

**EVALUACION DE DOS FUNGICIDAS PROTECTORES Y SEIS
FUNGICIDAS SISTÉMICOS PARA EL COMBATE DE LA SIGATOKA
NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*) EN UNA
PLANTACIÓN DE PLATANO CURRARE (*Musa* AAB) EN LA ZONA
DE SAN CARLOS**

ARSENIO BOLAÑOS WARREN

Práctica de Especialidad presentada a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo con grado Bachiller

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

2006

**EVALUACION DE DOS FUNGICIDAS PROTECTORES Y SEIS
FUNGICIDAS SISTÉMICOS PARA EL COMBATE DE LA SIGATOKA
NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis* var *difformis*) EN UNA
PLANTACIÓN DE PLATANO CURRARE (*Musa* AAB) EN LA ZONA
DE SAN CARLOS**

ARSENIO BOLAÑOS WARREN

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz. Ph D.

Asesor

Ing. Agr. Rolando Araya Mejías. Lic.

Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora. M. Sc.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez. MAE.

Coordinador Trabajos Finales
de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo. MSc.

Director Escuela de
Agronomía

2006

DEDICATORIA

A la memoria de mi Madre Zelmira Warren B. que desde el cielo me dió fortaleza y perseverancia para enfrentar todas las adversidades de la vida.

A mi esposa Orleney y mis dos hijas Ivonne Rachell y Marian Charlotte, que son la fuente de inspiración de todos los días de trabajo y dedicación para concluir mi carrera.

Y a mi hermano Hellman Warren y mi hermana Zelmira Warren.

AGRADECIMIENTO

A todos mis amigos que de una u otra forma me ayudaron en los momentos difíciles, a través de sus consejos o ayudas materiales para poder concluir este trabajo.

También un agradecimiento especial a mí asesor Ing. Carlos Muñoz por su incansable apoyo y comprensión.

A Nuria Soto por todo el apoyo tanto material como espiritual.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.1.2 Objetivos Específicos.....	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Origen y distribución de la Sigatoka Negra	4
3.2 Biología del patógeno	4
3.3 Ciclo del hongo	6
3.4 Desarrollo de la enfermedad	7
3.5 Factores climáticos	9
3.6 Formas de combate	10
3.6.1 Combate cultural.....	10
3.6.2 Combate genético.....	10
3.6.3 Combate químico.....	11
3.6.3.1 Fungicidas sistémicos.....	11
3.6.3.1.1 Benzimidazoles.....	12
3.6.3.1.2 Inhibidores de la biosíntesis de ergosterol.....	13
3.6.3.1.3 Metoxyacrilatos.....	14
3.6.3.2 Fungicidas Protectores.....	15
3.6.3.3. Coadyuvantes.....	15
3.7 Monitoreo de resistencia a fungicidas	16
3.8 Mecanismo de resistencia	17
4. MATERIALES Y METODOS	19
4.1 Etapa de campo y recopilación de información general sobre el cultivo y La enfermedad	19
4.1.1 Preparación del terreno y siembra	19
4.1.2 Manejo de la plantación	19
4.1.3 Combate de la Sigatoka Negra	19
Experimento # 1.....	20
Experimento # 2.....	21
Experimento # 3.....	22
4.1.4 Diseño Experimental	22

4.1.5 Aplicación de los tratamientos	23
4.1.6 Variables a evaluar	23
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1 Experimento uno	25
5.1.1 Hojas totales a floración (HT).....	25
5.1.2 Hoja más joven enferma (HMJE).....	27
5.1.3 Promedio ponderado de infección (PPI).....	29
5.2 Experimento dos	30
5.2.1 Hojas totales a floración (HT).....	30
5.2.2 Hoja más joven enferma (HMJE).....	34
5.2.3 Promedio ponderado de infección (PPI).....	36
5.3 Experimento tres	40
5.3.1 Hojas totales a floración (HT).....	40
5.3.2 Hoja más joven enferma (HMJE).....	42
5.3.3 Promedio ponderado de infección (PPI).....	44
5.4 Propuesta de un programa de control químico de Sigatoka Negra en Plátano para la zona de San Carlos en época de alta precipitación..	48
6. CONCLUSIONES	53
7. RECOMENDACIONES	55
8. LITERATURA CONSULTADA	57
9. ANEXOS	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Datos de la variable hojas totales promedio (HT) del Experimento Número 1.San Carlos, 2001.....	25
2	Datos de la variable hoja más joven enferma (HMJE) del Experimento Número 1. San Carlos, 2001.....	27
3	Datos de la Variable Promedio Ponderado de Infección (PPI) del Experimento Número 1. San Carlos, 2001.....	29
4	Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 1. San Carlos, 2001.....	32
5	Datos de la Variable Hojas Totales Promedio (HT) del Experimento Número 2.San Carlos, 2001.....	33
6	Datos de la variable hoja más joven enferma (HMJE) del Experimento Número 2. San Carlos, 2001.....	35
7	Datos de la Variable Promedio Ponderado de Infección (PPI) del experimento Número 2.San Carlos, 2001.....	37
8	Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 2. San Carlos, 2001.....	40
9	Datos de la variable hojas totales promedio (HT) del Experimento Número 3.San Carlos, 2001.....	41
10	Datos de la variable hoja más joven enferma (HMJE) del Experimento Número 3. San Carlos, 2001.....	43
11	Datos de la Variable Promedio Ponderado de Infección (PPI) del experimento Número 3.San Carlos, 2001.....	45

12	Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 3. San Carlos, 2001.....	48
13	Costo de adquisición en dólares por litro de cada producto utilizado en los tres experimentos. San Carlos, 2006.....	49
14	Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el experimento uno. San Carlos, 2006.....	49
15	Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el experimento dos. San Carlos, 2006.....	50
16	Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el experimento tres. San Carlos, 2006.....	50
17	Propuesta número uno para un programa de fumigación para el control químico de Sigatoka Negra en una plantación de plátano en la zona de San Carlos en época de alta precipitación. Santa Clara,2006.....	52
18	Propuesta número dos para un programa de fumigación para el control químico de Sigatoka Negra en una plantación de plátano en la zona de San Carlos en época de alta precipitación. Santa Clara,2006.....	52
19	Datos climatológicos de Santa Clara. San Carlos, año 2001.....	60
20	Fechas de aplicación y días de intervalo de los ciclos de los fungicidas protectantes durante el periodo experimental. San Carlos, 2001.....	60
	Fechas de aplicación y días de intervalo de los ciclos de los fungicidas sistémicos durante el periodo experimental. San Carlos, 2001.....	61
21		

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Hojas totales a floración experimento 1. San Carlos, 2001...	26
2	Hoja más joven enferma experimento1. San Carlos, 2001...	28
3	Hojas totales promedio experimento1. San Carlos, 2001...	30
4	Promedio ponderado de infección experimento1. San Carlos, 2001.....	30
5	Hojas totales a floración experimento 2. San Carlos, 2001...	34
6	Hoja más joven enferma experimento 2. San Carlos, 2001.....	36
7	Hojas totales promedio experimento 2. San Carlos, 2001...	38
8	Promedio ponderado de infección experimento 2. San Carlos, 2001.....	39
9	Hojas totales a floración experimento 3. San Carlos, 2001...	42
10	Hoja más joven enferma experimento 3. San Carlos, 2001.....	44
11	Hojas totales promedio experimento 3. San Carlos, 2001...	45

12	Promedio ponderado de infección experimento 3. San Carlos, 2001.....	46
----	----------------------------------------------------------------------	----

RESUMEN

Se evaluó dos fungicidas protectores y seis fungicidas sistémicos para el combate de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) en plátano en la zona de San Carlos. El trabajo se dividió en tres experimentos, el primer experimento estuvo formado por dos fungicidas protectantes del grupo químico Mancozeb (Ridodur® 35 SC 1050 g.i.a. /ha y Vondozeb® 62 SC 1050 g.i.a. /ha). Ambos productos se aplicaron en agua y en emulsión con aceite agrícola (Agrol® 97 L) a 7 y 14 l/ha; También se contó con un testigo en aceite agrícola (Agrol® 97L) a 14 l/ha y un testigo absoluto. El segundo experimento estuvo formado por seis fungicidas sistémicos de diferentes grupos químicos: Triazoles (Propiconazole - Tilt® 25 EC, 100 g.i.a. /ha, Bitertanol - Baycor® 30 EC, 150 g.i.a. /ha, Difenconazole -Sico® 25 Ec, 100 g.i.a. /ha), Benzimidazoles (Benomil - Benlate® 50 OD, 140 g.i.a. /ha), Metoxyacrilatos (Azoxistrobina - Bankit® 25 SC, 100 g.i.a. /ha), Morfolinas (Tridemorph - Calixin® 84 CE, 445g.i.a./ha). Todos estos productos se aplicaron en emulsión con aceite agrícola (Agrol® 97L) a 7 l/ha; También se contó con un testigo en puro aceite agrícola (Agrol® 97L) a 7 l/ha y un testigo absoluto. El tercer experimento estuvo formado por los mismos fungicidas del experimento dos y se aplicaron en emulsión con aceite agrícola (Agrol® 97L) a 7 l/ha, solo que mezclados con un fungicida protectante del grupo químico Mancozeb (Vondozeb® 62 SC 700 g.i.a./ha). También se contó con un testigo a base del fungicida protectante del grupo químico Mancozeb (Vondozeb® 62 SC 700 g.i.a. /ha) y un testigo absoluto.

Las variables que se evaluaron fueron: Hojas Totales a Floración (HT), Hoja Más Joven Enferma (HMJE) y el Promedio Ponderado de Infección (PPI). Entre los resultados obtenidos se cita que la deshoja bisemanal afecta la efectividad de los fungicidas, al permitir una acumulación excesiva de la fuente de inóculo en la plantación y producir niveles de severidad muy altos de la enfermedad.

También se comprobó que los tratamientos con fungicidas sistémicos en emulsión con aceite agrícola y mezclados con un fungicida protectante, tienen un mejor control de la enfermedad y una mejor respuesta ante niveles altos de

severidad que con los tratamientos con fungicidas protectantes. En cuanto a los fungicidas sistémicos fue el Tridemorf (Calixin® 84 CE, 445g.i.a./ha) el que mejor resultados obtuvo al final del periodo experimental, aunque los otros fungicidas sistémicos también mostraron resultados aceptables.

Respecto a las variables evaluadas se concluyó que la Hoja más Joven Enferma (HMJE) y Hojas Totales a Floración (HT) son el mejor punto de referencia para un programa de control químico desde el punto de vista técnico y que el PPI pueden utilizarse como herramienta de medición y control de la severidad y la calidad de deshoja en la plantación respectivamente.

También se comprobó la importancia del programa de muestreo semanal, el cual permitió observar el comportamiento de la enfermedad en el transcurso del tiempo ante la acción de los fungicidas y de ésta forma tener criterio técnico para determinar el programa de control químico a seguir.

Palabras claves: Fungicidas Protectores, Fungicidas Sistémicos, Sigatoka Negra, Plátano Curraré

1 INTRODUCCIÓN

La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) es una enfermedad que ataca las hojas de las plantas de banano, produciendo un rápido deterioro del área foliar cuando no se le combate. Este deterioro en el área foliar afecta el crecimiento y productividad de las plantas al disminuir la capacidad de fotosíntesis. También, produce una reducción en la calidad de la fruta, al favorecer la maduración prematura de los racimos, lo cual es la mayor causa de pérdidas por esta enfermedad.

La Sigatoka Negra se ve favorecida por la alta susceptibilidad de los principales clones de banano utilizados en las explotaciones comerciales para la exportación (Gran Enano y Valery), lo que dificulta sustancialmente el manejo del problema.

Esta enfermedad se detectó por primera vez en las plantaciones bananeras de Costa Rica en el año 1979, diseminándose en poco tiempo en todas las áreas productoras de musáceas (Madrigal 1993, Sierra 1980, Stover 1980 a).

La enfermedad es controlada principalmente con el uso de fungicidas, ya que alternativas no químicas no han proporcionado un adecuado control (Romero y Sutton, 1996). El control químico tiene un costo muy elevado, teniendo un costo anual a las empresas bananeras del país un promedio de \$1.700/ha (dato del año 2006) o sea que esto equivale al 27% del total de promedio de los costos de producción de la fruta. Este costo es fácil de sufragar por las transnacionales que tiene grandes plantaciones, cuyas producciones superan las 2.500 cajas de banano por hectárea al año, pequeñas plantaciones no soportarían una carga tan alta para mantener bajo control la enfermedad, además que su rentabilidad es baja por su producción anual por área. Este es el caso de los productores de plátano en todo el país y especialmente en la zona de San Carlos. En esta región platanera los productores no pueden hacerle frente a la enfermedad eficientemente por su costo y por tener bajos rendimientos por área, lo que hace de sus plantaciones una forma de producción de subsistencia y autoconsumo.

La implementación de un programa de manejo que integre prácticas culturales como: deshoje, deshije y embolse con aplicaciones cíclicas de productos químicos, es el principal objetivo de este proyecto para disminuir las pérdidas en el cultivo de plátano por efecto de la Sigatoka Negra.

Este programa de combate integrado debe ser rentable y eficiente para el productor platanero de la zona. Además ser preciso y práctico a un costo sostenible para la economía del productor, que no abarque el 27% del costo total de producción en que incurren las plantaciones bananeras del país.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Elaboración de un programa de manejo químico de combate de la Sigatoka Negra en el cultivo de plátano en la Zona de San Carlos.

.

2.1.2. Específicos:

- Probar diferentes químicos para el combate de la Sigatoka Negra.

- Definir un programa de manejo o combate químico eficiente y económico para el productor de plátano en la Zona de San Carlos.

- Definir un programa de muestreo semanal utilizando la escala STOVER de seis grados, para cuantificar la incidencia y severidad de la enfermedad en la plantación.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen y distribución de la Sigatoka negra

Su probable origen es por mutación de *Mycosphaerella musicola* Leach (Sigatoka amarilla) y su centro de distribución fue Viti Levu, en la isla de Fiji. Sus primeras apariciones fuera del Asia y de las Islas del Pacífico fueron registradas en Honduras en 1972 (Stover 1980 a, b).

