatoka negra.

4.2.2. Estado Evolutivo en la Hoja Tres

4.2.2.1. Evaluación preliminar

En el ADEVA para la variable estado evolutivo hoja tres en la evaluación preliminar (Cuadro 20), no se encontraron diferencias estadísticas significativas para tratamientos y repeticiones. En esta instancia aún no se estableció ningún tratamiento, por lo cual se confirma categóricamente que se parte de condiciones homogéneas. Confirmando de esta manera el resultado no significativo en la evaluación similar para el 'estado evolutivo de la planta'. La evaluación contó con un coeficiente de variación de 25,23%; el cual, si bien es alto, puede ser a causa del efecto de alguna fuente de variación externa que afectó a los bloques al momento de la evaluación. Posiblemente algún cultivo

adyacente diferente (Anexo 5), o una mala aplicación en los controles periódicos de la finca (ciclos o interciclos).

Cuadro 20. ADEVA para ‘Estado Evolutivo en la Hoja Tres’.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PRELIM	45 DDA ¹	105 DDA ¹	150 DDA ¹
TOTAL	27	623,81	1047,62	647,62	2262,43
TRATAMIENTOS	6	690,48 ^{ns}	2847,62 ^{**}	2480,95 ^{**}	9414,29 ^{**}
REPETICIONES	3	890,48 ^{ns}	628,57 ^{ns}	114,29 ^{ns}	95,24 ^{ns}
ERROR EXPERIMENTAL	18	557,14	517,46	125,40	239,68
Promedio Estado Evolutivo		93,57	124,29	134,29	155,71
CV (%)		25,23	18,30	8,34	9,94

¹ Días Después de la Aplicación

^{ns} No significativo

* Significativo

** Altamente significativo

El promedio del índice de estado evolutivo fue de 93,57, valor aceptable al compararlo con el umbral de índice de estado evolutivo (120) establecido para la finca (en virtud de la experiencia); por lo cual se considera que la investigación inicia con un buen estado sanitario y se parte de condiciones homogéneas. Dicho resultado se justifica por las condiciones climáticas existentes al momento de la evaluación (salida de época seca).

Encabezando el rango se encuentra el tratamiento T6 (Bioestimulante al follaje) con el menor índice de estado evolutivo de 75,00; y con el mayor índice de estado evolutivo se encuentran T1 (Manejo de la finca, TESTIGO), T2 (Poda temprana) y T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 105,00 para todos los casos. Se debe considerar también que los resultados obtenidos para esta evaluación son similares al los observados en ‘Estado Evolutivo en la Planta’.

En la Figura 18, se observa los niveles del estado evolutivo en la hoja tres como resultado de la evaluación preliminar. Si bien los valores obtenidos difieren leve a moderadamente en cada uno de los tratamientos, se puede observar una tendencia desordenada, que se le atribuyó a la patogenicidad (mayor o menor) del hongo, el estado general de la planta y la variabilidad de las condiciones climáticas presentes en la zona. Adicionalmente se puede mencionar la dinámica de la dispersión del inóculo, que ha favorecido el desarrollo de la enfermedad.

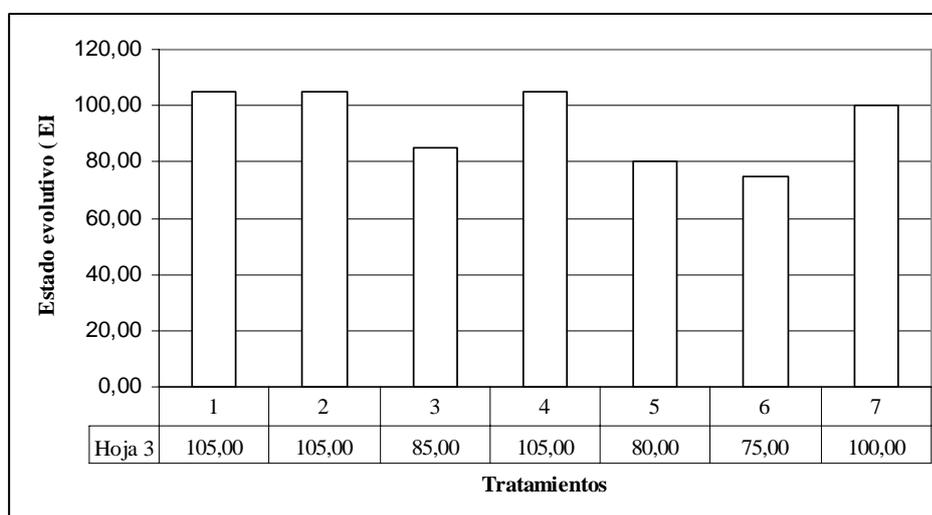


Figura 18. Índice de 'Estado Evolutivo en la Hoja Tres' para los tratamientos en la evaluación preliminar.

4.2.2.2. A los 45 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo hoja tres a los 45 días después de la aplicación (Cuadro 20), se encontraron diferencias significativas para tratamientos, ratificando el efecto de control efectuado en el 'estado evolutivo de la planta. Dichas diferencias se atribuyen al efecto de control conferido por los tratamientos implantados. Las tendencias encontradas se

relacionan con los resultados teóricos observados en otras zonas (Urabá y Magdalena - Colombia) (Martínez y Castañeda, *et al.*, 2006); en los cuales se manifiesta que se puede lograr una disminución significativa de la incidencia de la enfermedad mediante la aplicación de labores culturales tempranas.

La evaluación contó con un coeficiente de variación de 18,30%, que es aceptable, al considerar que las condiciones de variabilidad de la enfermedad son una constante en un sistema de cultivo como el de banano, y especialmente en zonas tropicales como La Unión; caracterizada por una humedad relativa mayor al 70% y una temperatura promedio de 24,3°C (Cañadas, C., 1983) Condiciones que favorecen (Según Marín y Romero, 1994) la incidencia de la enfermedad. (T°: 22 – 28 °C y HR cercanas al 90%).

Además como experiencia adquirida en campo durante el transcurso de las evaluaciones, que, tanto la temperatura como la humedad relativa tienden a incrementarse en la zona comprendida entre el suelo y la capa de hojas de banano. Por lo cual las condiciones para el desarrollo de la enfermedad fueron especialmente beneficiosas (T°: >30 °C; HR: > 80%).

El promedio general de estado evolutivo hoja tres para la evaluación fue de 124,29; el cual es mayor al estado evolutivo alcanzado en la evaluación preliminar. Esto indica que a pesar de los controles efectuados, los índices generales se han incrementado, posiblemente debido a la influencia de la presencia de lluvias constantes y radiaciones solares intensas (incrementando así la temperatura, y por lo

tanto la humedad relativa) que han caracterizado a la zona en esta época del año (25/01/2008; Anexo 6).

En la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 21), se identificaron dos rangos. Encabezando el primer rango el tratamiento T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) con un estado evolutivo de 95,00, siendo el tratamiento de mejor respuesta. Además se puede corroborar la tendencia observada en evaluaciones anteriores a un menor índice de estado evolutivo en los tratamientos que se efectuó la poda temprana; práctica que interfiere en el desarrollo de estadíos iniciales (pizcas) de la enfermedad, evitando así su propagación.

Cuadro 21. Tukey al 5% para ‘Estado Evolutivo en la Hoja Tres’ en tratamientos.

TRATAMIENTOS			Promedios Estado Evolutivo Hoja 3			
No	Código	Descripción	PRELIM	45 DDA	105 DDA	150 DDA
T1	MF	Manejo de la Finca	105,00 a	175,00 b	175,00 c	225,00 c
T2	PT	Poda Temprana	105,00 a	115,00 a	135,00 b	155,00 b
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioest. al suelo	85,00 a	95,00 a	115,00 a	125,00 a
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioest. al follaje	105,00 a	100,00 a	100,00 a	90,00 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	80,00 a	130,00 a	155,00 b	185,00 b
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	75,00 a	120,00 a	135,00 b	195,00 c
T7	BSF	Bioest. al suelo follaje	100,00 a	135,00 a	125,00 a	115,00 a

En el segundo rango se encuentra únicamente el tratamiento T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con un índice de 175,00, siendo el más alto para esta evaluación.

En la Figura 19, se puede observar claramente las diferencias encontradas mediante la prueba de Tukey (5%). Dichos resultados reflejan una marcada diferencia entre los tratamientos (en general) y el Testigo (Manejo de la Finca), y también entre los

tratamientos en los que se realizó la poda temprana (T2, T3, T4) y los tratamientos con aplicación de bioestimulante (T5, T6, T7).

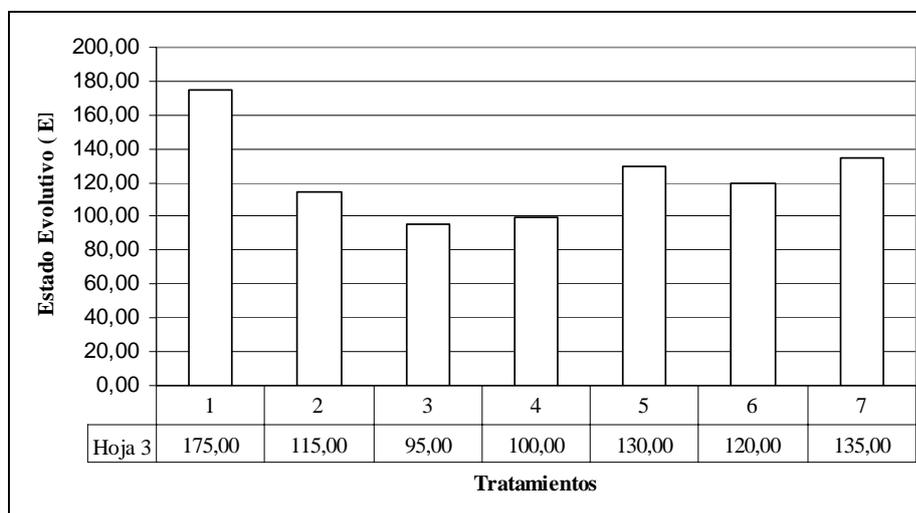


Figura 19. Índice de ‘Estado evolutivo en la Hoja Tres’ para los tratamientos a los 45 días después de la aplicación.