González (1987), citado por Madrigal (1993) menciona que dicha enfermedad fue observada por primera vez en Centroamérica en setiembre de 1972, coexistiendo con la Sigatoka Amarilla, en el Valle de Ulúa, Honduras, existiendo probablemente desde 1969, en pequeños focos. El primer brote severo fue descubierto en Finca "Naranja Chino", en mayo de 1973. Luego con la ayuda del huracán Fifi se facilitó su diseminación.

Stover (1980 a, b) y Sierra (1980), citan que en 1979 la enfermedad apareció por primera vez en Costa Rica, en la zona platanera de Santa Clara de San Carlos. En octubre del mismo año se descubrió que la infección estaba afectando aproximadamente 4.000 ha de plátanos en todo el este del cantón. Es probable que la enfermedad apareciera en esta zona a finales del año 1978 o inicios de 1979, traída en material vegetativo por camioneros que hacían comercio en Centroamérica de bananos y plátanos verdes, que utilizaban las hojas de estas plantas para proteger las frutas de magulladuras y quemaduras del sol (Stover, 1980 a, b; González 1995).

En Setiembre de 1980 se detectó la aparición de la enfermedad en la zona bananera del Atlántico (Stover 1980 b), en varias fincas ubicadas en Guápiles dispersándose velozmente hacia el este a razón de 5km / día, afectando la mayoría del área cultivada de banano para exportación (Madrigal 1993).

3.2. Biología del patógeno

El agente causal de la Sigatoka Negra es el hongo Ascomicete llamado *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* el cual tiene tres cuerpos de fructificación:

peritecio, espermagonio y conidióforo o esporodoquio. Este hongo se reproduce en forma sexual y asexual durante su ciclo de vida (Sierra 1980).

La fase sexual es la más importante en la reproducción de la enfermedad, porque produce un gran número de esporas sexuales (ascósporas) en estructuras llamadas pseudotecios (Stover 1980 b; Marín y Romero 1996).

Los pseudotecios son los órganos sexuales femeninos del hongo. En la parte superior del cuello del pseudotecio existe un agujero por el cual son expelidas las esporas, que son producidas en pequeños sacos llamados Ascos por lo cual se llaman ascósporas. Los espermagonios son los órganos masculinos del hongo que producen centenares de espermacias incoloras. Cuando maduran fluyen suavemente hacia la superficie de la hoja con el rocío y la lluvia. De esta manera, las espermacias son llevadas al pseudotecio joven donde se unen a las estructuras primarias periteciales en un acto de fertilización. No hay reproducción de ascósporas en el pseudotecio, a menos de que las espermacias se encuentren en la hoja. Las espermacias en sí no infectan las hojas (Rosero 1984).

La fase asexual se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de la enfermedad, donde se observa la presencia de un número relativamente bajo de conidióforos (estructuras donde se producen las esporas asexuales llamadas conidios) (Marín y Romero 1992), por lo que su aporte al inóculo total es menor comparado con las ascósporas (Stover 1980 b).

Los conidióforos son los filamentos fungales que emergen a través del estoma de la hoja. A un grupo de conidióforos se les llama esporodoquio. Los conidios de *Sigatoka negra* presentan en su base una cicatriz en donde estaba adherida al conidióforo (Rosero 1984).

La infección toma lugar vía ascósporas y conidios. Las ascósporas se forman en las hojas más viejas infectadas. Pueden sobrevivir más de ocho semanas dentro del pseudotecio, pudiendo vivir así durante pequeños períodos de sequía. Los pseudotecios maduros pueden expulsar ascósporas 10 minutos después de que haya humedad y dos horas más tarde el 85% ha sido expulsado (Stover 1980 a).

Así conidios y ascósporas son las estructuras de diseminación de la enfermedad, el agua y el viento las diseminan y son colocadas principalmente en la hoja candela y en las dos hojas más jóvenes de la planta (González, 1995; Marín y Romero 1992).

3.3. Ciclo del hongo

El ciclo se inicia con la germinación de las esporas del hongo sobre la superficie de la hoja, para lo cual es necesario la presencia de agua libre. Las aberturas naturales de la planta son la vía de penetración del patógeno en las hojas (Stover 1980 b; Sierra 1980).

Los pseudotecios de este hongo pueden permanecer durante períodos no muy prolongados de sequía en las hojas viejas del banano. Al volver las lluvias, los pseudotecios embeben agua y se activan, las ascas se levantan una a una hasta el ostiolo y expulsan las ascósporas que son arrastradas por corrientes de aire en todas direcciones. Las ascósporas que se depositan en las hojas más jóvenes del banano, se adhieren a la cutícula de la hoja y ahí germinan. El tubo germinativo se extiende sobre la cutícula y penetra por un estoma hasta alcanzar la cavidad subestomática, en donde se ramifica (González, 1995).

En el punto donde se inició la infección aparece luego una mancha amarillenta, que crece y se toma oscura, casi negra. En estas lesiones se producen esporodoquios (grupos de conidióforos que emergen por los estomas). Los conidios se diseminan por el salpique del agua de lluvia, y de esta manera contribuyen a que la enfermedad se extienda a las hojas vecinas. También penetran preferentemente las hojas jóvenes.

En las lesiones maduras donde el tejido seco aparece casi blanco, empiezan a desarrollarse los pseudotecios y los espermagonios. Los espermagonios producen espermacios, pequeñas esporas no infecciosas, que funcionan como gametos masculinos. Cuando llueve, el agua arrastra los espermacios y muchos van a dar a los protoperitecios (pseudotecios sin fertilizar); fertilizándolos, formándose núcleos diploides en la célula madre ascas. En los pseudotecios fertilizados se desarrollan varias ascas, cada una con ochos

ascósporas. Cuando maduran las ascósporas son expulsadas, diseminándose la enfermedad (González, 1995).

El período de incubación de la enfermedad, desde el momento que llega el inóculo hasta cuando se observan los primeros síntomas, ocurre entre 11 y 15 días, presentándose variaciones por razones climáticas, intensidad de la infección, y vigor de la planta infectada. El ciclo total de la enfermedad puede ocurrir en sólo 23 días y extenderse hasta los 70, sin embargo es que suceda entre 35 y 50 días (Stover 1980).

Las ascósporas son liberadas primordialmente en horas de la noche, en el día con el incremento de la temperatura ocurre una disminución en la humedad relativa y por consiguiente los pseudotecios dejan de emitir esporas, sin embargo una lluvia en horas diurnas puede inducir una rápida y activa descarga de ascósporas.

3.4. Desarrollo de la enfermedad

Las ascósporas de la Sigatoka Negra germinan en dos horas sobre la superficie inferior y húmeda de las hojas, pero el tubo germinativo tarda de 48 a 72 horas para penetrar el estoma de la hoja si las condiciones de humedad son óptimas, o teniendo una saturación total o cerca de la misma y con temperaturas arriba de los 20°C.

Una vez que la infección ocurre, las hifas emergen del estoma se, desarrollan en conidióforos o crecen sobre la superficie de la hoja para penetrar otros estomas adyacentes.

La evolución de los síntomas de *M. fijiensis* ha sido caracterizada por varios autores (González 1995, Romero y Sutton 1996, Stover 1980 a), los cuales describen la enfermedad, la cual pasa por los siguientes estados:

Estado 1: Los primeros síntomas visibles de la enfermedad aparecen entre 10 - 14 días después de la infección, en un clima húmedo y caluroso, y son unas pequeñas decoloraciones (pizcas) que sólo son observables en el envés de la hoja. Las pizcas son de color amarillo pálido, de un diámetro aproximado de 0,2 mm de forma irregular y difusa. Esta puntuación amarilla no es siempre visible y

pasa usualmente inadvertida o se puede confundir con otro tipo de lesiones. No es tampoco claramente visible en muchos clones. Cuando las condiciones son muy favorables al desarrollo de la enfermedad, éstas pueden aparecer en la hoja 2. Casi siempre aparecen en la hoja 3 y 4. Estas pizcas se alargan y alcanzan aproximadamente 1 mm de longitud, tomando las características de una raya pardo rojiza y no son visibles por el haz.

Estado 2: La raya se alarga hasta alcanzar una longitud variable (1,5-2,5 mm). La principal característica del estado es que las rayas son visibles por el haz de las hojas. Siguen manteniendo su color pardo rojizo café.

Estado 3: Las rayas se alargan hasta alcanzar 2,5-3,5 mm de longitud y 2 mm de ancho, y se puede volver más oscuro. Si la densidad de inóculo es muy grande, las rayas pueden coalescer formando zonas necróticas, que le dan un aspecto oscuro a las hojas. La distribución de estas rayas es variable, en ocasiones es muy numerosa en el semilimbo izquierdo de las hojas, pero en otras aparecen igualmente distribuidas en ambos. Frecuentemente se agrupan a ambos lados del nervio central de la hoja y a veces varias rayas coalescen para formar compuestas más grandes.

Estado 4: Puede considerarse el primer estado de mancha. Las rayas se ensanchan y toman un contorno más o menos redondeado, elíptico o fusiforme. La transición de rayas a manchas es caracterizada por el desarrollo de un borde oscuro o pardo claro alrededor de la mancha. Este borde acuoso se hace claramente visible temprano en la mañana cuando el rocío está presente o después de la lluvia.

Estado 5: El color pardo rojizo se toma oscuro o casi negro, el área central que rodea la mancha se vuelve más pronunciada debido al oscurecimiento. En este estado puede ocurrir un amarillamiento ligero del tejido de la hoja que rodea el borde acuoso de la mancha. Este estado se caracteriza por el color oscuro casi negro que toma el follaje de las plantas seriamente por la enfermedad.

Estado 6: El centro de la mancha se seca, volviéndose gris claro donde se observan los pseudotecios, y luego se deprime. La mancha es rodeada de un borde estrecho, bien definido, pardo oscuro o negro. Entre este borde y el verde

normal de la hoja hay un halo amarillento brillante en la zona de transición. Después que las hojas se han secado y colapsado, las manchas permanecen claramente visibles debido al centro claro y el borde oscuro.

Al presentarse gran cantidad de lesiones (manchas) estas coalescen, la hoja se torna negra y muere 3 ó 4 semanas después de aparecer los primeros síntomas.

La mayor infección de la enfermedad se origina por ascósporas. Vásquez *et al.* (1989) citados por Sierra (1980) consideran que la infección ocurre primero en el borde izquierdo de la hoja, por ser la primera parte que se desenrolla y queda expuesta al inóculo en el campo. La morfología de la hoja sugiere una mayor acumulación de humedad en ésta área, una condición necesaria para el establecimiento y germinación de las esporas.

La infección por conidios se encuentra dispersa por toda la hoja, no tan localizada como la anterior.

3.5. Factores climáticos

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

La lluvia posee un papel muy importante en la liberación del inóculo. Una película de agua sobre la superficie de la hoja es requerida para la infección por ascósporas y conidios. En Costa Rica, se ha caracterizado el progreso de la enfermedad de acuerdo a la distribución de las lluvias a través del año.

Las temperaturas favorables para el desarrollo de la Sigatoka Negra fluctúan entre los 22 y 29 °C, con una temperatura óptima alrededor de los 26°C. La temperatura es la variable ambiental más frecuentemente correlacionada con el desarrollo de la enfermedad (Stover 1980 a).

La humedad relativa es importante en proveer las condiciones hídricas necesarias para la germinación de las esporas y el desarrollo de las infecciones. Una humedad relativa cercana a la saturación (98-100%) es necesaria para la germinación y el crecimiento del tubo germinativo de las ascósporas. Los

conidios, por su parte, germinan entre 20-35% sobre un amplio rango de humedad relativa (92-100%).

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

3.6. Formas de combate

3.6.1. Combate cultural

Son todas aquellas prácticas que evitan o disminuyen la alta humedad relativa y la alta temperatura, que producen un microclima favorable en la plantación para el desarrollo del patógeno. Las prácticas culturales son las medidas que están orientadas básicamente en ofrecerle las mejores condiciones de drenajes adecuados de tal manera que no se presenten encharcamientos en la plantación. Además de trabajar con densidades apropiadas y labores de deshoje y deshoje debidamente programadas. Así como un eficiente control de malezas.

Estas prácticas, por sí solas no son suficientes para el control de la enfermedad, por lo cual, sirven como complemento a otras medidas de combate (Stover 1993).

3.6.2. Combate genético

La selección genética es una prioridad en las investigaciones en banano. El objetivo es crear nuevos híbridos que sean resistentes o más tolerantes al patógeno.

Debido a la alta susceptibilidad a *M. fijiensis*, de los principales clones de banano utilizados en las explotaciones comerciales para la exportación genética es una de las mejores alternativas para el control de la enfermedad. Sin embargo, la obtención de materiales resistentes a la Sigatoka Negra con características de rendimiento y calidad aceptables, es difícil y lento, debido principalmente a la infertilidad de los triploides utilizadas como madres e cruces con diploides mejorados.

La investigación en este campo está dirigida a la obtención de tetraploides derivados de triploides, debido a que los primeros presentan polinización cruzada, no así, los triploides.

La Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) liberó dos híbridos de banano tetraploides conocidos como híbridos FHIA 01 (*Musa AAAB*) y FHIA 2 (*Musa AAAA*), con alta resistencia a la Sigatoka Negra (FHIA, 1994). Estudios realizados por Guzmán y Romero (1997) comprobaron el alto nivel de resistencia de los mismos (en la primera y segunda generación), comparativamente con el clon Gran Enano.

En la actualidad se disponen de otros clones con resistencia derivados del programa FHIA, entre estos: FHIA 3 (*Musa AABB*, tipo plátano), FHIA 18 (*Musa AAAB*, tipo banano), FHIA 21 (*Musa AABB*, tipo plátano), SH 3436-9 (*Musa AAAA*, tipo banano para postre) (Stover 1993).

3.6.3. Combate químico

Los fungicidas son las principales armas químicas empleadas en el combate de la Sigatoka Negra. Estos pueden agruparse en dos categorías: protectores y sistémicos, dentro de los cuales se encuentran fungicidas con modos de acción distintos.