Además, si bien no se evidencia una marcada diferencia entre los tratamientos donde se efectuó la poda temprana en la tercera hoja, se puede observar una leve superioridad en los tratamientos donde se implementó la práctica cultural más la aplicación del bioestimulante, y al comparar ambos tratamientos podados y aplicados (T3 y T4) se puede diferenciar la superioridad del tratamiento T3, para esta evaluación.

4.2.2.3. A los 105 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable, estado evolutivo en la hoja tres a los 105 días después de la aplicación (Cuadro 20), se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Se puede observar que no existe una acentuada diferencia entre el índice promedio de estado evolutivo en esta evaluación (134,29) con la anterior (preliminar 124,29). Lo que posiblemente se deba a una estabilidad en las condiciones de control previas (Evaluaciones: 60 DDA, 75 DDA, 90 DDA; Anexo 9), a pesar de que las condiciones climáticas han favorecido la presión de la enfermedad.

Dichos resultados están confirmados por el coeficiente de variación de 8,34%, considerado bueno para las condiciones de campo en el ensayo, las características de la enfermedad y el manejo del cultivo en la zona de La Unión.

Al comparar el coeficiente de variación alcanzado para ésta evaluación, inferior al de evaluaciones anteriores, se puede asumir que los coeficientes previos obtenidos se podrían haber presentado por efecto de alguna fuente de variación externa que afectó a los bloques al momento de las evaluaciones respectivas.

En la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 21), se logró identificar tres rangos. Dentro de los cuales el mejor índice es el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con un estado evolutivo de 100,00, ratificando de esta manera la tendencia observada en evaluaciones anteriores con respecto a los tratamientos podados. De la misma forma en el segundo rango con el menor índice de estado evolutivo se encontró el tratamiento T2 (Poda temprana) con 135,00. De acuerdo a dichos resultados se puede confirmar el efecto de control adicional en los tratamientos podados. En el último rango con el mayor índice de estado evolutivo para la evaluación se encontró T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con 175,00.

En la Figura 20, se pueden observar diferencias significativas marcadas, que continúan la dinámica de evaluaciones anteriores. Dentro de la evaluación se destacan los tratamientos en los cuales se efectuó la poda temprana, y a su vez como mejor tratamiento tenemos al T4. En base a estos resultados se puede confirmar a la poda temprana como un control alternativo eficaz en la disminución de la incidencia, reflejada por el índice de estado evolutivo.

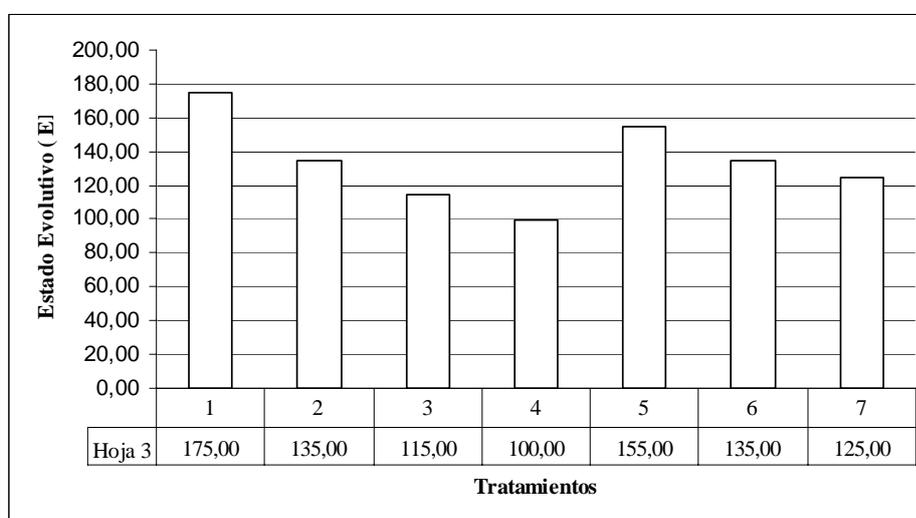


Figura 20. Índice de ‘Estado Evolutivo en la Hoja Tres’ para los tratamientos a los 105 días después de la aplicación.

Dentro del análisis los mejores índices (más bajos) son para los tratamientos podados; se puede notar un comportamiento estable y tendiente a la sanidad por parte del tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo y follaje). Posiblemente por el efecto progresivo combinado (suelo – follaje) que representa su aplicación del producto.

Cabe mencionar que en base a la experiencia adquirida (observaciones del autor), que en evaluaciones posteriores a los 60 DDA se pudo notar en las hojas de las plantas a las cuales se efectuó la aplicación del bioestimulante, un leve

endurecimiento de la superficie vegetal; lo cual posiblemente ayudó a evitar la infección del hongo.

4.2.2.4. A los 150 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo en la hoja tres a los 150 días después de la aplicación (Cuadro 20), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, demostrando así que al podar/aplicar se reduce las lesiones iniciales de la enfermedad y por ende el volumen de inóculo. Ya en esta instancia (final del ensayo) se puede emitir un criterio acerca de las hipótesis planteadas al inicio del ensayo, confirmando que la dinámica de la enfermedad en los tratamientos se ve alterada en mayor o menor medida por las labores efectuadas, al compararlo con el Manejo de la finca.

El promedio de estado evolutivo para la evaluación es de 155,71, que si bien resulta levemente mayor a los obtenidos en todas las evaluaciones anteriores, se ha evidenciado la eficacia de los tratamientos T3, T4 y T5, que se han mantenido estables y con tendencia a decrecer, en el mejor de los casos. Como sustento de los resultados obtenidos se pone a consideración el bajo coeficiente de variación alcanzado en ésta evaluación (9,94%), que ratifica el buen manejo del ensayo.

Mediante la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 21), se logró determinar tres rangos. El mejor índice se presentó en el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 90,00. El tratamiento con mayor índice de

estado evolutivo para la evaluación se encuentra T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 225,00.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas en el índice de severidad de la enfermedad entre los tratamientos T3, T4 y T7 fue evidente una mayor sanidad en la unidad experimental en la cual ambas labores tuvieron como objeto las hojas (poda temprana + bioestimulante al follaje).

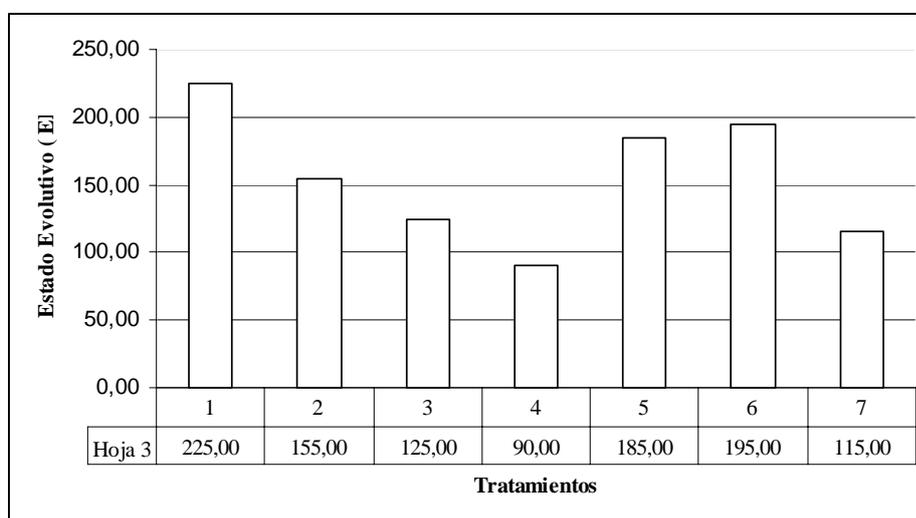


Figura 21. Índice de 'Estado Evolutivo en la Hoja Tres' para los tratamientos a los 150 días después de la aplicación.

En la Figura 21, se puede observar que la superioridad de los tratamientos podados se mantiene. Así como también la tendencia del tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) como el mejor tratamiento en casi todas las evaluaciones, posiblemente a causa del efecto combinado que representa la poda temprana con el bioestimulante aplicado al follaje.

Cabe destacar que a partir de los 60 DDA (días después de la primera aplicación) el tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo – follaje) logró un repunte importante en la disminución del estado evolutivo, y por ende en la eficacia del control. Dicho efecto probablemente se debió a la acción progresiva del producto en aplicaciones consecutivas al follaje y al suelo. Confirmando de esta manera uno de los efectos benéficos atribuidos al producto (Anexo 1), que manifiesta la eliminación de cepas patógenas en el suelo (fuentes de inóculo) y la inducción de fitoalexinas protectoras de la planta.

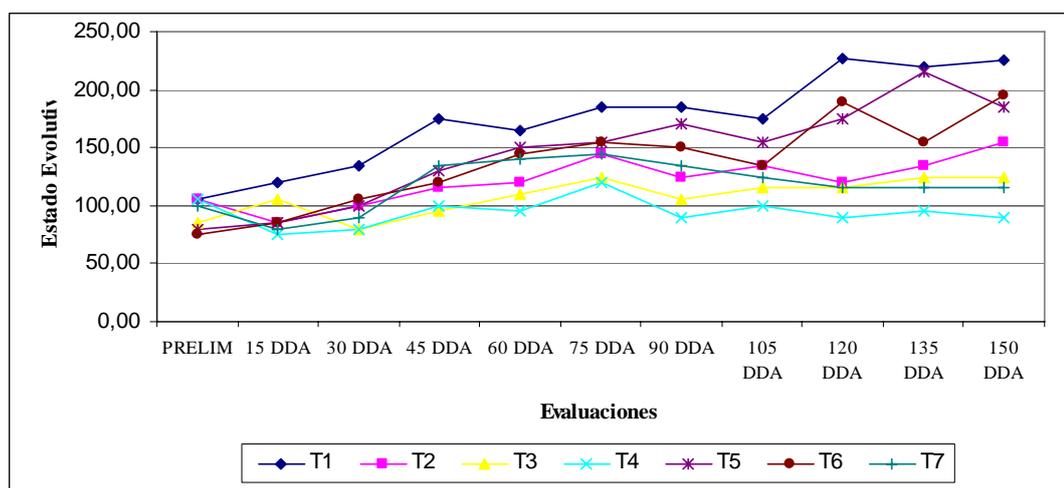


Figura 22. Comportamiento del ‘Estado Evolutivo en la Hoja Tres’ durante las evaluaciones.