Como complemento de los fungicidas se utiliza el aceite agrícola el cual es fungistático (detiene el desarrollo del hongo) a ciertas dosis. El aceite agrícola al ser agregado a la mezcla fungicida mejora la penetración, dispersión y persistencia del fungicida en la hoja, lo que se traduce en un mejor control de la enfermedad.

La dosis de 10 l/ha de aceite agrícola puede lograr un buen control de *M. fijiensis*, sin producir efectos fitotóxicos visuales severos al cultivo.

El emulsificante es necesario cuando se aplica el fungicida en emulsión, para realizar la mezcla aceite - agua y se utiliza al 1% de volumen total de aceite (Guzmán 1997).

3.6.3.1. Fungicidas sistémicos

Es el grupo de fungicidas más importante usados en el control de la Sigatoka Negra, dadas las características terapéuticas prolongadas que poseen.

El efecto más importante de los fungicidas sistémicos es su acción curativa en los estados tempranos de la infección, además de reducir el inóculo.

Estos son fungicidas muy específicos ya que actúan en un sólo paso de la fisiología del patógeno, si se toma en cuenta que cada proceso metabólico del hongo está gobernado al menos por un gen; el número de genes involucrados en la acción de un fungicida sistémico es muy bajo; de esta manera la probabilidad de que surjan problemas de resistencia a estos productos es alta. En la actualidad se cuenta con varias familias químicas en este grupo: benzimidazoles, triazoles, morfolinas, pirimidinas, metoxyacrilatos, entre otras (Vargas 1998).

3.6.3.1.1. Benzimidazoles

El benomil fue el primer fungicida sistémico que apareció en el mercado en 1967, que junto con otros benzimidazoles, se convirtieron en el arma más importante para el control de gran número de enfermedades fungosas.

Los benzimidazoles inhiben la mitosis y por último la división celular. El fungicida más utilizado de este grupo en el combate de la Sigatoka Negra es el benomil a una dosis de 140 g.i.a/ha (280 g PC/ha).

Los benzimidazoles son fungicidas sistemáticos inhibidores de la formación de tubilinas en las células y por lo tanto de la mitosis celular, evitando por consiguiente cualquier tipo de desarrollo del hongo.

Las esporas de población sensibles tratadas presentan tubos germinativos cortos, deformados o simplemente no germinan. Por cuanto es un proceso gobernado por un solo par de genes, los riesgos de selección de poblaciones tolerantes son elevados.

En los benzimidazoles el efecto fungicida consiste en una interferencia en la polarización de los cromosomas, fase crítica para la división celular. Una vez que aparece el cambio hacia la tolerancia, continúan los procesos de división celular y por tanto el desarrollo normal del patógeno (Vargas 1998).

3.6.3.1.2. Inhibidores de la biosíntesis de ergosterol (IBE)

Albornoz, citado por González (1995) manifiesta que el ergosterol es un compuesto básico en la membrana de los hongos, su ausencia resulta en cambios en su permeabilidad o su desaparición causando la muerte de las células.

La inhibición de la biosíntesis de ergosterol en los hongos trae como consecuencia una acumulación de lanosterol, que causa un aumento en la permeabilidad de la membrana y disturbios en la toma de nutrientes. Además una deficiencia de ergosterol conduce a un desequilibrio en la biosíntesis de quitina y a un disturbio en el balance enzimático.

Para detener la biosíntesis de ergosterol se inhiben diferentes enzimas. Sin embargo, al atacar al 14 alfa desmetilasa para detener la eliminación del grupo metilo en el carbono número 14, durante la transformación de lanosterol en ergosterol es el arma principal.

Los fungicidas IBE incluyen un grupo heterogéneo de sustancias químicas, que a pesar de su variabilidad tienen tres características en común: todos contienen al menos un anillo de nitrógeno, con algunas excepciones contienen al menos un átomo de carbono asimétrico, casi todos, con excepción de las morfolinas, interfieren con la síntesis de ergosterol en la inhibición de desmetilación en el C-14.

Los inhibidores de la biosíntesis de ergosterol se dividen en dos grupos:

a) Los inhibidores de la desmetilación alfa 14 (IDM), que bloquean al citocromo oxidasa P-450. Este grupo incluye: piperazinas, piridinas, primidinas, imidazoles y triazoles.

B) Inhibidores de la reducción delta 14 (15) y de la isomerización delta 8(7). Incluye este grupo las piperidinas y morfolinas (Vargas 1998).

A) Piperidinas

En banano para el combate de *M. fijiensis* no se utiliza ningún fungicida de esta familia química. El modo de acción de esta pirimidina es IBE, y su mecanismo de acción es IDM, al igual que los triazoles (González 1995). El fenarimol es el único fungicida de este grupo que tiene aprobación para ser

usados en bananos, pero casi no se usa comercialmente debido a su baja efectividad en el combate de la enfermedad y a las posibilidades de resistencia cruzada con los triazoles.

B) Morfolinas

Estos fungicidas presentan dos altos sitios de acción. El primero, bloquean la reducción del doble enlace en el carbono delta 14 y luego detienen la isomerización delta 8 - delta 7 que es donde actúa el Calixin.

Pertencen al grupo de fungicidas sistémicos de acción local y se caracterizan porque penetran en las hojas pero no se traslocan al resto de la planta (al igual que los triazoles). El modo de acción de estos fungicidas se ubica entre los IBE. El tridemorph es el único fungicida de este grupo utilizado en banano. Este producto posee la ventaja de que no se ha encontrado resistencia cruzada con los triazoles, por lo que es empleado en rotación con estos fungicidas y se utiliza en dosis de 450 g.i.a/ha (0,6 l PC/ha).

3.6.3.1.3. Metoxyacrilatos

La azoxistrobina, ingrediente activo del Bankit, se deriva de un grupo de fungicidas que se encuentra en forma natural, conocidos como estrobilurinas. Las estrobilurinas son producidas por ciertas especies de hongos que compiten entre ellos por nutrientes.

Azoxistrobina pertenece a la familia química de los *B*- metoxyacrilatos, estos fungicidas poseen un novedoso modo de acción que no es compartido por ninguna otra clase conocida de fungicidas. Basan sus propiedades fungicidas en la inhibición de la respiración mitocondrial en los hongos, por la unión a un sitio específico sobre el citocromo b, impidiendo la transferencia de electrones entre los citocromos b y el c, previniendo así la formación de ATP. Como actúa en la producción de energía la azoxistrobina inhibe los estadios tempranos de crecimiento del tubo germinativo.

A causa de su mecanismo de acción, la azoxistrobina es efectiva contra patógenos que han desarrollado tolerancia o resistencia a otros fungicidas. La

azoxistrobina no exhibe resistencia cruzada a la siguiente clase de fungicidas: Triazoles y los restantes IBE, Fenilamidas, Dicarboximidias, Benzimidazoles.

3.6.3.2. Fungicidas Protectores

Son productos que no penetran en las hojas. Son efectivos principalmente contra la producción de conidios, debido a que las ascósporas que están dentro del pseudotecio, no entran en contacto con la capa de fungicida que se encuentra en la superficie de la hoja.

El modo de acción de estos productos normalmente es multisitio, debido a que actúan interfiriendo diferentes procesos metabólicos vitales para la vida del hongo.

Una familia de fungicidas protectores es la de los Ditiocarbamatos a la que pertenecen el mancozeb los cuales se utilizan en dosis de 1.000-1.500 g.i.a/ha. Otro fungicida muy usado en otras épocas es el clorotalonil, cuya particularidad es que no puede ser aplicado con aceite agrícola porque la mezcla es fitotóxica (Vargas 1998).

3.6.3.3. Coadyuvantes

Los coadyuvantes son sustancias o productos que favorecen o mejoran el desempeño de los fungicidas en las aplicaciones, algunas de las ventajas de estos productos en el accionar de los fungicidas son: mejor penetración, adherencia, dispersión, regulación del ph, efecto emulcificante etc.

De los coadyuvantes utilizados en el control de Sigatoka Negra, es el aceite agrícola el más utilizado ya que además de poseer la mayoría de las ventajas anteriormente citadas. Tiene una ventaja adicional, el cual ejerce un efecto fungiestático contra el hongo causante de la enfermedad, por este motivo es que su uso es de suma importancia en el complemento con los fungicidas (Vargas 1998).

3.7. Monitoreo de resistencia a fungicidas

El monitoreo se basa en el análisis de la respuesta de la población de un patógeno al uso de fungicida. Su principal objetivo es detectar a tiempo cualquier cambio en sensibilidad, para poder así tomar las medidas adecuadas.

El reconocimiento de cepas se logra mediante la comparación con cepas silvestres. Los datos sobre el comportamiento de estas poblaciones nunca tratadas (silvestres) se conoce como línea base.

Stover (1993) manifiesta que durante la etapa de desarrollo de los fungicidas es importante determinar el riesgo inherente de resistencia en la población original (línea base). Por lo que a través de un estudio de monitoreo de la sensibilidad se debe analizar si antes del uso comercial de algún fungicida ya se encuentran razas resistentes a esa población.

La resistencia a fungicidas se puede considerar como un fenómeno diferente la mayoría de veces llamado “resistencia adquirida” que sucede cuando se expone un hongo a aplicaciones sucesivas de un mismo fungicida, lo que provoca la aparición de poblaciones resistentes.

La resistencia en hongos se define como un fenómeno observado en ciertas razas de éstos, normalmente susceptibles a ciertos fungicidas, que se manifiesta por una reducción de la sensibilidad a dichos productos, con la consiguiente pérdida de eficacia de los fungicidas a dichos hongos.

La resistencia es una propiedad estable y hereditaria de un patógeno y se demuestra por la sensibilidad significativa reducida en contra del fungicida. La misma una vez establecida en la población, puede permanecer por tiempo prolongado o desaparecer rápidamente.

En fungicidas comúnmente se consideran como equivalentes los términos resistencia, tolerancia, insensibilidad o reducción de sensibilidad. Los fitopatólogos prefieren el término resistencia, mientras que las compañías agroquímicas utilizan reducción de sensibilidad, insensibilidad u otra expresión que no suene tan alarmante para los productores.

En Costa Rica, el primer brote de resistencia se dio por parte de la Sigatoka Negra al Benomil. Esto ocurrió a mediados del año 1983, en plantaciones bananeras en la zona de Guápiles.

Entre 1991 y 1992 la resistencia del patógeno al fungicida benomil ya se encontraba ampliamente distribuida en nuestro país, lo que resultó en un incremento en el uso de propiconazole.

Para 1994 y 1995, estudios realizados por Romero y Sutton (1996) indicaron la presencia de poblaciones de *M. fijiensis* resistentes al propiconazole. Lo que podría afectar en mayor o menor grado a otros IBE, sobre todo del mismo grupo de los triazoles.

Por su parte, la resistencia múltiple ocurre cuando un hongo se hace resistente a un fungicida, esto no excluye la posibilidad de que adquiera resistencia a otros fungicidas; aunque éstos pertenezcan a diferentes familias químicas o tengan una diferente forma bioquímica de acción (Stover 1993).

3.8. Mecanismo de resistencia

La acción fungitóxicas es realmente una reacción bioquímica que supone íntimo contacto entre los componentes de la reacción. Si no ocurre este íntimo contacto, no se presenta la reacción originándose la resistencia.

El desarrollo de resistencia a un fungicida se debe a cambios en la célula del hongo que le impide al fungicida llegar al sitio de acción. Algunos cambios que pueden inducir resistencia según Stover (1993), son:

- Menor permeabilidad de las membranas celulares. Esta alteración impide que el fungicida alcance el sitio de reacción disminuyendo el control de la enfermedad.
- Rutas metabólicas alternas. En este caso el tóxico toma otra ruta en los individuos resistentes esquivando los sitios de acción del patógeno.
- Conversión a un compuesto inactivo. Ciertos patógenos tolerantes tienen la capacidad de convertir un fungicida específico en otra sustancia menos tóxica.
- Compensación. Es cuando un fungicida bloquea la producción de alguna enzima y ésta es indispensable para la síntesis de algún compuesto vital en la

vida del hongo, la producción de una mayor cantidad de enzima por parte del hongo, anula la acción del fungicida; haciendo resistente al patógeno.

- Falta de activación del fungicida por el patógeno. En ciertos casos algunos productos no son fungicidas en sí mismos, sino que deben sufrir un cambio o metabolización (activación) dentro del patógeno para convertirse en fungitóxicos; los fungicidas a los que el patógeno ha desarrollado resistencia no sufren esta activación dentro del patógeno y por tanto escapan a la acción del producto.
- Alteración del sitio activo. Cuando un fungicida es de acción específica en un solo sitio del patógeno, como es el caso el benomil que actúa sobre la tubulina del ADN, una modificación en este sitio puede traer como consecuencia una falta de acople entre el patógeno y el fungicida y resultar en resistencia.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Etapa de campo y recopilación de información general sobre el cultivo y la enfermedad

4.1.1. Preparación del terreno y siembra: El experimento fue montado en la finca del I.T.C.R en San Carlos en el año 2000, cuando se inició la primera etapa del ensayo, la cual consistió en la evaluación del primer periodo de desarrollo del cultivo de plátano cv. Curraré semigigante (*Musa* AAB) o sea la etapa de la planta “madre”, luego se inició esta práctica de especialidad a partir de las plantas “hijas”, cuando las plantas empezaron la diferenciación floral de las “madres”. El terreno de este trabajo fue de un área de 8000 m².

4.1.2. Manejo de la plantación: la plantación se manejó en forma semi-tecnificada, realizando las labores de deshoje, deshije, apuntalamiento y otras prácticas como la fertilización y aplicación de agroquímicos en forma sistematizada, procurando que los costos del manejo no sean onerosos para el productor.

La fertilización se hizo según el análisis de suelo y considerando los requerimientos de la planta. Para el combate de plagas se siguieron las recomendaciones generales de los proyectos llevados a cabo en la Sede Regional del I.T.C.R de San Carlos, igual que para el resto de actividades culturales comunes en las plantaciones de plátano, procurando que dicho manejo general no influyera directamente en el experimento de combate de la Sigatoka, salvo las labores de deshoje y deshije.

4.1.3. Combate de la Sigatoka: Se evaluaron los siguientes fungicidas en tres experimentos que se repitieron en dos épocas del año: baja precipitación y alta precipitación, este experimento se ubicó en la segunda época.

Experimento # 1: Evaluación de fungicidas protectores del grupo químico de Mancozeb en tres diferentes formas:

A) Mancozeb - (Vondozeb® 62 SC), Elf Atochem.

B) Mancozeb – (Ridodur® 35 SC), Laquinsa S.A.

Estos productos fueron aplicados en dos formas:

- En agua. - 50 l de agua /ha.

- En emulsión. - 7 l /ha y 14 l /ha de aceite agrícola (Agrol® 97L), para un volumen total de aplicación equivalente a 50 l/ha. Como emulsificante se utilizó NP-7® al 1,0% del volumen de aceite.

La dosis que se utilizó de Mancozeb fue de 1.050 g i.a./ha, se aplicaron en total dieciséis ciclos en intervalos de 8-10 días.

Se incluyó un testigo absoluto y un testigo en aceite puro para la comparación de resultados.

Tratamientos del experimento # 1:

1. Vondozeb® 62 SC en agua.
2. Vondozeb® 62 SC en emulsión (7 l/ha de Agrol® 97L).
3. Vondozeb® 62 SC en emulsión (14 l/ha de Agrol® 97L).
4. Ridodur® 35 SC en agua.
5. Ridodur® 35 SC en emulsión (7 l/ha de Agrol® 97L).
6. Ridodur® 35 SC en emulsión (14 l/ha de Agrol® 97L).
7. Testigo Aceite agrícola 14 l/ha (Agrol® 97L).
8. Testigo absoluto.

Experimento # 2. Evaluación de Fungicidas sistémicos de diferentes grupos químicos en aplicaciones en emulsión con aceite agrícola.

1. Triazoles.

A. Difenconazole - Sico® 25 EC, 100 g.i.a./ha.

B. Bitertanol - Baycor® 30 EC, 150 g i.a./ha.

C. Propiconazole - Tilt® 25 EC, 100 g i.a./ha.

2. Benzimidazol - Benlate® 50 OD, 140 g i.a./ha.

3. Azoxistrobina - Bankit® 25 SC, 100 g i.a./ha.

4. Morfolinas - Calixin® 84 CE, 445g i.a./ha.

Estos productos se prepararon en emulsión con aceite agrícola (Agrol® 97L) a razón de 7l/ha, para un volumen total de aplicación equivalente a 50 l/ ha. Como emulsificante se utilizó NP-7® al 1,0% del volumen de aceite, se realizaron en total siete aplicaciones en intervalos de 18 - 21 días.

Se incluyó un testigo absoluto y un testigo en aceite puro para la comparación de resultados.

Resumen de tratamientos para el experimento # 2:

9. Difeconazole (Sico® 25 EC).
10. Bitertanol (Baycor® 30 EC).
11. Propiconazole (Tilt® 25 EC).
12. Benomil (Benlate® 50 OD).
13. Azoxistrobina (Bankit® 25 SC).
14. Tridemorph (Calixin® 84 CE).
15. Testigo Aceite agrícola 7 l/ha (Agrol® 97L).
16. Testigo Absoluto.

Experimento # 3. Evaluación de fungicidas sistémicos en mezcla con Mancozeb en aplicaciones en emulsión con aceite agrícola.

En esta evaluación se probaron todos los anteriores productos mezclados con Mancozeb (Vondozeb® 62 SC) y aceite agrícola (Agrol® 97L) a razón de 700g i.a. de Mancozeb y 7 L/ha de aceite, en un volumen total de aplicación equivalente a 50 L/ha. Como emulsificante se utilizó NP-7® al 1.0% del volumen de aceite, se realizaron en total siete aplicaciones en intervalos de 18 - 21 días.

Resumen de tratamientos para el experimento # 3:

17. Difeconazole (Sico® 25 EC) + Mancozeb + Aceite agrícola.
18. Bitertanol (Baycor® 30 EC) + Mancozeb + Aceite agrícola.
19. Propicanazole (Tilt® 25 EC) + Mancozeb + Aceite agrícola.
20. Benomil (Benlate® 50 OD) + Mancozeb + Aceite agrícola.
21. Azoxistrobina (Bankit® 25 SC) + Mancozeb + Aceite agrícola.
22. Tridemorph (Calixin® 84 EC) + Mancozeb + Aceite agrícola.
23. Aceite agrícola (Agrol® 97L) + Mancozeb.
24. Testigo absoluto.

4.1.4. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques numerados del 1 al 24 (total de tratamientos de los tres experimentos) completamente al azar con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 12 plantas ubicadas en un arreglo de doble surco con 2,0 m entre planta, 1,5 m entre hilera y 3,0 m entre calle para una densidad de 2.222 plantas/ha.

Cada parcela estuvo separada entre sí por un área de efecto de borde de 20 metros para disminuir el traslape en las aplicaciones de los fungicidas. En total fueron 72 parcelas de 12 plantas cada una de plátano cv. Curraré semigigante (*Musa AAB*).

Distribución de las parcelas del ensayo en el campo

7	1	5	4	2	8	3	6
9	14	10	12	11	13	15	16
21	18	19	23	17	22	20	24
1	9	3	14	22	6	7	8
11	10	20	12	23	19	15	18
17	2	16	21	4	5	13	24
24	1	6	10	9	15	3	14
20	2	21	11	13	8	7	16
18	4	19	17	5	23	12	22

*El área en negrita corresponde a la ubicación norte del ensayo.

4.1.5. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fungicidas fueron aplicados con una bomba de motor (Stihl ® modelo. SR400). Las aplicaciones fueron realizadas por los dos costados de cada hilera de las plantas, asegurando así una buena cobertura, y se iniciaron a los tres meses de edad de las plantas. Todas las aplicaciones fueron realizadas en horas de la mañana (6:30 a 9:30 a.m.) o en la tarde (2:30 a 5:30 p.m.), bajo condiciones climáticas estables.

4.1.6. Variables a evaluar

Cada semana se evaluó la severidad de la enfermedad en cuatro plantas por repetición con la escala de Stover, modificada por Gauhl (1989). La cual describe seis grados de infección de mancha:

- **Grado 1:** 0 - 5% del total de la lámina foliar con síntomas visuales de mancha.
- **Grado 2:** 5 -15% del total de la lámina foliar con mancha.
- **Grado 3:**15 - 30% del total de la lámina foliar con mancha.
- **Grado 4:** 30 - 50% del total de la lámina foliar con mancha.
- **Grado 5:** 50 - 75% del total de la lámina foliar con mancha.
- **Grado 6:** 75 - 100% del total de la lámina foliar con mancha.

Para la aplicación de dicha escala se procedió a contar el total de hojas funcionales (sin considerar hojas agobiadas o senescentes) por planta y

otorgándole a cada hoja el grado de infección correspondiente según la sintomatología presentada.

Con esa información se calculó el Promedio Ponderado de Infección de la enfermedad (**PPI**) por medio de la siguiente fórmula:

$$PPI = (\sum n b / T);$$

donde :

n= número de hojas en cada grado de la escala de Stover modificada por Gauhl,

b= grado,

T= total de hojas evaluadas.

Los valores de ese promedio ponderado pueden oscilar entre cero y seis, a valores más altos mayor es la severidad de la enfermedad.

Se consideraron además, las variables: a) Total de Hojas a Floración (**TH**) la cual consiste en el promedio del número de hojas de la planta durante su ciclo vegetativo hasta llegar a la floración, que es el momento en que se detiene la emisión foliar; b) Hoja Más Joven Enferma (**HMJE**) la cual consiste en la hoja más joven en presentar el primer estadio de mancha (grado 1, según la escala Stover modificada por Gauhl).

En total se realizaron diecisiete evaluaciones, una previa a la aplicación de los tratamientos (dos días antes de la primera aplicación).

La primera evaluación postratamiento se hizo a los cinco días después de la primera aplicación de los fungicidas, y la última a los siete y catorce días después de la última aplicación de los fungicidas protectores y sistémicos-mezclas respectivamente.

Las evaluaciones concluyeron cuando la mitad de las plantas evaluadas de cada tratamiento presentaron la diferenciación floral (chira) ya que es el momento en que se detiene la emisión foliar de las plantas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Experimento uno

5.1.1. Hojas totales a floración (HT)

En términos de control de la enfermedad en el experimento uno (protectantes), no se observaron diferencias entre los tratamientos en cuanto a la variable Hojas Totales, pero si se pudo observar una leve diferencia entre éstos y el testigo.

En el experimento uno, las plantas tratadas con los fungicidas y el aceite agrícola mostraron un aumento constante en el número de hojas, hasta la 9° evaluación donde se presentó una caída o descenso del número de hojas en los tratamientos a causa de un exceso en la deshoja (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de la variable Hojas Totales Promedio (HT) del experimento Número 1.San Carlos, 2001.

N° Evaluación	HT Tratamientos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8,83	8,92	9,75	9,33	9,58	9,08	9,58	9,50
2	9,17	8,00	8,83	8,83	9,50	8,50	8,92	9,08
3	9,33	8,50	9,17	8,83	8,00	9,33	9,58	8,58
4	10,75	10,42	10,83	10,25	10,75	10,08	10,08	9,83
5	10,50	10,25	10,92	10,50	10,67	10,17	9,92	9,75
6	10,42	10,75	10,00	10,08	10,42	10,08	10,83	9,42
7	9,25	11,17	9,67	9,58	11,00	9,33	9,83	8,17
8	9,83	11,58	9,42	9,83	11,17	9,42	10,17	8,08
9	7,42	7,42	8,08	7,33	7,50	7,92	8,92	5,58
10	7,83	7,75	8,42	7,83	8,00	8,17	9,25	6,08
11	7,17	7,67	8,00	7,83	7,83	9,00	8,25	6,58
12	7,42	7,50	8,25	7,50	7,17	9,08	8,08	6,75
13	7,33	7,25	7,67	8,33	7,67	8,75	7,92	6,67
14	7,92	8,08	8,25	8,17	7,83	9,00	7,58	6,92
15	8,58	7,42	7,83	8,17	7,83	8,33	8,08	6,58
16	8,42	8,25	8,83	8,83	8,25	8,50	7,50	6,42
17	7,83	8,83	8,42	7,42	8,17	8,67	8,17	7,08
Promedio	8,71	8,81	8,96	8,75	8,90	9,02	8,98	7,71

1= Vondozeb 62 SC (agua)
 2= Vondozeb 62 SC (aceite 7 L)
 3= Vondozeb 62 SC (aceite 14 L)
 4= Ridodur 35 SC (agua)

5= Ridodur 35 SC (aceite 7 L)
 6= Ridodur 35 SC (aceite 14 L)
 7= Aceite Agrícola (14 L)
 8= Testigo Absoluto

En las evaluaciones siguientes, se presentaron diferencias entre los tratamientos con aceite y los otros productos, mostrando los primeros una tendencia al aumento en el número de hojas hasta el último muestreo realizado (floración) (Figura 1).

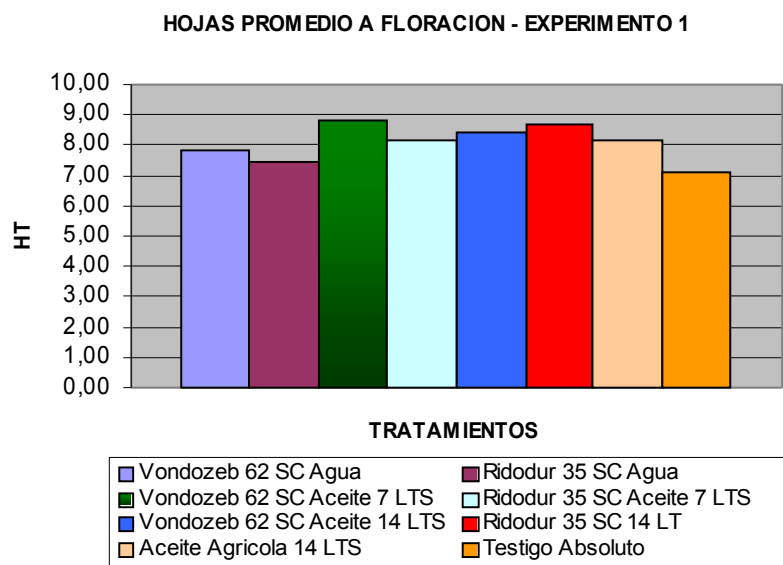


Figura. 1. Hojas totales a floración, experimento 1. San Carlos, 2001.

Las diferencias en la variable total de hojas (TH) entre los tratamientos y el testigo se comenzaron a manifestar a partir de la sexta evaluación, sin embargo dicha diferencia se redujo un poco en las últimas evaluaciones (Cuadro1).

En cuanto al experimento uno y en base a los resultados obtenidos anteriormente se puede concluir que en la variable HT no existe una clara diferencia entre los tratamientos fungicidas y el aceite agrícola; esto debido a la poca presión de selección del patógeno a un programa de control químico y al efecto fungistático que ejerce el aceite agrícola sobre el patógeno lo cual demuestra el efecto de control que este posee. En cuanto al testigo absoluto los tratamientos que presentaron una mayor diferencia fueron los aplicados en emulsión con aceite agrícola, pero principalmente el Vondozeb 62 SC (aceite 7 l) y el Ridodur 35 SC (aceite 14 l) (Figura 1 y Cuadro 1). En cuanto al resto de los tratamientos con fungicida la diferencia obtenida al final del muestreo (floración) no fue tan significativa (Figura 1 y Cuadro 1).

5.1.2. Hoja más Joven Enferma (HMJE)

La variable hoja más joven enferma (HMJE) en el experimento uno, tuvo un comportamiento en el tiempo muy similar entre los tratamientos. Los valores más altos en esta variable, indicativa de un mejor control de la enfermedad se observaron en las tres primeras evaluaciones (Cuadro 2).