De acuerdo al Figura 22, se puede observar que los efectos positivos empiezan a notarse a partir de la tercera evaluación (30 DDA), esto posiblemente se deba a que ambas prácticas (poda y aplicación), podrían tener un efecto progresivo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en estudios similares efectuados en Costa Rica (Calvo y Bolaños, 2001) y Colombia (Peñaranda, *et al.*, 2006) se considera que los

resultados obtenidos en la presente investigación son positivos ya que se ha conseguido disminuir el índice de estado evolutivo hasta 90 en la última evaluación, muy inferior al compararlo con el testigo (250).

De acuerdo a la Figura 22, del comportamiento de la enfermedad durante el ensayo, para todas las evaluaciones en planta, hoja tres y hoja cuatro para el TESTIGO (T1), se manifiesta la tendencia al incremento en el estado evolutivo, posiblemente debido a la presión de la enfermedad y al severo invierno que ha caracterizado al periodo en el que se desarrolló el ensayo (2007 – 2008).

Al final del ensayo se pudo comprobar las tendencias similares que se han mantenido con relación a la evaluación del ‘estado evolutivo de la planta’, que resultan lógicas al considerar que el EE – Planta está basado en la combinación de estadíos encontrados tanto en la hoja 3 como hoja 4, más la suma de algunos factores de desarrollo foliar.

4.2.3. Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro

4.2.3.1. Evaluación preliminar

En el ADEVA para la variable ‘Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro’ para la evaluación preliminar (Cuadro 22), no se encontraron diferencias significativas para tratamientos; al igual que en evaluaciones anteriores y confirmando de este modo que el modelo de cálculo para los tres

parámetros, EE – Planta, EE – Hoja 3 y EE – Hoja 4, mantienen una relación y similitud (Figuras 17, 22 y 23).

Cuadro 22. ADEVA para ‘Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro’.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		PRELIM	45 DDA ¹	105 DDA ¹	150 DDA ¹
TOTAL	27	912,64	1540,74	1150,38	3843,39
TRATAMIENTOS	6	532,80 ^{ns}	4033,33 [*]	4643,39 ^{**}	16554,50 ^{**}
REPETICIONES	3	3100,53 [*]	1172,49 ^{ns}	160,85 ^{ns}	16,93 ^{ns}
ERROR EXPERIMENTAL	18	674,60	771,25	150,97	244,09
Promedio Estado Evolutivo		109,05	153,33	182,86	197,14
CV (%)		23,82	18,11	6,72	7,92

¹ Días Después de la Aplicación
^{ns} No significativo
^{*} Significativo
^{**} Altamente significativo

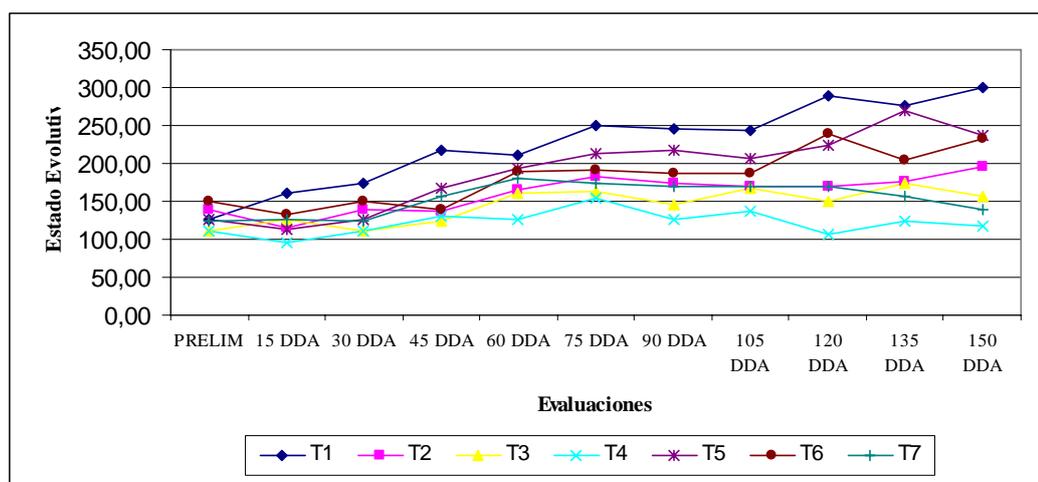


Figura 23. Comportamiento del ‘Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro’ durante las evaluaciones.

En base a los resultados para ésta evaluación se pudieron determinar diferencias posteriores a causa de la implantación de los tratamientos. Una vez transcurrida la evaluación de las variables y efectuado el calculo se determinó un índice de estado evolutivo de 109,05. El cual es aceptable según el manejo del finca al compararlo

con el umbral de 180 para la hoja 4, y justificable teniendo en cuenta que la evaluación preliminar se efectuó a salida de época seca, es decir existió una baja incidencia (presión de la enfermedad) de acuerdo a la presencia de las lluvias (época seca) (Martínez, *et al*, 2005).

En esta evaluación se determinó significación estadística para repeticiones, posiblemente esta variación se deba a un agente externo ajeno al ensayo, como una fumigación aérea con cobertura irregular (Anexo 7), o el efecto que brindan los cultivos adyacentes (Maracuyá, Palma africana) diferentes de banano (Anexo 5). Ya que la presencia de la enfermedad es ejercida con mayor presión a nivel de hoja 4, si la comparamos con una hoja 3.

La prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 23), identifica un solo rango de significación estadística (a), lo que ratifica que las condiciones son adecuadas para establecer diferencias estadísticas en los tratamientos durante el transcurso de las evaluaciones.

Cuadro 23. Tukey al 5% para 'Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro' en los tratamientos.

TRATAMIENTOS			Promedios Estado Evolutivo Planta			
No	Código	Descripción	PRELIM	45 DDA	105 DDA	150 DDA
T1	MF	Manejo de la Finca	125,00 a	216,67 b	243,33 d	300,00 e
T2	PT	Poda Temprana	108,33 a	136,67 a	170,00 b	196,67 c
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioest. al suelo	106,67 a	125,00 a	166,67 b	156,67 b
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioest. al follaje	118,33 a	130,00 a	136,67 a	116,67 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	91,67 a	168,33 a	206,67 c	236,67 d
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	98,33 a	140,00 a	186,67 b	233,33 d
T7	BSF	Bioestimulante al suelo follaje	115,00 a	156,67 a	170,00 b	140,00 a

La mejor condición fue para el tratamiento T5 (Bioestimulante al suelo) con el menor índice de estado evolutivo de 91,67; y con el mayor índice de estado evolutivo se encuentra T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) con 125,00.

Se puede observar en la Figura 24, que la variabilidad del estado evolutivo en cada caso es indistinta del tratamiento. Presentando un promedio de 109,05 de índice, con una variabilidad no mayor a 33,33 puntos, entre el mayor y menor valor encontrados; lo cual indica que se pueden establecer diferencias con la implementación de los tratamientos.

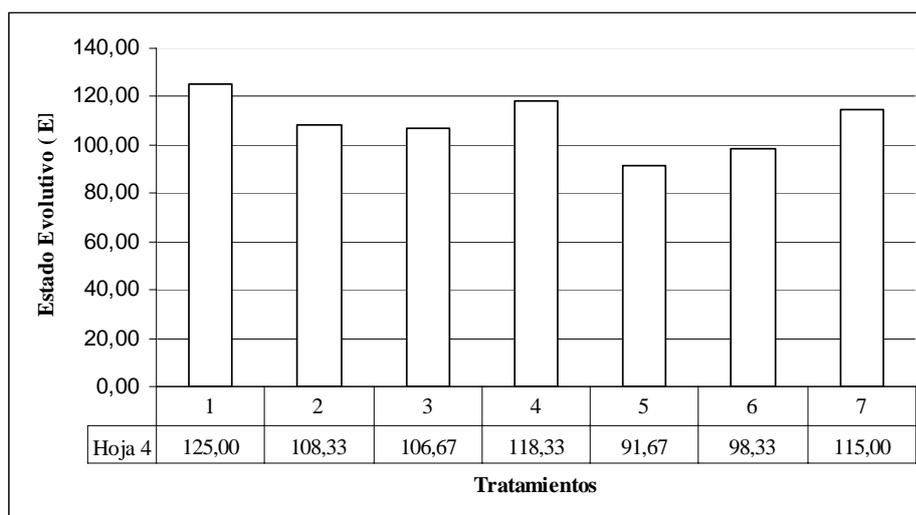


Figura 24. Índice de 'Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro' para los tratamientos.

4.2.3.2. A los 45 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo hoja cuatro a los 45 días después de la aplicación (Cuadro 22), se encontraron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, evidenciando

la tendencia de control de anteriores evaluaciones, reflejada por las labores de control de la enfermedad en las unidades experimentales del ensayo, lo cual indica que se ha disminuido la presión de la enfermedad al interrumpir la fase sexual y por lo tanto el apareamiento de las primeras lesiones tal como lo menciona Ávila (1994). A pesar de la continua persistencia de precipitaciones y altas temperaturas.

El coeficiente de variación es aceptable para las condiciones en campo y características de la enfermedad (18,11%). El promedio general de estado evolutivo para la evaluación fue de 153,33 muy superior si se considera que está a 44,28 puntos por sobre el obtenido en la evaluación preliminar; sin embargo debemos considerar que existió una continua presencia de lluvia, temperatura, humedad relativa y viento (Anexo 6); condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad. Pero que se ha podido alterar al implementar las prácticas culturales tempranas. Así como lo indica la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 23), que logró identificar dos rangos de significación estadística (a y b).

El menor índice se encuentra en el tratamiento T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) con un estado evolutivo de 125,00; y en el segundo rango con el mayor índice de severidad se encontró al tratamiento T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con 216,67 de estado evolutivo.

En la Figura 25, se pueden observar las diferencias encontradas con la prueba de Tukey (5%), en las cuales se puede evidenciar el efecto positivo de control en los tratamientos implementados. Cabe resaltar la leve superioridad que ha representado desde variables anteriores los tratamientos en los cuales se ha efectuado la poda

temprana, posiblemente debido a que el mismo es un método de defoliación abiótico, que según Fouré (1985), interrumpe los estadíos iniciales (pizcas) de la enfermedad, evitando así su desarrollo y propagación.

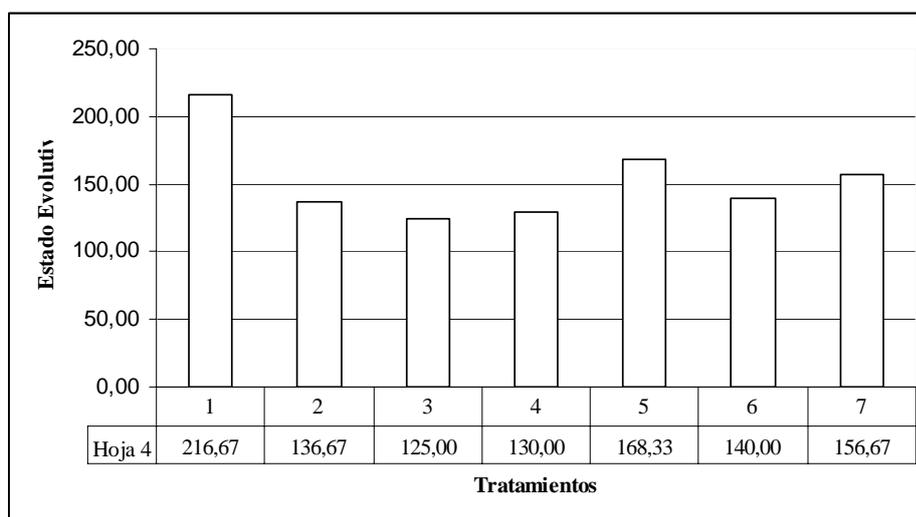


Figura 25. Índice de 'Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro' para los tratamientos a los 45 días después de la aplicación.

4.2.3.3. A los 105 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo en la hoja cuatro a los 105 días después de la aplicación (Cuadro 22), se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Los cuales se caracterizaron por la presencia de diferencias aún más acentuadas que en evaluaciones anteriores. Es notorio el efecto de los tratamientos en la dinámica de la enfermedad, que a la vez a logrado contrarrestar los efectos negativos de las altas precipitaciones y temperatura; alcanzando un pico de 106,66 entre el tratamiento con

el mayor índice de estado evolutivo (Testigo) y el tratamiento con menor índice de estado evolutivo (T4).

El coeficiente de variación para la evaluación fue de 6,72%, considerado como bueno para las condiciones de campo del ensayo y las características de la enfermedad. El promedio general de estado evolutivo fue de 182,86. Si lo comparamos con el valor promedio de las anteriores dos evaluaciones (Anexo 9) se puede observar que no existen diferencias significativas, sin embargo debemos resaltar que la tendencia a disminución o mantenimiento en los estados evolutivos de las parcelas tratadas, especialmente las podadas, se ha mantenido.

Mediante la prueba de Tukey al 5% aplicada a los promedios de los tratamientos (Cuadro 23), se logró diferenciar cuatro rangos, en los cuales se logran establecer diferencias marcadas, como en el caso del primer rango, con el menor índice para la evaluación con 136,67 (a) se encontró al T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje). En cambio el tratamiento con el mayor índice de evolución es el T6 (Bioestimulante al follaje), con 186,67 (b), marcando aún más las tendencias de la superioridad estadística de los tratamientos podados; como se mencionó anteriormente en este documento se deberá emitir un criterio más amplio y acertado al evaluar económicamente a los tratamientos, que a más de mejores podrían también ser más costosos.

En el último rango con el mayor índice para la evaluación se encuentra el tratamiento T1 (Manejo de la Finca, TESTIGO) con 243,33 de índice de estado evolutivo.

En la Figura 26, se pueden observar las tendencias de control alcanzadas por cada uno de los tratamientos. Además se pueden diferenciar entres grupos; primero los tratamientos podados (T2, T3 y T4), seguido de los tratamientos aplicados solamente con bioestimulante y finalmente el tratamiento de la finca (Testigo).

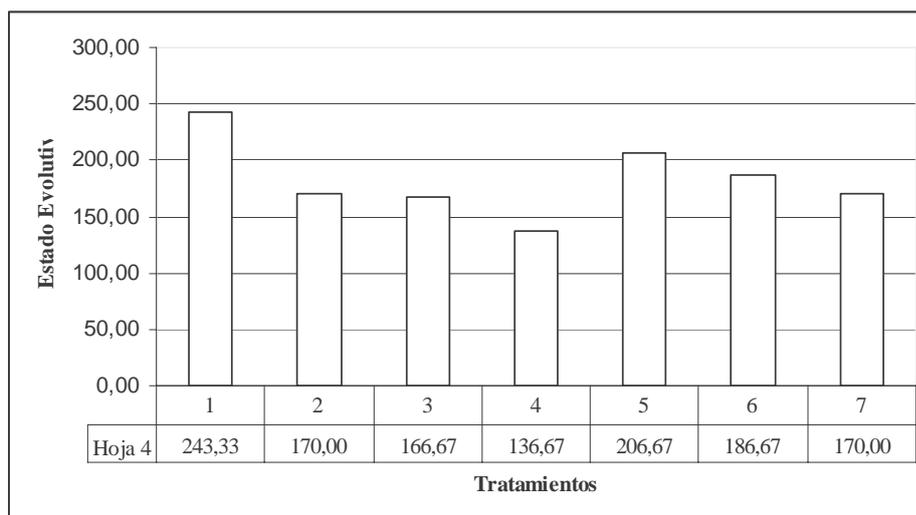


Figura 26. Índice de 'Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro' para los tratamientos a los 105 días después de la aplicación.

4.2.3.4. A los 150 días después de la aplicación

En el ADEVA para la variable estado evolutivo de la hoja 4 a los 150 días después de la aplicación (Cuadro 22), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, confirmando las tendencias anteriores, donde se reafirma la hipótesis planteada de que los tratamientos efectuados representan un efecto de control adicional y representan una alternativa para la enfermedad al compararlos con el Manejo de la finca.

En base a los resultados, de ésta y las demás evaluaciones se puede mencionar que todos los tratamientos efectuados tanto podas como aplicaciones de bioestimulante resultan como una importante herramienta que fácilmente puede ser incluida en los planes de manejo convencionales para tratar la Sigatoka negra.

En la evaluación se obtuvo un coeficiente de variación de 7,92%, que permite sustentar los resultados obtenidos, y se considera bueno para las condiciones de campo en el ensayo y dadas las características de la enfermedad.

En la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos (Cuadro 23), se logró identificar cinco rangos. Encabezando el primer rango con el mejor índice el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 116,67, y en el último rango con el mayor índice de estado evolutivo para la evaluación se encuentra el tratamiento T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 300,00.

Al analizar los resultados obtenidos para el 'índice de estado evolutivo' en el transcurso del ensayo se puede afirmar que los tratamientos con mejor respuesta son en los que se ha efectuado la poda temprana. También se puede notar que a diferencia de anteriores evaluaciones (especialmente a los 105 DDA) el tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo y follaje) tuvo un repunte importante en su control, esto posiblemente se deba al efecto progresivo de aplicaciones consecutivas en ambos puntos (suelo y follaje), como lo menciona Echeverri (2006) en su investigación; ya que al compararlo con los tratamientos en los cuales se aplico un solo tipo de aplicación, resulta superior; por lo tanto se deberá tener en cuenta para la evaluación

económica posterior y así confirmar su relación costo – beneficio en función de su eficacia, y poder emitir una recomendación a respecto

En la Figura 27, se pueden observar las diferencias marcadas al final del ensayo, que dan cuenta de un proceso evolutivo durante el transcurso de las evaluaciones, en el cual los mejores tratamientos han persistido en los podados.

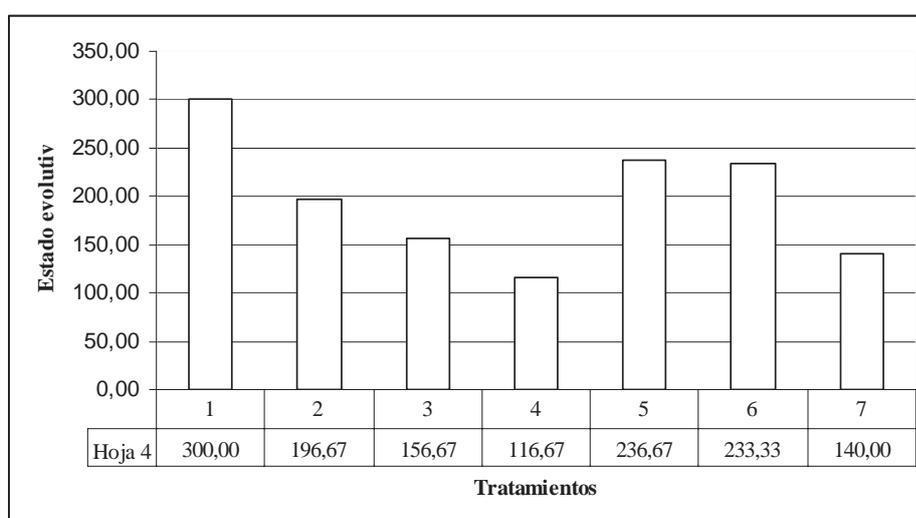


Figura 27. Índice de ‘Estado Evolutivo en la Hoja Cuatro’ para los tratamientos a los 150 días después de la aplicación.

En forma general para el ensayo (variable hoja 4) la mejor respuesta a sido con el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje), respuesta que posiblemente se deba a un efecto combinado entre la poda temprana y el bioestimulante aplicado al follaje. A pesar de la superioridad de los tratamientos podados se pueden observar efectos positivos marcados para el tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo follaje) (Anexo 9), posiblemente a causa de un efecto progresivo y combinado de la aplicación suelo – follaje.