En las evaluaciones siguientes los tratamientos presentaron una tendencia al descenso, indicando un aumento en la tasa de desarrollo de la enfermedad, manteniéndose constante hasta el final (Figura 2).

Cuadro 2. Datos de la variable Hoja Mas Joven Enferma (HMJE) del Experimento número 1. San Carlos, 2001.

N° Evaluación	HMJE Tratamientos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,00	6,58	7,67	6,17	7,25	7,25	5,83	6,25
2	5,67	5,58	7,33	6,42	7,75	6,83	6,92	6,33
3	6,67	6,58	7,08	6,58	5,58	7,75	7,17	5,58
4	6,08	5,50	5,75	5,83	5,83	6,17	5,75	5,75
5	5,50	5,33	5,58	5,42	5,67	5,75	5,75	5,50
6	5,08	5,00	4,92	4,75	4,92	5,67	5,42	4,75
7	4,83	4,75	4,75	4,33	4,42	5,75	5,33	4,00
8	5,00	4,92	4,83	4,58	4,33	5,75	5,50	3,75
9	4,08	4,00	4,83	4,00	4,67	4,50	4,67	3,25
10	4,00	4,00	4,67	4,00	4,83	4,75	4,58	3,25
11	4,08	4,42	4,25	4,33	4,00	4,92	4,08	3,17
12	4,08	4,25	4,42	4,50	4,00	5,17	4,25	3,33
13	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,58	4,00	3,17
14	4,00	4,00	4,83	4,33	4,00	4,42	4,50	3,17
15	4,08	3,67	4,17	4,08	4,08	4,00	4,00	3,17
16	4,25	4,42	4,67	4,83	4,50	4,58	3,92	2,75
17	3,92	4,67	4,67	4,75	4,67	4,83	3,92	3,08
Promedio	4,78	4,80	5,20	4,88	4,97	5,45	5,03	4,13

1= Vondozeb 62 SC (agua)

2= Vondozeb 62 SC (aceite 7 L)

3= Vondozeb 62 SC (aceite 14 L)

4= Ridodur 35 SC (agua)

5= Ridodur 35 SC (aceite 7 L)

6= Ridodur 35 SC (aceite 14 L)

7= Aceite Agrícola (14 L)

8= Testigo Absoluto

Las diferencias en esta variable entre los tratamientos y el testigo se observaron a partir de la 7° evaluación. Aunque ésta no fue tan evidente en las evaluaciones posteriores. La mayor diferencia respecto al testigo absoluto la obtuvieron los tratamientos aplicados en emulsión con aceite agrícola en su

mayoría, aunque el Ridodur 35 SC aplicado en agua tuvo resultados similares (Cuadro 2).

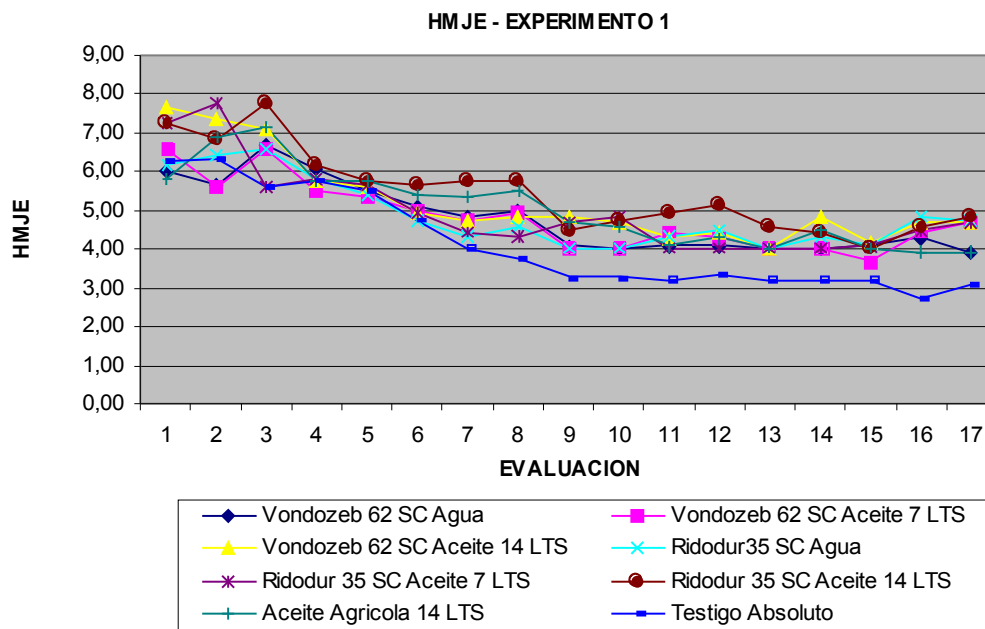


Figura 2. Hoja más joven enferma experimento1. San Carlos, 2001.

En cuanto a la variable HMJE del experimento uno, no se presentó una clara diferencia entre los tratamientos fungicidas y los testigos en las primeras semanas de evaluación, esto debido a que los fungicidas necesitan de un intervalo en días para que su poder de acción comience a tener efecto sobre el inóculo existente.

Es hasta la segunda mitad del experimento, cuando se comenzó a presentar una leve diferencia entre los tratamientos fungicidas y los testigos, siendo los tratamientos a base de aceite los más notorios; esto debido a las ventajas de control que da el aceite no sólo por favorecer la dispersión, penetración y adherencia del producto, si no también por su efecto fungistático sobre el desarrollo del patógeno (Stover 1990).

5.1.3. Promedio ponderado de infección (PPI)

En la variable promedio ponderado de infección (PPI) en el experimento uno los tratamientos mostraron una tendencia muy similar, los valores mas bajos de esta variable, indicativo de una menor severidad de la enfermedad, se

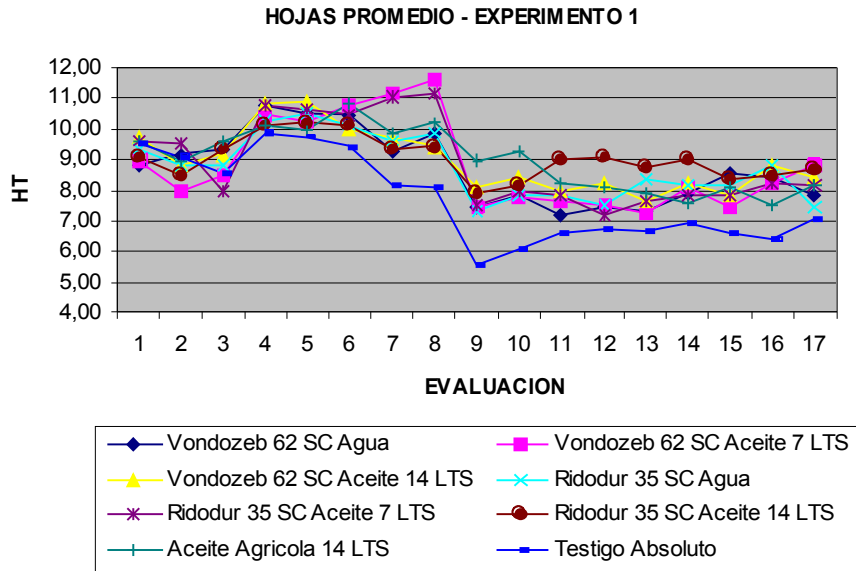


Figura 3. Hojas totales promedio experimento1. San Carlos, 2001.

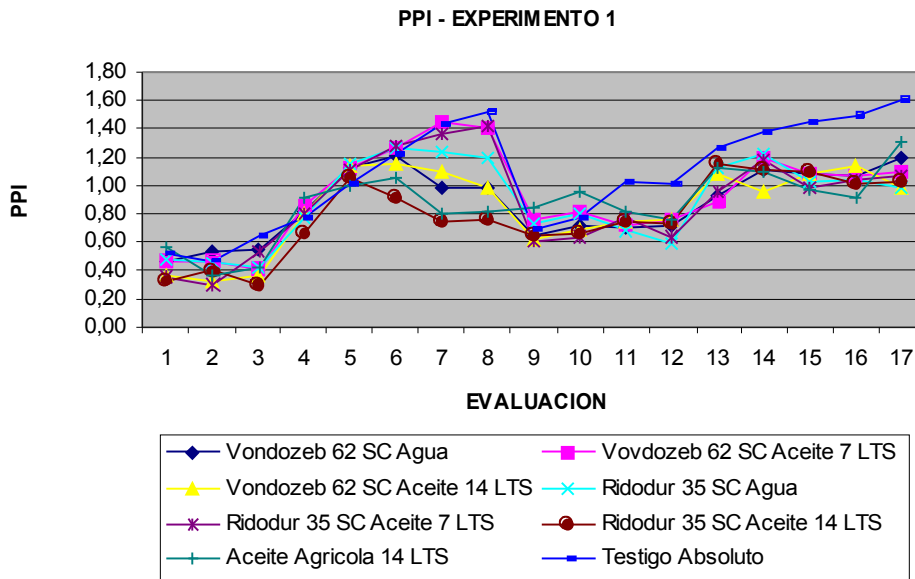


Figura 4. Promedio ponderado de infección experimento 1. San Carlos, 2001.

En cuanto a la variable PPI del experimento uno no se presentó una clara diferencia entre los tratamientos fungicidas y los testigos en las primeras semanas de evaluación, sin embargo en las últimas evaluaciones y hasta llegar a floración

si se presentó una leve diferencia entre todos los tratamientos y el testigo absoluto. Esto debido a que al producirse una reducción en el número de hojas en la mitad del experimento (Figura 3) y al estar esta variable directamente relacionada al número de hojas totales, también se generó una disminución de los valores de la variable PPI y de la severidad de la enfermedad (Figura 4) lo cual benefició a los tratamientos fungicidas y en cierta forma al testigo en aceite.

Es importante aclarar que el testigo absoluto desde un inicio siempre mostró una tendencia a aumentar en sus valores esto debido a un aumento constante en el desarrollo de la enfermedad que a su vez se traduce en un mayor grado de infección al acumularse mayor cantidad de inóculo; no siendo así con el resto de los tratamientos que sí mostraron una leve diferencia respecto al testigo absoluto en esta variable (Cuadro 3).

En resumen de las tres variables estudiadas de este experimento, sólo se logró obtener diferencias leves por parte de los tratamientos con fungicidas aplicados en emulsión en aceite agrícola en relación al testigo absoluto.

Estas leves diferencias entre el testigo y los fungicidas se debe a la poca efectividad que presentaron los fungicidas protectantes al combatir la enfermedad; afectados principalmente por algunos factores como el tipo de deshoja y a la apertura o prolongación de intervalos de los ciclos de fumigación.

En cuanto al tipo de deshoja que se practicó en este experimento (bisemanal) está favoreció a la enfermedad, ya que permitió la acumulación excesiva de la fuente de inóculo (manchas), y al estar el cultivo expuesto a un mayor período de tiempo a la fuente de infección, se produjo una mayor presión de inóculo sobre el cultivo. Además esto posiblemente perjudicó el buen desempeño de los fungicidas protectantes, ya que por el modo de acción que éstos presentan es que su efectividad se vio afectada ante niveles tan altos de severidad.

En cuanto a la apertura de los intervalos de aplicación esto también favoreció a la enfermedad ya que al ampliarse la longitud del intervalo y llegar éste a ser mayor que el periodo de acción del fungicida, cierta cantidad de inóculo se

escapó al control del fungicida y por consiguiente continuo con un desarrollo normal o constante de la enfermedad (Hernández 2005).¹

Y es posiblemente por estas razones que las diferencias entre los tratamientos y el testigo no llegó a ser tan significativa en cuanto a las variables HT, HMJE, PPI.

Cuadro 4. Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 1. San Carlos, 2001.

	Tratamiento	Variable Evaluada		
		H/T	HMJE	PPI
1	Vondozeb 62 SC (agua)	8,83 - 7,83	6,00 - 3,92	0,46 - 1,19
2	Vondozeb 62 SC (aceite 7 lts)	8,92 - 8,83	6,58 - 4,67	0,46 - 1,09
3	Vondozeb 62 SC (aceite 14 lts)	9,75 - 8,42	7,67 - 4,67	0,36 - 0,99
4	Ridodur 35 SC (agua)	9,33 - 7,42	6,17 - 4,75	0,48 - 0,99
5	Ridodur 35 SC (aceite 7 lts)	9,58 - 8,17	7,25 - 4,67	0,36 - 1,07
6	Ridodur 35 SC (aceite 14 lts)	9,08 - 8,67	7,25 - 4,83	0,33 - 1,03
7	Aceite Agrícola (14 lts)	9,58 - 8,17	5,83 - 3,92	0,56 - 1,31
8	Testigo Absoluto	9,50 - 7,08	6,25 - 3,08	0,52 - 1,61

5.2. Experimento dos

5.2.1. Hojas totales a floración (HT)

En cuanto a la variable hojas totales (HT) del experimento dos no se presentaron grandes diferencias entre los tratamientos con fungicida, pero si entre éstos y el testigo absoluto y el testigo con aceite agrícola, principalmente en el último tercio del periodo experimental.

Las diferencias en la variable HT entre los tratamientos y los testigos se hicieron evidentes después de la 8° evaluación para el testigo absoluto y la 10° evaluación para el testigo en aceite. Después de la 8° evaluación se presentó un descenso en los valores de todos los tratamientos a causa de un exceso en la

¹ **Hernández, E. 2005.** Comunicación Oral. Director del Departamento Control Sigatoka negra, Compañía Mata Limón. Pococí, Costa Rica.

deshoja, pero en las evaluaciones posteriores todos los tratamientos presentaron una tendencia al aumento en el número de hojas.

Además en las últimas cinco evaluaciones el tratamiento con tridemorf (Calixin®) presentó un mayor número de hojas que en el resto de tratamientos mostrando un mayor aumento en el número de hojas a floración (Cuadro 5).

Cuadro 5. Datos de la variable Hojas Totales Promedio (HT) del experimento Número 2. San Carlos, 2001.

Nº Evaluación	HT Tratamientos							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	9,92	8,92	9,17	9,67	9,67	9,17	10,25	9,17
2	8,50	8,50	8,50	8,92	9,33	8,42	8,08	8,08
3	9,00	8,92	8,92	9,25	9,75	8,83	8,42	7,92
4	11,17	10,17	10,42	9,83	11,33	9,67	10,83	9,25
5	11,00	9,92	10,33	9,67	11,25	9,50	10,33	9,00
6	10,67	9,83	10,50	10,67	11,00	10,00	11,67	8,83
7	9,83	9,58	10,50	10,75	10,58	9,33	10,92	8,50
8	10,25	9,92	11,00	11,00	11,08	9,50	11,25	8,92
9	8,00	7,42	7,50	7,83	7,17	7,33	7,67	5,75
10	8,33	7,83	7,92	8,50	7,67	7,92	8,08	5,67
11	8,33	8,58	8,67	8,08	8,17	8,92	6,83	6,58
12	8,17	8,50	9,00	8,08	7,92	8,50	7,00	6,67
13	8,08	7,92	8,17	7,92	8,17	8,83	7,17	6,75
14	8,58	9,17	9,08	8,08	7,67	9,17	7,17	6,42
15	9,42	8,75	8,67	8,17	8,25	9,58	7,75	6,00
16	9,08	9,00	9,58	9,25	9,33	10,50	7,67	6,25
17	10,17	9,58	10,25	9,50	9,42	10,92	8,42	6,00
Promedio	9,32	8,97	9,30	9,13	9,28	9,18	8,79	7,40

9= Sico 25 EC

11= Tilt 25 EC

13= Bankit 25 SC

15= Aceite Agrícola (7 L)

10= Baycor 30 EC

12= Benlate 50 OD

14= Calixin 89 OL

16= Testigo Absoluto

En cuanto al experimento dos en base a los resultados obtenidos se puede concluir que en la variable HT, no se observó diferencias entre la mayoría de los tratamientos con fungicida, excepto el Calixin® que si obtuvo una leve ventaja sobre los otros tratamientos con fungicida. Respecto al tratamiento en aceite agrícola y testigo absoluto si se obtuvo una marcada diferencia entre éstos y los fungicidas sistémicos, obteniendo un mayor número de hojas a floración y

demostrando una mejor efectividad para el control de la enfermedad por parte de los productos sistémicos (Figura 5) y (Cuadro 5).

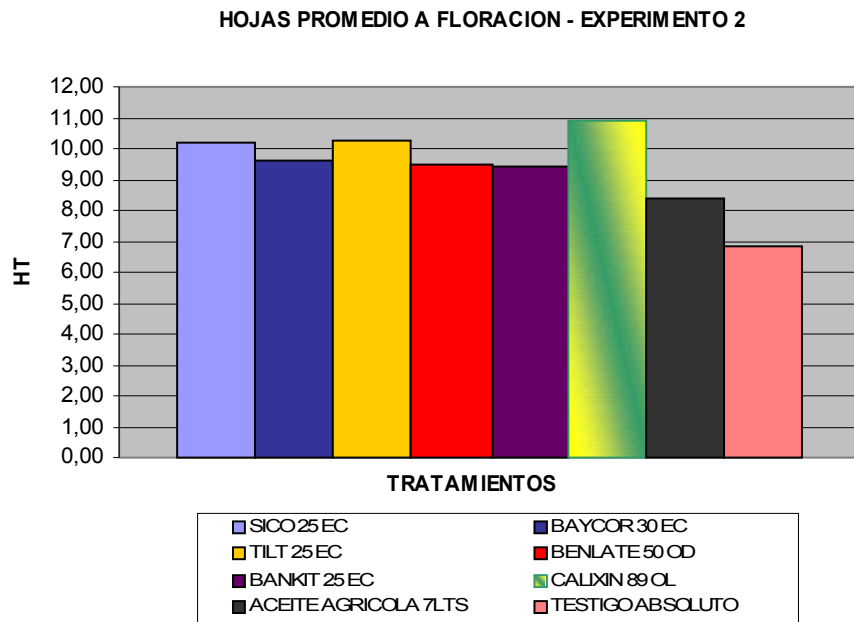


Figura. 5. Hojas totales a floración experimento 2. San Carlos, 2001.

5.2.2. Hoja más Joven Enferma (HMJE)

En el experimento dos, la variable (HMJE), presentó un comportamiento muy similar entre los tratamientos con fungicidas sistémicos y los testigos, tanto absoluto como el de aceite agrícola en las primeras evaluaciones. Pero es a partir de la semana seis cuando se presentó un descenso en los valores de esta variable, indicativo de un aumento en el desarrollo de la enfermedad; este descenso se presentó tanto en el testigo absoluto como en los otros tratamientos fungicidas, solo que en éstos fue mas gradual y llegó hasta la semana doce, que es cuando se presenta un aumento en los valores de la variable (HMJE) en los fungicidas sistémicos indicando un menor desarrollo de la enfermedad (Cuadro 6).

Este aumento en los valores de esta variable, lo presentaron todos los fungicidas pero fue mas evidente en el tridemorf (Calixin®), mientras que los dos

testigos tanto el de aceite agrícola como el absoluto no presentaron mejoría al final de las evaluaciones (Cuadro 6).

Cuadro 6. Datos de la variable Hoja Mas Joven Enferma (HMJE) del Experimento número 2. San Carlos, 2001.

Nº Evaluación	HMJE Tratamientos							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	6,50	6,67	6,17	6,17	7,25	6,00	6,92	6,58
2	6,17	5,83	6,92	6,83	7,00	5,83	6,25	5,83
3	6,50	6,58	6,67	6,33	7,58	6,67	6,75	5,42
4	5,58	5,67	5,50	5,00	5,75	5,50	5,92	5,33
5	5,50	5,42	5,58	4,83	5,33	5,33	5,75	4,83
6	5,33	4,75	5,33	5,00	5,42	5,00	5,67	4,25
7	5,33	4,75	5,25	5,17	4,92	4,92	5,67	4,00
8	5,17	4,92	5,25	5,17	5,08	4,92	5,67	3,83
9	4,33	4,42	4,42	4,17	4,25	4,25	4,50	3,92
10	4,33	4,58	4,67	4,50	4,42	4,50	4,75	3,58
11	4,25	4,25	4,17	4,08	4,17	4,08	4,17	3,00
12	4,17	4,17	4,17	4,08	4,17	4,00	4,17	2,83
13	4,17	4,00	4,00	3,92	4,00	4,58	3,17	2,50
14	4,17	4,33	4,08	4,00	4,00	4,92	3,50	2,42
15	4,58	4,58	4,50	4,33	4,33	4,67	3,67	2,58
16	4,83	4,58	4,75	4,83	4,83	5,50	3,50	2,67
17	5,50	5,33	5,33	5,17	5,33	5,75	3,67	3,00
Promedio	5,08	4,99	5,10	4,92	5,17	5,08	4,92	3,92

9= Sico 25 E 11= Tilt 25 EC 13= Bankit 25 SC 15= Aceite Agrícola (7 L)
 10= Baycor 30 EC 12= Benlate 50 OD 14= Calixin 89 OL 16= Testigo Absoluto

En cuanto a la variable HMJE del experimento dos, si se obtuvo una diferencia considerable entre los tratamientos con fungicida y el testigo absoluto. En las primeras semanas el comportamiento fue muy similar, luego se comenzó a marcar una leve diferencia entre los tratamientos con fungicida y el testigo absoluto, la cual se fue ampliando hasta el último muestreo (floración) y al final fue bastante significativa (Cuadro 6), demostrando de esta forma un mejor control de la enfermedad. No así con el testigo en aceite el cual tuvo un comportamiento similar al de los fungicidas sistémicos en los dos primeros tercios del periodo experimental; aunque este comportamiento cambió en el último tercio, ya que se

presentó un descenso en los valores de esta variable, permitiendo a los fungicidas sistémicos obtener una leve diferencia respecto al testigo en aceite.

Este comportamiento probablemente se deba a la poca presión de selección que tenía el patógeno, el cual al ser sometido a un tratamiento de control por más simple que éste fuera; es probable que se haya presentado algún tipo de sensibilidad, la cual se pudo haber mantenido por algún tiempo, hasta que ésta se fue debilitando o el patógeno comenzó a tener pérdida en la sensibilidad del tratamiento, que fue posiblemente lo que sucedió con el testigo en aceite, cuyo modo de acción (efecto fungistático) no es tan eficiente como el de los fungicidas sistémicos (Valenciano 2005).²

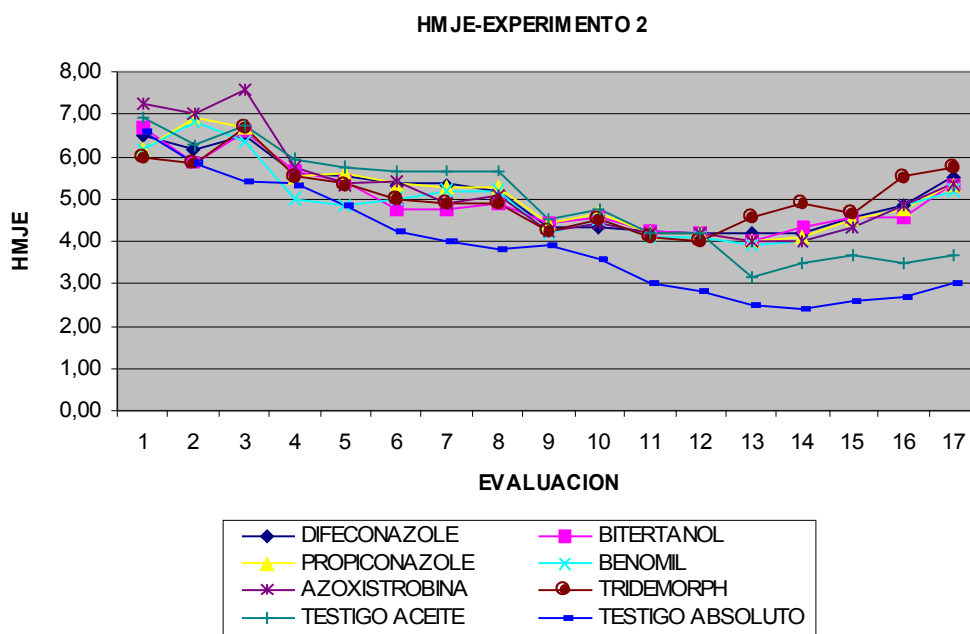


Figura. 6. Hoja más joven enferma experimento 2. San Carlos, 2001.

5.2.3. Promedio ponderado de infección (PPI)

En el experimento dos los tratamientos mostraron un comportamiento muy similar en cuanto a la variable (PPI) durante la primera mitad de las evaluaciones. Estos presentaron valores bajos en las primeras evaluaciones, luego se da un aumento de los valores a partir de la cuarta evaluación asociado principalmente al

² **Valenciano, R. 2005.** Comunicación Oral. Director del Departamento Control Sigatoka negra, Compañía Del Monte BANDECO. Pococí, Costa Rica.

incremento en la severidad de la enfermedad y éste se mantiene hasta la novena semana que es cuando se presenta un descenso de los valores, producto de niveles bajos de severidad, pero asociado a una reducción el número de hojas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Datos de la Variable Promedio Ponderado de Infección (PPI) del experimento número 2. San Carlos, 2001.

Nº Evaluación	PPI Tratamientos							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,50	0,39	0,53	0,55	0,43	0,54	0,45	0,45
2	0,53	0,54	0,35	0,43	0,45	0,57	0,45	0,58
3	0,50	0,42	0,41	0,54	0,38	0,42	0,37	0,54
4	0,91	0,81	0,90	0,89	0,91	0,78	0,81	0,84
5	1,13	1,12	1,08	1,24	1,12	1,04	1,07	1,02
6	1,18	1,21	1,15	1,31	1,09	1,24	1,15	1,27
7	0,99	1,23	1,19	1,33	1,26	1,08	1,07	1,36
8	1,07	1,23	1,23	1,37	1,30	1,04	1,11	1,43
9	0,63	0,59	0,60	0,72	0,58	0,59	0,61	0,69
10	0,68	0,62	0,62	0,74	0,61	0,61	0,61	0,88
11	0,82	0,87	1,03	0,90	0,79	0,83	0,59	1,04
12	0,83	0,91	1,11	0,96	0,77	0,82	0,65	1,37
13	0,89	1,09	1,07	1,17	1,20	0,96	1,13	1,56
14	1,17	1,32	1,35	1,21	1,05	1,10	1,12	1,57
15	1,05	1,04	0,99	0,91	0,86	0,56	1,12	1,58
16	0,92	1,08	1,03	0,98	1,04	1,04	1,09	1,60
17	0,98	1,01	1,07	1,01	1,00	1,18	1,19	1,54
Promedio	0,87	0,91	0,92	0,96	0,87	0,85	0,86	1,14

9= Sico 25 EC 11= Tilt 25 EC 13= Bankit 25 SC 15= Aceite Agrícola (7 L)
 10= Baycor 30 EC 12= Benlate 50 OD 14= Calixin 89 OL 16= Testigo Absoluto

A partir de la décima evaluación se presentó un nuevo incremento en los valores del PPI en todos los tratamientos, producto de un nuevo aumento en la severidad de la enfermedad, pero es el testigo absoluto el que mostró un mayor aumento en los valores respecto al resto de los tratamientos con fungicida, y ésta diferencia se mantuvo hasta el final de las evaluaciones (Cuadro 7).

En cuanto a la variable PPI del experimento dos no se presentó una clara diferencia entre los tratamientos fungicidas y los testigos en las primeras semanas de evaluación, sin embargo es a partir de la segunda mitad del periodo experimental que se comenzó a presentar una clara diferencia entre los

tratamientos y el testigo; la cual se amplió hasta el final de las evaluaciones hasta llegar a floración. Esto debido, posiblemente al producirse una reducción en el número de hojas en la mitad del experimento (Figura 7) y al estar esta variable directamente relacionada al número de hojas totales, también se generó una disminución de los valores de la variable PPI y de la severidad de la enfermedad (Figura 8), lo cual benefició a los tratamientos fungicidas y al testigo en aceite, ya que al tener una menor severidad en la plantación, también se reduce la presión del inóculo el cual les permite un mejor desempeño en el control de la enfermedad.