De acuerdo a la Figura 23, se puede observar que los efectos positivos marcados se presentan a partir de la cuarta evaluación (45 DDA), que posiblemente se deba al efecto retardado y progresivo que caracteriza al uso de prácticas culturales y productos biológicos.

Los resultados positivos observados en la aplicación del bioestimulante se atribuyen a sus propiedades nutritivas, antagonistas de patógenos e inductoras de resistencia en la planta (inducción de metabolitos secundarios, Zhao, *et al*, 2005), al igual que para la poda temprana su efecto erradicante directo.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Echeverri (2006), en donde se comprobó la generación de fitoalexinas (inductores de resistencias) después de la aplicación de pequeñas cantidades de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en las hojas de plantas de banano (Var. *Cavendish*). (Anexo 1).

4.3. EFICACIA DE LOS TRATAMIENTOS

4.3.1. Eficacia de la Poda Temprana en Hoja Tres

4.3.1.1. A los 45 días después de la aplicación

En el Cuadro 24, se aprecia que las mejores eficacias (%) a los 45 DDA (Días después de la primera aplicación) fueron alcanzadas por los tratamientos T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con el 42,86%; seguido de los tratamientos T2 (Poda temprana) y T3 (Poda temprana +

bioestimulante al suelo) con 34,29% y 32,94% respectivamente. Mientras que los tratamientos con las menores eficacias fueron T5 (Bioestimulante al suelo) con 2,50% y T6 (Bioestimulante al follaje) con 4,00%. En este tipo de eficacia (*Henderson y Tilton*) no se considera las evaluaciones para los tratamientos TESTIGO, solo de los tratamientos implementados.

Cuadro 24. Porcentaje de eficacia de la poda temprana en la hoja tres para los tratamientos en las evaluaciones.

	15 DDA	30 DDA	45 DDA*	60 DDA	75 DDA	90 DDA	105 DDA*	120 DDA	135 DDA	150 DDA*	PROM
T2	29,17	25,93	34,29	27,27	21,62	32,43	22,86	47,25	38,64	31,11	31,06
T3	-8,09	26,80	32,94	17,65	16,53	29,89	18,82	37,56	29,81	31,37	23,33
T4	37,50	40,74	42,86	42,42	35,14	51,35	42,86	60,44	56,82	60,00	47,01
T5	7,03	2,78	2,50	-19,32	-9,97	-20,61	-16,25	-0,96	-28,27	-7,92	-9,10
T6	0,83	-8,89	4,00	-23,03	-17,30	-13,51	-8,00	-16,92	1,36	-21,33	-10,28
T7	30,00	30,00	19,00	10,91	17,70	23,38	25,00	46,92	45,11	46,33	29,44

* Eficacias de referencia tomadas para la discusión.

La tendencia observada en las variables de sanidad, evidencia una superioridad de los tratamientos en los que se había incluido la poda temprana, posiblemente por ser un medio mecánico de eliminación de estadíos tempranos de la enfermedad, que evitan su desarrollo y propagación, demostrando su efecto en menor tiempo que las aplicaciones de bioestimulante.

4.3.1.2. A los 105 días después de la aplicación

En el Cuadro 24, se aprecia que la mejor eficacia a los 105 días después de la aplicación fue alcanzada por el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con el 42,86%; Mientras que la menor eficacia para la evaluación se mantiene en el T5 (Bioestimulante al suelo) con

-16,25%. Es decir la aplicación del bioestimulante al suelo no representa una opción eficaz a corto plazo para disminuir la severidad de la Sigatoka negra.

Se observó que el T5 además de ir disminuyendo presenta una eficacia con valor negativo, posiblemente se deba a que el efecto de control ejercido por el tratamiento sea menor que la presión ejercida por la enfermedad en ésta época (época lluviosa), la cual fue en aumento.

4.3.1.3. A los 150 días después de la aplicación

En el Cuadro 24, se aprecia que la mejor eficacia a los 150 días después de la aplicación fue alcanzada por el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con el 60,00%. Los tratamientos con las menores eficacias fueron T6 (Bioestimulante al follaje) con -21,33% y T5 (Bioestimulante al suelo) con -7,92%. Confirmando que la práctica más eficaz del ensayo es la poda temprana complementada con la aplicación del bioestimulante al follaje.

La mejor eficacia alcanzada en todo el periodo de evaluaciones es para el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) a los 120 DDA, con el pico de 60,44% de control; considerado como muy bueno para una práctica alternativa de control no químico.

Cabe destacar que los efectos significativos alcanzados por T7 (Bioestimulante al suelo – follaje) se acentúan a partir de la evaluación de los 120 DDA, posiblemente

se deba a que esta práctica es de orden progresivo y se debe esperar un tiempo prudencial hasta que actué en la planta, y posiblemente induzca la producción de fitoalexinas.

Las mejores eficacias promedio alcanzadas para el ensayo son para el T4 y T7, con 47,01% y 29,44% respectivamente. Mientras que las menores eficacias promedio para el ensayo son para el T6 y T5 con 10,28% y -9,10% de control.

A pesar de que los promedio de eficacia son mayores para los tratamientos podados, se observó una moderada diferencia entre el T4 y T2 y T3, que posiblemente se deba al efecto combinado que representa la poda temprana con la aplicación del bioestimulante al follaje.

En general aunque las eficacias alcanzadas no son muy altas en comparación con un control químico (> 70%) son aceptables para el orden de las prácticas culturales y productos biológicos. Ambas labores, inducción de resistencia (bioestimulante) y poda temprana pueden ser recomendadas dentro de un manejo integrado para la Sigatoka negra.

4.3.2. Eficacia de la Aplicación del bioestimulante

4.3.2.1. A los 45 Días Después de la Aplicación

En el Cuadro 25, se puede observar que la mejor eficacia a los 45 días después de la aplicación la alcanzó el tratamiento T4

(Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 41,27%; seguido de los tratamientos T2 (Poda temprana) y T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) con 37,79% y 38,66% respectivamente. A diferencia del tratamiento T5 (Bioestimulante al suelo) que fue el de menor eficacia con solo 4,76% en el control de la enfermedad; que resulta muy inferior al compararlo con el mejor tratamiento.

Cuadro 25. Porcentaje de eficacia en la aplicación del bioestimulante para los tratamientos en las evaluaciones.

	15 DDA	30 DDA	45 DDA*	60 DDA	75 DDA	90 DDA	105 DDA*	120 DDA	135 DDA	150 DDA*	PROM
T2	14,34	9,98	37,79	13,22	22,37	17,71	34,11	31,35	35,90	32,74	24,95
T3	2,17	34,33	38,66	21,55	40,34	16,68	37,92	41,84	34,42	53,78	32,17
T4	35,76	43,27	41,27	36,79	47,18	35,85	55,36	62,50	57,19	58,77	47,39
T5	10,42	1,59	4,76	-13,46	-15,38	-29,21	2,31	-23,56	-10,33	-21,10	-9,40
T6	-17,55	-18,10	16,62	-12,75	-15,38	-10,81	0,36	-7,86	-8,35	-0,15	-7,40
T7	4,85	31,44	38,21	5,11	37,17	21,49	36,11	41,40	39,65	53,72	30,92

* Eficacias de referencia tomadas para la discusión.

Como se puede observar en ésta variable al igual que en la anterior eficacia (de la poda temprana) los mejores tratamientos son en los cuales se implementó la poda temprana, debido a que al eliminar en forma directa los estadíos iniciales de la enfermedad, repercute en la presencia en la severidad reflejada en el índice estado evolutivo.

4.3.2.2. A los 105 días después de la aplicación

En el Cuadro 25, se puede apreciar que las mejores eficacias para la evaluación son para los tratamientos podados, dentro de los cuales destaca el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 55,36%; porcentaje que se considera bueno para una labor de control no química.

También se puede observar que los tratamientos con una sola aplicación (T6 y T7) presentan las menores eficacias de control, por lo que se asume que el bioestimulante en aplicación única no representa una opción eficaz a corto plazo para disminuir la incidencia de la Sigatoka negra en la época lluviosa. Cabe recalcar que el tratamiento T7 (bioestimulante aplicado al suelo y al follaje) a tenido un repunte positivo alcanzando un porcentaje de eficacia del 36,1%, que es aceptable, pero se debe tener en cuenta que al aplicar dos veces se está utilizando el doble de producto que el de los tratamientos T6 y T7, por lo cual se debe analizar económicamente para poder emitir un criterio más acertado de los beneficios que representa.

Además se puede observar la tendencia a disminuir la eficacia en los tratamientos en los cuales se efectuó una sola aplicación, que se atribuye al incremento de la presión de la enfermedad por la presencia de condiciones favorables.

4.3.2.3. A los 150 días después de la aplicación

Se puede observar que en el Cuadro 25, la tendencia descrita en evaluaciones anteriores se ha mantenido; dentro de la cual se caracteriza el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) como la mejor opción de control con 58,77% de eficacia y el tratamiento T5 (Bioestimulante al suelo) como el peor con -21,10%. El valor negativo encontrado demuestra que el control efectuado por el tratamiento resulta inferior es inferior al avance de la enfermedad.

En ésta variable al igual que en las anteriores eficacias se ha confirmado que la práctica más eficaz del ensayo es la poda temprana complementada con la aplicación del bioestimulante.

La mejor eficacia alcanzada en todo el periodo de evaluaciones es para el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) a los 120 DDA, con 62,50% de control.

Además se pudo determinar que la eficacia de control alcanzado por el tratamiento T7 (Bioestimulante al suelo – follaje) se acentuó a partir de los 120 DDA; lo que se atribuye al incremento en la producción de defensas por parte de la planta después de las aplicaciones periódicas efectuadas tanto en el suelo como en el follaje.

Las mejores eficacias promedio alcanzadas para el ensayo son para el T4 y T7, con 47,39% y 30,92% respectivamente. Mientras que las menores eficacias promedio para el ensayo son para el T5 y T6 con -9,40% y -7,40% de control.

Tanto la poda temprana como la aplicación de bioestimulantes representan una buena alternativa de control y se podrían incluir dentro de un manejo integrado para la Sigatoka negra.