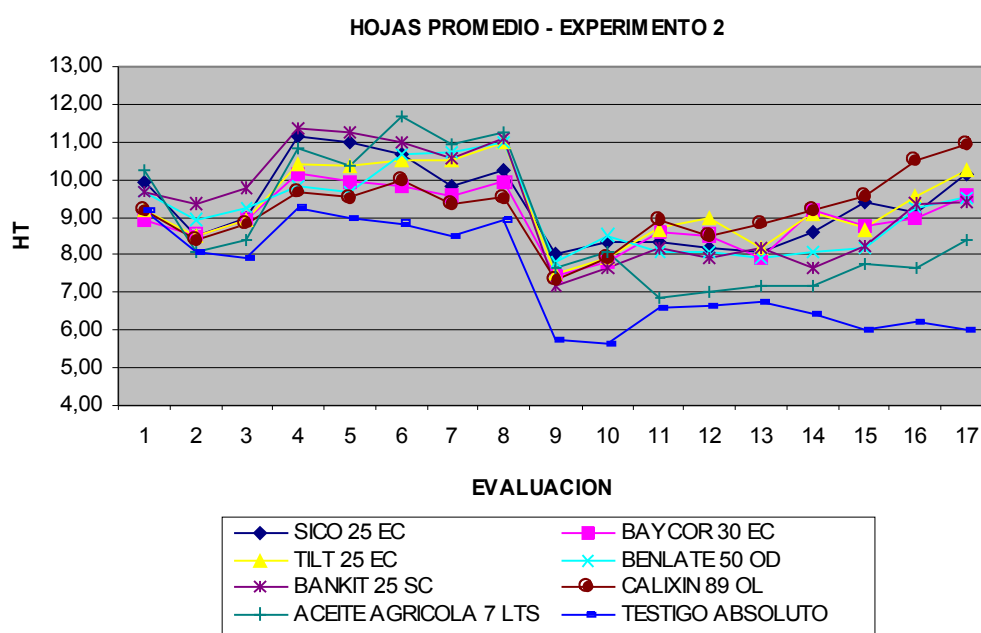


Figura 7. Hojas totales promedio experimento 2. San Carlos, 2001.

Se puede observar como en este experimento dos no se presentaron diferencias muy significativas entre los mismos tratamientos con fungicidas a excepción del Calixin® en la variable HT, el cual si logró marcar cierta diferencia sobre los demás fungicidas (Figura 7). Pero se pudo observar una clara diferencia entre los tratamientos con fungicida y los testigos en cuanto a las tres variables estudiadas (HT, HMJE, PPI), demostrando una mejor efectividad para el control de la enfermedad por parte de los fungicidas sistémicos.

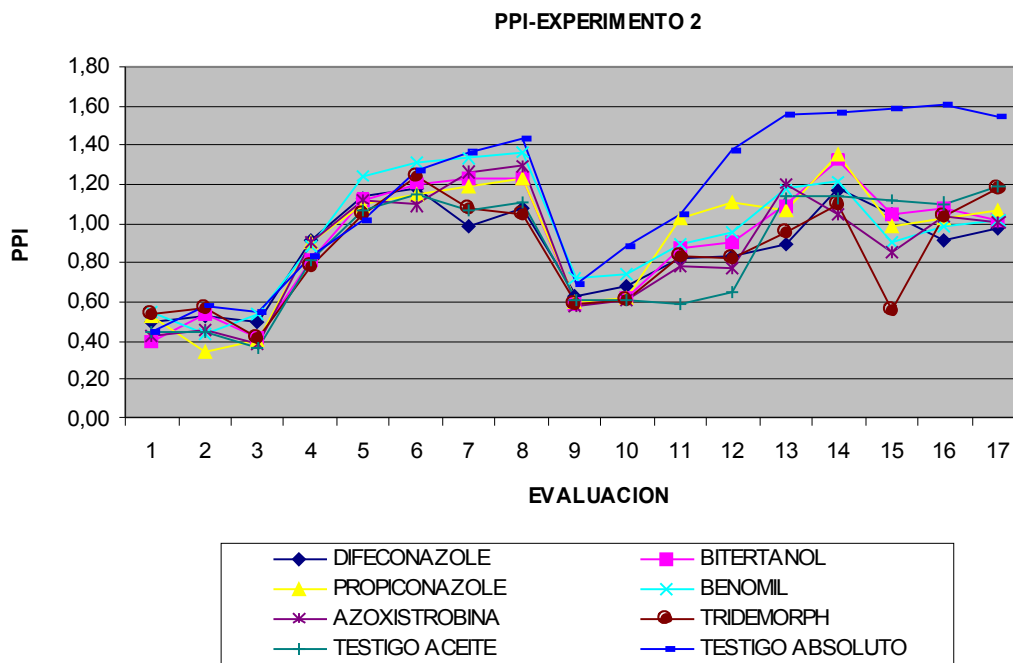


Figura 8. Promedio ponderado de infección experimento 2. San Carlos, 2001.

La mejor efectividad de control de los tratamientos con fungicidas sistémicos se debe al modo de acción (sistémica) que estos poseen, por lo cual les permite soportar un poco más los niveles altos de severidad. O sea una mayor presión de inóculo.

En cuanto a la diferencia obtenida por el Calixin® respecto a los otros productos sistémicos, ésta probablemente se presentó por el modo de acción (sistémico-local) y mecanismo de control que éste posee, el cual lo hace ser muy versátil, ya que la probabilidad de presentar pérdida de sensibilidad en el transcurso del tiempo es muy baja lo que le da cierta ventaja sobre los otros productos sistémicos (BASF 1997). Y es posiblemente por esta razón que el Calixin® logró obtener dicha diferencia respecto a los otros tratamientos con fungicidas en las últimas evaluaciones.

Es importante anotar que estos fungicidas sistémicos también estuvieron sometidos a una alta presión de inóculo provocada por el tipo de deshoja (bisemanal) y al igual que en el experimento uno, también se presentó una apertura en el intervalo de aplicación de un ciclo (Cuadro 21A); sin embargo los resultados obtenidos al final se consideran como bastante aceptables.

Cuadro 8. Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 2. San Carlos, 2001.

	Tratamiento	Variable Evaluada		
		H/T	HMJE	PPI
9	Sico 25 EC	9,92 - 10,17	6,50 - 5,50	0,50 - 0,98
10	Baycor 30 EC	8,92 - 9,58	6,67 - 5,33	0,39 - 1,01
11	Tilt 25 EC	9,17 - 10,25	6,17 - 5,33	0,53 - 1,07
12	Benlate 50 OD	9,67 - 9,50	6,17 - 5,17	0,55 - 1,01
13	Bankit 25 SC	9,67 - 9,42	7,25 - 5,33	0,43 - 1,00
14	Calixin 89 OL	9,17 - 10,92	6,00 - 5,75	0,54 - 1,18
15	Aceite Agrícola (7 lts)	10,25 - 8,42	6,92 - 3,67	0,45 - 1,19
16	Testigo Absoluto	9,17 - 6,00	6,58 - 3,00	0,45 - 1,54

5.3. Experimento tres

5.3.1. Hojas totales a floración (HT)

En el experimento tres en la variable hojas totales (HT) se presentó una leve diferencia entre los tratamientos fungicidas y el testigo absoluto entre la semana tres y la seis. Luego durante las siguientes cuatro semanas, esta diferencia se reduce y es a partir de la semana once que se comienza a presentar una marcada diferencia entre los tratamientos y el testigo absoluto (Cuadro 9).

Las diferencias entre los tratamientos comenzaron a presentarse de la semana doce en adelante, a pesar de que todos mantuvieron una tendencia a aumentar en número de hojas; fueron el tridemorf (Calixin®) y el difeconazole (Sico®) los que presentaron una mayor diferencia respecto al resto de los tratamientos en cuanto al aumento en el número de hojas totales (Cuadro 9).

Cuadro 9. Datos de la variable Hojas Totales Promedio (HT) del experimento Número 3. San Carlos, 2001.

Nº Evaluación	HT							
	17	18	19	Tratamientos		22	23	24
1	8,83	9,17	9,17	9,25	9,00	8,33	8,58	8,17
2	9,00	8,58	8,83	8,58	8,42	9,50	9,08	8,42
3	9,67	8,75	10,08	9,00	8,92	8,92	8,83	8,33
4	10,25	10,33	10,58	9,67	10,17	10,92	10,33	9,00
5	10,08	9,83	10,17	9,67	9,50	10,33	9,83	9,00
6	10,42	10,08	10,25	9,92	10,42	10,58	9,83	9,17
7	9,17	10,25	10,33	9,58	10,00	9,58	10,50	9,42
8	9,67	10,75	10,83	9,58	10,25	9,58	10,58	9,58
9	7,92	7,25	7,75	8,33	7,58	7,17	7,42	7,08
10	8,67	7,83	8,67	8,92	7,92	7,58	8,00	7,33
11	8,00	7,58	8,00	8,33	7,92	8,33	8,58	6,83
12	7,83	7,08	7,58	8,17	7,67	8,25	7,92	6,58
13	9,08	7,17	8,42	8,58	6,92	9,17	7,83	6,08
14	9,92	8,50	9,08	9,33	8,50	10,58	8,58	5,50
15	9,94	8,67	8,58	9,08	8,42	11,25	8,33	6,08
16	10,55	8,83	10,17	10,00	8,58	11,17	8,58	5,92
17	10,57	9,33	9,75	10,17	9,33	11,42	8,58	6,17
Promedio	9,39	8,82	9,31	9,19	8,79	9,57	8,91	7,57

17=Sico 25 EC + Vondozeb 62 SC
 18= Baycor 30 EC + Vondozeb 62 SC
 19=Tilt 25 EC + Vondozeb 62 SC
 20=Benlate 50 OD + Vondozeb 62 SC

21=Bankit 25 SC + Vondozeb 62 SC
 22=Calixin 89 OL + Vondozeb 62 SC
 23=Aceite Agricola (7 L) + Vondozeb 62 SC
 24=Testigo Absoluto

En cuanto al experimento tres en base a los resultados obtenidos se puede concluir que en la variable HT, no se presentaron diferencias entre los tratamientos con fungicida, pero si se observó una leve diferencia entre éstos y el testigo en las primeras semanas, debido a que los productos necesitaron de un periodo de tiempo para desarrollar su efecto fungicida, pero a partir de la segunda mitad del periodo experimental, la diferencia en relación al testigo se amplió notablemente hasta la última evaluación (floración), demostrando una total superioridad y efectividad para el control de la enfermedad por parte de los tratamientos con fungicidas mezclados (cócteles).

En esta segunda mitad del estudio también de comenzaron a presentar diferencias entre los tratamientos con fungicidas, siendo el Calixin® y el Sico® los que mejores resultados obtuvieron al final (floración) (Figura 9).

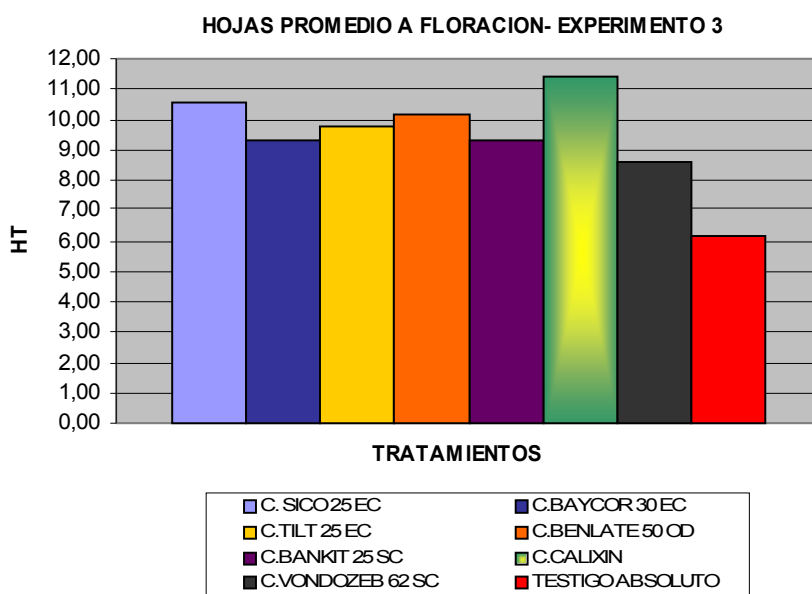


Figura 9. Hojas totales a floración experimento 3. San Carlos, 2001.

5.3.2. Hoja más Joven Enferma (HMJE)

En el experimento tres la variable (HMJE) no presentó diferencias entre los tratamientos durante las primeras nueve evaluaciones, los valores más altos en esta variable se presentaron en las tres primeras evaluaciones, luego a partir de la

cuarta evaluación se presentó una disminución en los valores de esta variable en todos los tratamientos con fungicida y el testigo absoluto, producto de un aumento en la tasa de desarrollo de la enfermedad, sin embargo es a partir de la novena semana que se comenzó a presentar una mayor disminución de los valores en el testigo absoluto indicativo de un mayor desarrollo de la enfermedad. Los otros productos se mantuvieron constantes hasta la semana trece, que es cuando se comienza a presentar un incremento en los valores de la variable y por ende un mejor control de la enfermedad por parte de los fungicidas, cabe resaltar que en las últimas cuatro semanas el tridemorf (Calixin®) fue el que mayor diferencia obtuvo de los tratamientos fungicidas respecto al testigo absoluto (Cuadro 10).

Cuadro 10. Datos de la Variable Hoja Más Joven Enferma (HMJE) del Experimento número 3. San Carlos, 2001.