En forma general, si se compara las eficacias de la poda temprana (evaluadas con los estados evolutivos de la hoja tres) y las eficacias de la aplicación del bioestimulante podemos observar que las diferencias son no significativas y presentan tendencias

similares. En ambos casos se destaca el porcentaje de control alcanzado por los tratamientos en los cuales se incluyó la poda temprana como alternativa.

4.4. VARIABLES DE PRODUCCIÓN

4.4.1. Peso Neto del Racimo (kg)

En el ADEVA para la variable peso neto del racimo (kg) (Cuadro 26), se determinaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual quiere decir que posiblemente las labores de control influyeron positivamente en el desarrollo de la planta y por ende del racimo. Dichos resultados están sustentados por el coeficiente de variación de 13,80%, que se considera bueno para las condiciones de investigación en campo, sobre todo en un cultivo genéticamente homogéneo como el banano y ante la presencia de una enfermedad tan agresiva como la Sigatoka negra. El peso neto promedio por racimo fue de 18,66 kg.

Cuadro 26. ADEVA para las variables de producción.

Fuentes de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS		
		Peso del Racimo*	No. Manos/Racimo	No. Dedos/Mano
TOTAL	27		0,62	7,24
TRATAMIENTOS	6	12,36 *	0,76 ^{ns}	9,72 **
REPETICIONES	3	19,92 ^{ns}	1,31 ^{ns}	32,42 **
ERROR EXPERIMENTAL	18	6,66	0,46	2,22
Promedio		18,66	6,01	21,61
CV (%)		13,80	11,31	6,89

* Analizado por Duncan 5%.

Mediante la prueba de Duncan al 5% (³) para peso neto del racimo (Cuadro 27), se logró identificar dos rangos de significación estadística (a y b). Encabezando el primer rango con el mayor peso promedio se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 21,46 kg. (a). En el segundo rango con el menor peso neto promedio se encuentra T1 (Manejo de la finca, Testigo) con 16,81 kg.

Cuadro 27. Pruebas de significancia al 5% para las variables de producción en los tratamientos.

TRATAMIENTOS			Variables de Producción			
No.	Código	Descripción	Peso Racimo*		No. Manos/Racimo	No. Dedos/Mano
T1	MF	Manejo de la Finca	16,81	b	6,13 a	19,00 b
T2	PT	Poda Temprana	18,26	a b	6,19 a	22,85 a
T3	PT+Bs	Poda Tempr.+Bioestimul. al suelo	20,64	a b	6,31 a	22,65 a
T4	PT+Bf	Poda Tempr.+Bioestimul. al follaje	21,46	a	6,69 a	23,20 a
T5	Bs	Bioestimulante al suelo	17,69	a b	5,63 a	20,95 b
T6	Bf	Bioestimulante al follaje	17,15	b	5,56 a	20,30 b
T7	BSF	Bioestimulante al suelo follaje	18,63	a b	5,56 a	22,30 b

* Analizado por Duncan al 5%.

Se puede notar que los mejores pesos/racimo registrados son para los tratamientos podados, dentro de los cuales se destaca el tratamiento T4. Posiblemente debido a la influencia del control efectuado por las labores implementadas. Se puede evidenciar que la tendencia se ha mantenido (Figura 28).

³ En esta evaluación se utilizó la prueba de Duncan (5%) para poder establecer diferencias significativas para fines didácticos (explicación), ya que al efectuar la prueba de Tuckey (5%) no se determinaron diferencias significativas. Es decir se utilizó una prueba más exigente para poder establecer diferencias.

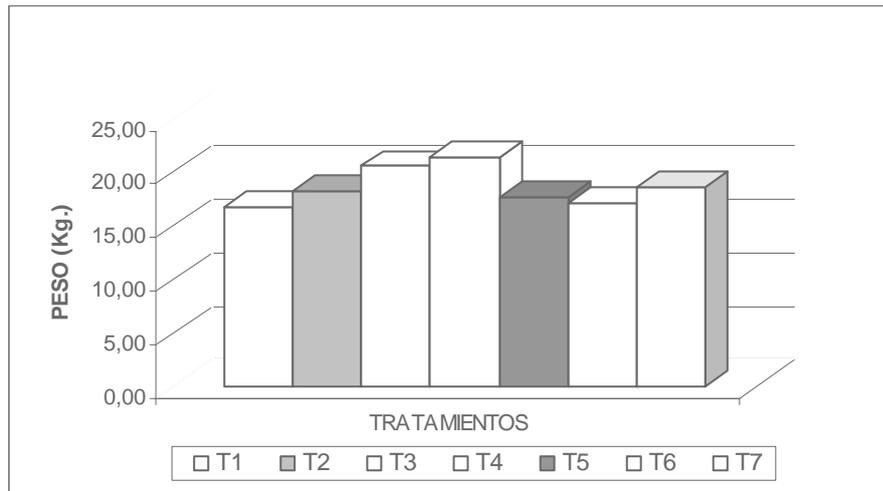


Figura 28. Peso neto de los racimos para los tratamientos.

4.4.2. Número de Manos por Racimo

En el ADEVA para la variable número de manos por racimo (Cuadro 26), no se determinaron diferencias estadísticas significativas para tratamientos y repeticiones. Dicho resultado está sustentado por el coeficiente de variación obtenido de 11,31%. El número de manos promedio por racimo fue 6 (6,01).

De acuerdo a los resultados anteriores se puede decir que si bien los pesos de cada racimo (variable anterior) ha variado en función del tratamiento implementado, el número de manos por racimo se ha mantenido inalterado, y es posible que este fenómeno dependa en mayor parte de la genética homogénea del cultivo, que no se ha visto alterado por las labores implementadas y dado que no se encuentra una respuesta marcada que se relacione directamente con el objetivo del ensayo (sanidad)

se podría atribuir dicho efecto al azar, o no se podría explicar acertadamente. Y se considera que este no es un dato relevante para la investigación.

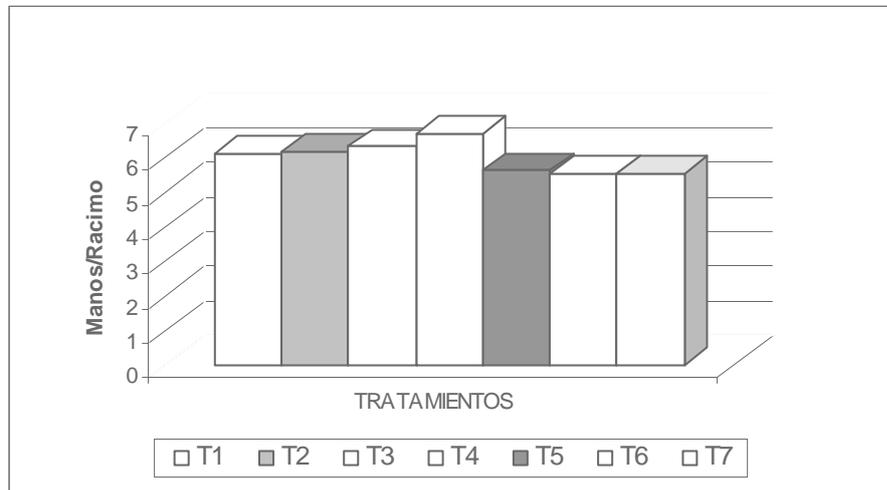


Figura 29. Número de manos por racimos para los tratamientos

En la prueba de Tuckey al 5% para número de manos por racimo (Cuadro 27), se identificó un rango de significación estadística, posiblemente por las características fenotípicas homogéneas que caracterizan al cultivo de banano, o por que los efectos esperados en las variables de producción no han sido lo suficientemente marcados para establecer una diferencia. Sin embargo, se pudo notar una leve diferencia (Figura 29), Encabezando el rango con el mayor número de manos por racimo el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 6,69 manos; y finalizando el rango se encuentra T6 (Bioestimulante al follaje) y T7 (Bioestimulante al suelo – follaje) con 5,56 manos.

Cabe recalcar que las diferencias entre el número de manos por racimo puede estar determinada por las características fenotípicas homogéneas del cultivo, y no

necesariamente significa un mayor o menor rendimiento. Se debe considerar el número de dedos por mano para establecer un criterio más acertado.

4.4.3. Número de Dedos por Mano

En el ADEVA para la variable número de dedos por mano (Cuadro 26), se logran determinar diferencias altamente significativas para tratamientos, así como también para las repeticiones. Lo que indica que posiblemente este parámetro también dependa de las condiciones genéticas y no solo de la influencia de agentes externos como la nutrición y las labores sanitarias. El número promedio de dedos por mano fue de 21,61. El coeficiente de variación (6,89%) para la evaluación apoya los resultados obtenidos.

De acuerdo a la prueba de Tuckey al 5% para número de dedos por mano (Cuadro 27), se identificó dos rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango con el mayor número de dedos por mano se encuentra el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 23,20 dedos; seguido de los tratamientos T2 y T3 con 22,85 y 22,65 respectivamente. En el segundo rango con el menor número de dedos por mano se encuentra finalizando el rango se encuentra T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) con 19.

Como se puede observar en la Figura 30, existen leves diferencias entre los tratamientos en los cuales se efectuó la poda temprana con los que solo se efectuó la aplicación del bioestimulante. Además se recalca que el tratamiento manejo de la finca (TESTIGO) presenta bajos promedios en comparación con los tratamientos

aplicados, así como también los pesos obtenidos por el mismo son inferiores a todos los tratamientos (Ver variable peso neto del racimo).

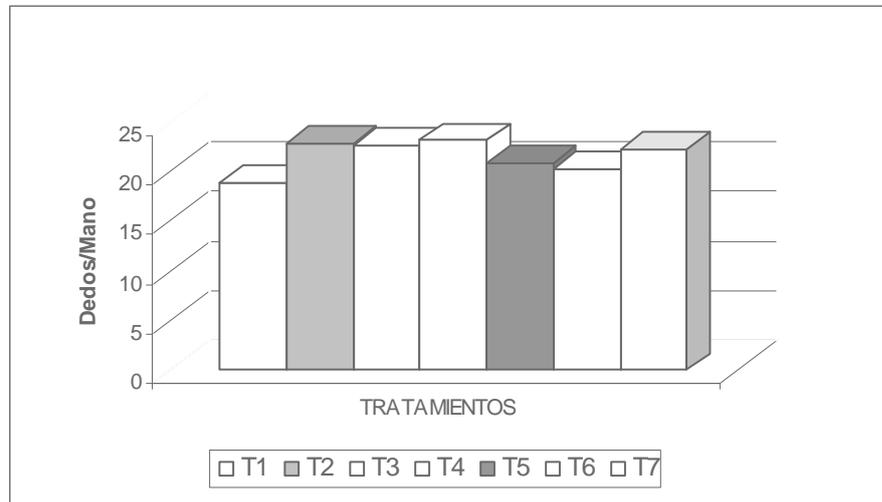


Figura 30. Número de dedos por mano para los tratamientos.

Si bien las diferencias no son muy marcadas se puede notar la leve tendencia a mejores rendimientos en los tratamientos en los cuales se ha efectuado alguna labor, especialmente la poda temprana, en comparación con el manejo de la finca.

Cabe destacar que aunque no se notaron diferencias significativas en la variable número de manos por racimo la diferencia se puede evidenciar en el número de dedos por mano.

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el Anexo 10, se pueden observar los costos por cada tratamiento del ensayo. De acuerdo al Cuadro 28, los costos fijos en cada uno de los tratamientos

alcanza los 1909,00 dólares/ha. Los tratamientos con los mayores costos variables y totales son el T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) y T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 24,15 USD/ha y 1933,15 dólares/ha respectivamente, para ambos casos. El tratamiento con menor costo variable y total es T1 (Manejo de la finca) con 0,00 dólares/ha y 1909,00 dólares/ha respectivamente.

Cuadro 28. Análisis económico y marginal de tratamientos dominantes.

Tratamientos		Rendimiento kg/tratamiento	kg/ha/año	Precio USD/kg	CT (*) USD/ha	CV USD/ha	BB USD/ha/año
No.	Descripción						
T4	Poda T. + Bioest. F.	85,84	46697,24	0,39	1933,15	24,15	18211,92
T3	Poda T. + Bioest. S.	82,55	44559,70	0,39	1933,15	24,15	17378,28
T2	Poda Temprana	73,03	38368,19	0,39	1925,50	16,50	14963,60
T6	Bioestimulante Follaje	74,50	35493,57	0,39	1916,65	7,65	13842,49
T1	Manejo Finca (Testigo)	67,61	34609,07	0,39	1909,00	0,0	13497,54

CT = costos totales; CV = costos variables; BB = beneficio bruto. Fecha del análisis = Octubre 2008.

(*) Los CT fueron determinados de acuerdo a la suma de los factores de producción (Anexo 10).

En el cuadro 28 se observan los rendimientos en kilogramos/tratamiento. El tratamiento con los mejores rendimientos es el T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 46697,24 kg de banano/hectárea; mientras que el de menor rendimiento es el T1 (Manejo de la finca, TESTIGO) con 34609,07 kg banano/ha.

En el Cuadro 29, se pueden observar los beneficios netos de cada tratamiento en el ensayo. El tratamiento con mayor beneficio neto es T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 16278,77 dólares/ha; mientras que el menor beneficio neto es para T1 (Manejo de finca, TESTIGO), con 11588,54 dólares/ha. El precio de venta tomado en cuenta para el análisis económico fue de 0,39 dólares/kg de banano. (El precio de la caja de banano de 20,45 kg es 8 dólares; según datos de la Finca).

En el Cuadro 29, se puede observar el análisis de dominancia de los tratamientos del ensayo. Para la discusión se han dejado únicamente los tratamientos “no dominados”, ya que los “dominados (T5 y T7) no entran en el análisis marginal. Como se puede observar en el Cuadro 29, todos los tratamientos excepto el T1 (Manejo de la finca) representan un beneficio económico adicional.

El tratamiento “no dominante” con mayor tasa de retorno marginal es el T4 con 194,21 %. Lo que indica que por cada dólar invertido se recupera 1,94 dólares, una relación 1:2; un beneficio de casi al 200%.

Cuadro 29. Análisis económico y marginal de tratamientos dominantes.

Tratamiento		BN USD/ha/año	Dominancia	Análisis Marginal		
No.	Descripción			CVM USD/ha	BN Marginal USD/ha	TRM %
T4	Poda T. + Bioest. F.	16278,77	ND	24,15	4690,24	194,21
T3	Poda T. + Bioest. S.	15445,13	ND	24,15	3856,60	159,69
T2	Poda Temprana	13038,10	ND	16,50	1449,56	87,85
T6	Bioestimulante Follaje	11925,84	ND	7,65	337,31	44,09
T1	Manejo Finca (Testigo)	11588,54	ND	-	-	-

BN = beneficio neto; ND = dominante; CVM = costos variables marginales; TRM = tasa de retorno marginal. Fecha del análisis = Octubre 2008.

V. CONCLUSIONES

1. Para el ensayo el tratamiento con la mejor respuesta promedio en cuanto a una menor severidad reflejada por el índice de estado evolutivo en la planta fue el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 158,43; comparado con 322,75 que exhibió el Testigo.
2. Los tratamientos con los mayores porcentajes de hojas sanas promedio para la investigación se mantuvieron en T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) y T2 (Poda temprana) con 81,79% y 81,44%, respectivamente. Demostrando que la poda temprana es la mejor opción para disminuir la incidencia de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.) y mantener la sanidad de la plantación.
3. La mejor respuesta promedio para el ensayo en cuanto a la hoja más joven afectada (HMJA) se mantuvo en los tratamientos podados T2 (Poda temprana), T3 (Poda temprana + bioestimulante al suelo) y T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 9 como la hoja más joven con signos visibles de la enfermedad. Con una hoja libre de la enfermedad adicional comparado con el T1 (Manejo de la finca). Es decir que se contará con 8 hojas libres de la enfermedad para producir un racimo de características comerciales.

4. La mejor eficacia promedio encontrada para la poda temprana efectuada en la tercera hoja de banano fue con el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 47,01% de control.
5. La mejor eficacia promedio encontrada para la aplicación de bioestimulante en la planta fue con el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 47,39% de control.
6. Al bioestimulante se le atribuye una acción de orden progresivo, ya que los efectos se comenzaron a evidenciar a partir de las evaluaciones a los 45 y 60 días después de la primera aplicación.
7. Los tratamientos aplicados en mayor o menor medida (dependiendo de su naturaleza), representan un efecto positivo adicional al control químico establecido en el Manejo de la finca.
8. Realizado el análisis económico, el tratamiento en campo con mayor beneficio neto y tasa de retorno marginal fue el tratamiento T4 (Poda temprana + bioestimulante al follaje) con 16.278,77 USD./ha/año y 194,21%, respectivamente.
9. Se ha determinado que la práctica con mejores resultados, visibles en menor tiempo es la poda temprana en la tercera hoja. Evidenciando su efecto al disminuir tanto el porcentaje de hojas sanas como la 'hoja más joven afectada' de una manera más acentuada.

VI. RECOMENDACIONES

1. Incorporar el producto Bioezkudo (Bioestimulante) a dosis de 10 ml/ litro de agua en aplicación foliar dentro de un plan de manejo integral para Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.) en el cultivo de banano.
2. Incorporar la poda temprana dentro del manejo integral de la Sigatoka negra en el cultivo de banano. En base a los resultados positivos determinados en el presente ensayo se puede plantear la posibilidad de probar una poda temprana en hoja 2, y compararla con la hoja 3.
3. Se recomienda probar el Bioestimulante en tipo de aplicación al suelo y follaje en un periodo más extendido, dado que los efectos positivos registrados tienden a ser de orden progresivo. Además de ser un respaldo para los resultados obtenidos en esta investigación.
4. Se recomienda que para futuros ensayos en los cuales se pretenda implementar algún producto de origen biológico se considere los resultados de este documento como referencia previa, ya que se podría generar un falso criterio al compararlo con los productos químicos (especialmente para el combate de la Sigatoka negra) de uso común, cuyo efecto es visible a corto plazo.

VII. RESUMEN

En la hacienda “San Jorge” ubicada en La Unión - Esmeraldas, se probó en el cultivo de Banano (*Musa acuminata* AAA), el efecto de una labor cultural (Poda temprana) y la aplicación de un bioestimulante (a base de ácidos húmicos, macro y micro nutrientes, enzimas y microorganismos benéficos). Ambas prácticas fueron efectuadas con frecuencias de 15 días, en cada uno de los 6 tratamientos establecidos, que se compararon con un último tratamiento Testigo del manejo de la Finca.

El conjunto de los 7 tratamientos estuvieron dispuestos en Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental neta fue de 200 m² (10m x 20m), conformada por 32 plantas, con un mínimo de 6 hojas funcionales, dentro de las cuales se seleccionaron cinco plantas al azar como parcela útil. Las variables evaluadas fueron: estado evolutivo hoja 3, estado evolutivo hoja 4, estado evolutivo en la planta, porcentaje de hojas sanas, hoja más joven afectada, eficacia de las prácticas y variables de producción: peso del racimo, número de manos por racimo, número de dedos por mano, y finalmente el análisis económico respectivo. En base a los resultados se concluyó que la eficacia más alta en el control del hongo (*Mycosphaerella fijiensis* M.) en el cultivo de banano durante el periodo de la investigación lo obtuvo T4 (*Poda Temprana + Bioestimulante al Follaje*) con 43,76 % promedio. El análisis económico determinó que el tratamiento en campo con la mayor tasa de retorno marginal fue T4 (*Poda Temprana + Bioestimulante al Follaje*) con 194,21 %.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- AVILA, H. 1995. Manejo y Control de Sigatoka negra en el Cultivo de Banano. Folleto IN. Grupo Wong. Tercera edición. Guayaquil – Ecuador. pp. 13.
- AGRIOS, G. 2002. Fitopatología. Editorial Limusa. México, D. F. pp.366 – 368.
- ARAYA, J. 2003. Musa sp. Fecha de consulta 2007-09-24. Dirección URL: http://www.may.go.cr/tecnologia/tec_plátano.htm.
- BASF. 1996. Métodos de Planteamiento y Valoración de Ensayos de Campo con Pesticidas. Segunda edición. Ed. Dr. Hermann Bleiholder. Alemania. pp. 133.
- BEYOTA. 2007. Banano. Fecha de consulta 2007-07-23. Dirección URL: <http://www.detutaiom.wiki.mailxmail.com/comestibles/banano.html>
- BRUN, J. 1963. La Cercosporiose du bananier. These Doctor at d' Etat. Université de París.
- BOLAÑOS, B., M. 1998. El papel del componente biorgánico en la fertilización de los suelos. ACORBAT. Memorias XV Reunión. Cartagena – Colombia. pp. 4 – 8.

- BOLAÑOS, B.; ARANZAZU, F; CELIS, L.; MORALES, H.; ZULUAGA, L. 2002. Fertilización e Incidencia de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* morelet) en plátano dominico-hartón (MUSA AAB) en Armenia, Colombia. ACORBAT. Memorias XV Reunión. Cartagena – Colombia. pp. 436 – 440.

- CALVO, C. Y E. BOLAÑOS. 2001. Comparación de tres métodos de deshoja en banano (Musa AAA): su efecto sobre el combate de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) y sobre la calidad de la fruta. CORBANA. Costa Rica. 27(54): 1 – 12.

- CAÑADAS, C., 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, PRONAREG. Quito – Ecuador. pp. 76.

- CASTRO, M.; VILELA, P. 2004. Sigatoka negra da bananeira/ *Mycosphaerella fijiensis*/ Belo horizonte. FAEMG, IMA, SEBRAE. 28 pp.

- CORPEI. 2007. Banano – Nuestro principal producto de exportación. Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones. Fecha de consulta: 2007-12-10. Dirección URL: http://www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3_2_1

- CORTÉS, G. 1998. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Capítulo III. Producción frutícola. Editorial San Jorge. Segunda Edición. pp. 149 – 159.
- EBEL, J. 1998. Oligoglucosideelicitor-mediated activation of plant defense. *BioEssays* 20: 569–576
- ECHEVERRI, F.; TORRES, F.; PINEDA, R.; ZULETA S. 2006. Inducción de fitoalexinas en hojas de banano con varios agroquímicos. Ed. Universitaria. Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia. pp. 683 – 685.
- FOURÉ, E. 1985. Black streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet). Study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. IRFA, Paris.
- FOURÉ, E. 1988. Stratégies de lutte contre la cercoporiose noire des bananiers et plantains provoquée par *Mycosphaerella fijiensis* MORELET. L'avertissement biologique au Cameroun. Evaluation des possibilités d'amélioration. *Fruits* 43 (5) :269 – 274.
- FRANZ, A.; BERGER, J.; CENSKOWSKY, U.; HEID, P.; MILZ, J.; STREIT, C. 2002. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Guías de 18 Cultivos. Banano. Asociación Naturland - GTZ.

Segunda Edición (Publicación en español). Kleinhaderner, Alemania.
pp. 5 – 6.

- HADDAD, O. 2007. La Sigatoka negra un peligro potencial para los cambures y plátanos de Venezuela. Fecha de consulta 2007-05-10.
Dirección URL: <http://ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fdivul.html>
- HAMMERSCHMIDT, R. 1999. Phytoalexins: what have we learned after 60 years? *Ann. Rev. Phytopathology* 37:285–306.
- HERNÁNDEZ, J.; ORDOSGOITTI, A.; MORILLO, J. 1997. La Sigatoka Negra de Bananos y Plátanos en los estados Yaracuy y Carabobo: Síntomas y Pérdidas. FONAIAP. pp. 90 – 13.
- HERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ, A.; SANABRIA, M.; BLANCO, G. 2004. EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Heliotropium indicum* L., *Lippia origanoides* H. B. K. Y *Phyllanthus niruri* L. EN HIJOS DE ‘PLATANO HARTON’ (*Musa* AAB) EN EL CONTROL DE *Mycosphaerella fijiensis* MORELET EN YARACUY, VENEZUELA. INIA – Yaracuy. Venezuela. pp. 565.
- HERNÁNDEZ, Y; PORTILLO, M; VELASCO, J; PORTILLO, F. 2004. Densidad estomática en materiales de plátano, susceptibles y resistentes a Sigatoka Negra, en el estado Zulia, Venezuela. Fecha de

consulta: 15-04-2008. Dirección URL: <http://www.botanica-alb.org/Publicaciones/Otros/2BotEstructural.pdf>

- INEC. 2007. ESPAC 2007. Publicación Resultados Provinciales y Nacionales del Censo de Producción Agropecuaria. Capítulo Tablas, Tabla No. 2, Tabla No. 12. CD Interactivo.
- LASSOUDIÈRE, A. 1978. Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier "Poyo" en Cote d'Ivoire. II. Matériel végétal et méthodes d'études. *Fruits* 33(6) :293 – 313.
- MANZO, G.; ZAPATER, M.; LUNA, F.; SIMPSON, J.; CARLIER, J.; KAY, J. 2004. Construcción de un Mapa Genético de Ligamiento de *Mycosphaerella fijiensis*. CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán). Yucatán – México. pp. 155 – 173.
- MARÍN, D.; ROMERO, R. 1994. El Combate de la Sigatoka negra. Boletín No. 4, Departamento de Investigaciones, CORBANA. Costa Rica. pp. 4, 9 – 13.
- MARTINEZ, G.; HERNÁNDEZ, J.; BLANCO, G.; PARGAS, R.; MANZANILLA, E. 2005. Sigatoka Negra en Venezuela, Reporte Año 2005: Breve análisis. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola). Memorias del ACORBAT 2006. Yaracuy – Venezuela. pp. 719.

- MARTINEZ, A.; CASTAÑEDA, D.; BORNACELLY, H.; MERCHÁN, V. 2006. La Poda Temprana, práctica en el manejo integral de la Sigatoka Negra en Banano. CENIBANANO. Augura, Colombia. pp. 1, 3.

- MEREDITH, D. S.; LAWRENCE, J. 1969. Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): symptoms of the disease in Hawaii and notes on the conidial state of the causal fungus. Transaction British Mycological Soc. 52:459 – 76.

- ORDOSGOITTI, F., A. 1999. Enfermedades del Banano y el Plátano en Venezuela. Medidas de control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie B, No. 37. Maracay, Venezuela. 71 p.

- ORELLANA, H. 2006. Vademécum Agrícola. Manual de Cultivos, Cultivo de Banano. Edifarm. Ecuador. pp. 56,57.

- ORELLANA, H. 2008. Vademécum Agrícola. Manual de Cultivos, Cultivo de Banano. Edifarm. Ecuador. pp. 17.

- OROZCO, M., 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo Experimental Tecomán, Colima, México. Folleto Técnico No 1 División Agrícola. 95 p.

- PEÑARANDA, L.; MENDOZA, L.; PATIÑO, L. 2006. Evaluación de diferentes sistemas de podas para el manejo de Sigatoka negra – *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en banano en la zona bananera del Magdalena. Universidad de Magdalena. Santa Marta, Colombia. 380 p.
- PÉREZ, A.; BURITICA, P.; PATIÑO, L. 2005. Reducción de fuentes de inóculo de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en banano cultivado para exportación en Urabá. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. Vol. 58 (1): 2749.
- PÉREZ, L.; PORRAS, A.; MAURI, F.; HERNÁNDEZ, A.; ABREU, E. 2006. Relaciones entre los factores climáticos y la velocidad de evolución de la Sigatoka negra de los bananos y plátanos. Memorias de XVII Reunión Internacional ACORBAT 2006 – Brasil. pp. 702 – 709.
- PERRÍN, R. K., D. L.; WINKELMAN, E.; MOSCARDI, J.; ANDERSON, R. (1976). Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT.
- QUISHPE, E. 2008. Control de “Sigatoka negra” (*Mycosphaerella fijiensis* var. diformis) en el cultivo de Banano (*Musa AAA* var. cavendish)

aplicando fitoalexinas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Esmeraldas, Ec.
Universidad Central del Ecuador. 154 p.

- RIVAS-PLATERO, G.; ZAPATER, M.; CARLIER, J. 2002. Genética de las poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* en el Trópico Americano. En: Memorias XV Reunión del ACORBAT. Cartagena de Indias, Colombia. pp. 173 – 174.
- RIVEROS, A.; Y ARCINIEGAS, A. 2003. Productos naturales como biofungicidas e inductores de resistencia para el manejo de la Sigatoka negra. pp. 32. Fecha de consulta 2007-10-08. Dirección URL: http://musalit.inibap.org/pdf7IN030014_es.pdf
- SANTOS LIMA, V., Y SIMAO, S. 1997. Contribución al estudio de la morfología de la bananera. Cuarta reimpresión (original 1971). Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Brasil. pp. 339 – 342.
- _____. 2008. El Ecuador en el mercado bananero. Fecha de consulta 2008-07-14. Dirección URL: <http://esp.bonanza.ec/bonanza/market.htm>.
- SOTO, M. 1998. Bananos, Cultivo y Comercialización. Editorial LIL, S.A. Segunda Edición. Costa Rica. pp. 56 – 61, 136 – 168, 230 – 294.

- STOVER, R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease*. 64: 750-756.

- SUQUILANDA, M. 2001. Manejo Alternativo de Sigatoka Negra. SICA. Fecha de consulta: 2009-04-11. Dirección URL: http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/organicos/organicos_ecuador/sigatoka_organico.htm

- VALERIO, R., LINFORF, H.; GARCÍA, E. 2002. Relación entre la anatomía foliar de variedades de *Musa* sp. y su comportamiento frente a la Sigatoka (Amarilla y Negra). En: *Memorias ACORBAT 2002*. Cartagena de Indias. Colombia. pp. 249-254.

- VAZQUEZ, L. Y SALTOS, N. 2005. Ecuador: Su Realidad. Décima Tercera Edición. Quito – Ecuador. pp. 186 – 188.

- VEGA, G. 2007. La sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el plátano. Fecha de consulta: 2007-12-01. Dirección URL: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/monografias/banano/contenido/sigatoka>

- ZHAO, J.; DAVIS, L.; VERPOORTE, R. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances*. ACORBAT 2006. pp. 283 – 333.