N° Evaluación	HMJE Tratamientos							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	6,92	6,75	6,83	6,92	6,83	6,33	5,58	6,08
2	8,17	5,92	7,17	7,67	6,17	6,83	6,58	6,17
3	6,58	6,58	6,83	6,58	6,58	6,25	6,25	6,17
4	5,33	5,33	5,83	5,42	5,25	5,58	5,33	4,67
5	5,00	5,08	5,58	5,58	4,92	5,25	4,75	4,75
6	5,00	5,08	5,58	5,42	5,00	5,25	4,83	4,58
7	4,92	5,25	5,08	5,33	4,92	4,83	5,00	4,83
8	4,92	5,33	5,17	5,33	5,00	4,83	5,00	4,75
9	4,08	4,42	4,75	4,50	4,17	4,25	4,25	4,00
10	4,50	4,75	4,92	4,75	4,50	4,33	4,58	3,92
11	4,50	4,17	4,08	4,08	4,00	4,25	4,00	3,58
12	4,50	4,00	4,08	4,25	4,00	4,25	4,00	3,25
13	4,00	3,83	4,83	4,00	4,17	4,58	3,92	2,92
14	4,83	4,08	4,33	4,75	4,08	5,42	4,00	2,58
15	4,83	4,25	4,08	4,75	4,42	5,67	4,58	2,50
16	4,92	5,00	4,92	5,08	4,75	6,00	4,33	2,25
17	5,50	5,50	5,33	5,50	5,50	6,42	4,58	2,25
Promedio	5,21	5,02	5,26	5,29	4,96	5,31	4,80	4,07

17=Sico 25 EC + Vondozeb 62 SC
 18= Baycor 30 EC + Vondozeb 62 SC
 19=Tilt 25 EC + Vondozeb 62 SC
 20=Benlate 50 OD + Vondozeb 62 SC

21=Bankit 25 SC + Vondozeb 62 SC
 22=Calixin 89 OL + Vondozeb 62 SC
 23=Aceite Agrícola (7L) + Vondozeb 62 SC
 24=Testigo Absoluto

En esta variable (HMJE) se pudo observar como no se presentaron diferencias entre los tratamientos con fungicidas, ni entre éstos y el testigo durante la primera mitad del periodo experimental; pero a partir de la segunda mitad, se comenzó a presentar una diferencia entre los tratamientos y el testigo la cual se fue ampliando hasta llegar a ser bastante significativa al final de las evaluaciones. Demostrando un control más efectivo por parte de los tratamientos con fungicidas mezclados (cocteles) y principalmente el tratamiento con Calixin®, que logró obtener una leve diferencia respecto a los otros tratamientos, demostrando una vez mas la ventaja que tiene este producto al tener un modo de acción y mecanismo de control tan versátil (BASF 1997).

5.3.3. Promedio ponderado de infección (PPI)

En el experimento tres la variable PPI presentó un comportamiento muy similar entre los tratamientos y prácticamente la misma tendencia respecto al experimento uno y dos, presentando valores bajos en las primeras evaluaciones, luego se da un aumento de los valores a partir de la cuarta evaluación asociado principalmente al incremento en la severidad de la enfermedad y éste se mantiene hasta la novena semana que es cuando se presenta un descenso de los valores producto de niveles bajos de severidad (Cuadro 11), pero asociado principalmente a una reducción el número de hojas (Figura 11) y al estar esta variable directamente relacionada al número de hojas totales, también se generó una disminución de los valores de la variable PPI. Y nuevamente a partir de la décima evaluación se dio un incremento en los valores de todos los tratamientos pero es el testigo absoluto el que nuevamente presentó los valores más altos y por ende un mayor grado de severidad de la enfermedad en relación al resto de los tratamientos (Cuadro 11).

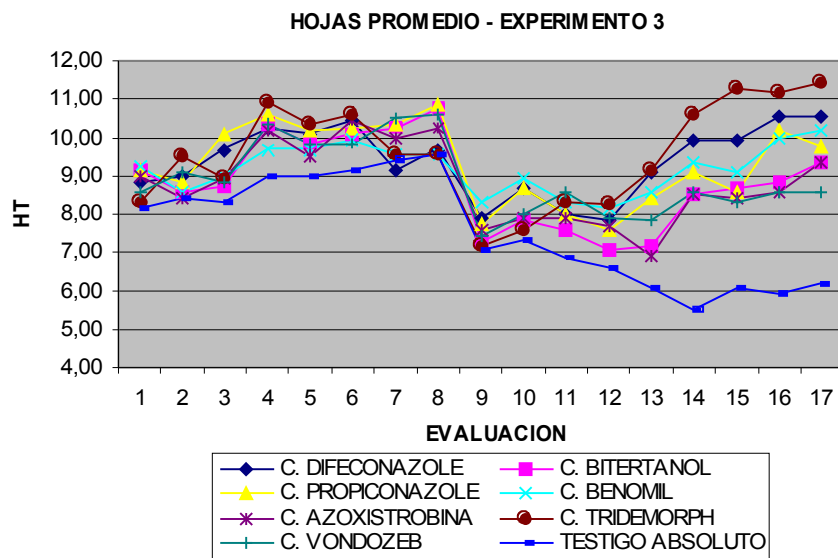


Figura 11. Hojas totales promedio experimento 3. San Carlos, 2001.

Cuadro 11. Datos de la Variable Promedio Ponderado de Infección (PPI) del experimento número 3.San Carlos, 2001.

Nº Evaluación	PPI							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0,35	0,39	0,40	0,37	0,38	0,40	0,51	0,52
2	0,24	0,62	0,30	0,25	0,56	0,50	0,47	0,49
3	0,52	0,46	0,51	0,44	0,45	0,47	0,51	0,43
4	0,92	0,87	0,81	0,79	0,90	0,93	0,91	1,09
5	1,20	1,16	1,10	1,05	1,13	1,20	1,22	1,22
6	1,29	1,17	1,04	1,09	1,22	1,16	1,15	1,15
7	1,06	1,18	1,21	0,84	1,19	1,10	1,32	1,29
8	1,13	1,18	1,23	0,86	1,19	1,10	1,30	1,37
9	0,72	0,55	0,64	0,72	0,64	0,57	0,71	0,74
10	0,73	0,56	0,70	0,75	0,62	0,63	0,71	0,93
11	0,76	0,66	0,83	0,82	0,75	0,75	0,91	1,08
12	0,73	0,61	0,78	0,80	0,72	0,83	0,88	1,29
13	1,33	0,90	0,97	1,23	0,79	1,00	1,10	1,39
14	1,25	1,15	1,22	1,22	1,10	1,08	1,24	1,45
15	1,00	0,99	1,03	1,03	0,91	0,96	0,86	1,53
16	1,04	0,92	1,08	1,13	0,99	0,95	1,09	1,56
17	1,06	0,92	1,09	1,03	0,91	1,01	1,09	1,68
Promedio	0,90	0,84	0,88	0,85	0,85	0,86	0,94	1,13

17=Sico 25 EC + Vondozeb 62 SC
 18= Baycor 30 EC + Vondozeb 62 SC
 19=Tilt 25 EC + Vondozeb 62 SC
 20=Benlate 50 OD + Vondozeb 62 SC

21=Bankit 25 SC + Vondozeb 62 SC
 22=Calixin 89 OL + Vondozeb 62 SC
 23=Aceite Agrícola (7L) + Vondozeb 62 SC
 24=Testigo Absoluto

En cuanto a la variable PPI del experimento tres, no se presentó una clara diferencia entre los tratamientos fungicidas y los testigos en las primeras semanas de evaluación, sin embargo es a partir de la segunda mitad del periodo experimental que se comenzó a presentar un incremento mayor en los valores de esta variable en el testigo absoluto, indicativo de una mayor severidad de la enfermedad; dicho incremento continuó ampliándose hasta el final de las evaluaciones hasta llegar a floración. En cuanto a los tratamientos con fungicidas mezclados (cocteles) estos mantuvieron valores mas constantes y solo al final presentó un aumento pero de forma muy gradual (Cuadro 11).

Esta diferencia de comportamiento es debido a que al producirse una reducción en el número de hojas en la mitad del experimento, también se generó una disminución de la severidad de la enfermedad, lo cual benefició a los tratamientos con fungicidas mezclados (cocteles). Ya que al tener una menor severidad en la plantación, también se reduce la presión del inóculo el cual les permite un mejor desempeño en el control de la enfermedad.

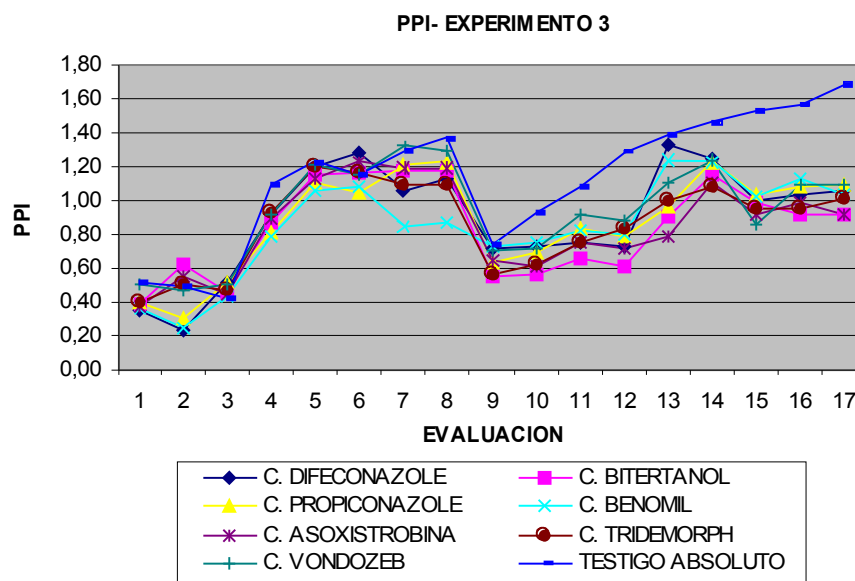


Figura 12. Promedio ponderado de infección experimento 3. San Carlos, 2001.

Se pudo observar como en este experimento tres, se presentaron diferencias significativas entre los mismos tratamientos con fungicidas siendo Calixin® y Sico® en la variable HT y Calixin® en la variable HMJE los que lograron marcar cierta diferencia sobre los demás fungicidas. En cuanto a la diferencia en los valores obtenida por el Calixin® y Sico® respecto a los otros tratamientos con fungicidas mezclados, ésta probablemente se presentó por el modo de acción (sistémico-local) y mecanismo de control que el primero posee de igual forma como sucedió en el experimento dos, solo que en este experimento marcó mayor diferencia sobre el resto de los tratamientos, al estar mezclado con otro fungicida el cual ejerció un poder de control adicional. En el caso del sico® posiblemente el poder de control del otro fungicida en la mezcla (cóctel) le permitió desarrollar un mejor control sobre el patógeno el cual le dio cierta ventaja sobre los otros tratamientos con fungicidas mezclados (Jiménez 2005)³.

También se pudo observar una clara diferencia entre los tratamientos con fungicidas mezclados y el testigo en cuanto a las tres variables estudiadas (HT, HMJE, PPI). Demostrando una mejor efectividad para el control de la enfermedad por parte de los tratamientos con fungicidas mezclados (cocteles) (Cuadro 12).

Esta mejor efectividad de control de los tratamientos con fungicidas mezclados, se debe a la combinación de los modos de acción (sistémico-protectante) y mecanismos de control (mono-multisitio) que éstos poseen, el cual les permite no solo soportar niveles de severidad altos, si no también reducir la probabilidad de originar resistencia o pérdida de sensibilidad por parte del patógeno (Stover 1990).

Es importante anotar que estos tratamientos con fungicidas mezclados (cócteles) también estuvieron sometidos a una alta presión de inóculo provocada por el tipo de deshoja (bisemanal) y al igual que en el experimento uno y dos también se presentó una apertura en el intervalo de aplicación de un ciclo; sin embargo los resultados obtenidos al final fueron bastante aceptables.

³ **Jiménez, N. 2005.** Comunicación Oral. Director del Departamento Control Sigatoka Negra, Compañía Chiquita Brands. Pococí, Costa Rica.

Cuadro 12. Datos iniciales y finales de cada variable del experimento Número 3. San Carlos, 2001.

	Tratamiento	Variable Evaluada		
		H/T	HMJE	PPI
17	Sico 25 EC + Vondozeb 62 SC	8,83 - 10,57	6,92 - 5,50	0,35 - 1,06
18	Baycor 30 EC + Vondozeb 62 SC	9,17 - 9,33	6,75 - 5,50	0,39 - 0,92
19	Tilt 25 EC + Vondozeb 62 SC	9,17 - 9,75	6,83 - 5,33	0,40 - 1,09
20	Benlate 50 OD + Vondozeb 62 SC	9,25 - 10,17	6,92 - 5,50	0,37 - 1,03
21	Bankit 25 SC + Vondozeb 62 SC	9,00 - 9,33	6,83 - 5,50	0,38 - 0,91
22	Calixin 89 OL + Vondozeb 62 SC	8,33 - 11,42	6,33 - 6,42	0,40 - 1,01
23	Aceite Agrícola (7 L) + Vondozeb 62 SC	8,58 - 8,58	5,58 - 4,58	0,51 - 1,09
24	Testigo Absoluto	8,17 - 6,17	6,08 - 2,25	0,52 - 1,68

5.4. Propuesta de un programa de control químico de Sigatoka Negra en Plátano para la zona de San Carlos en época de alta precipitación

Con todo este análisis se puede tener un panorama mas claro y definir un programa de control desde el punto de vista técnico, que permita tener un control químico eficaz contra la enfermedad. Considerando también posibles cambios o mejoras en el programa de manejo técnico y cultural del cultivo, el cual permita un mejor desempeño de los fungicidas.

Sin embargo otro aspecto importante a considerar es el factor económico, ya que éste es el complemento de la parte técnica y dado que el costo de adquisición y aplicación de estos productos es bastante elevado (Cuadros 13, 14, 15 y 16), hace que este aspecto se convierta en parte importante del programa de control químico; donde se necesitará unir todos estos aspectos para tener un buen criterio y poder definir un programa de aplicaciones de forma eficiente y rentable.

Cuadro. 13. Costo de adquisición en dólares por litro de cada producto utilizado En los tres experimentos. San Carlos, 2006.

Producto	Concentración (% ingrediente activo)	Dosis Ingrediente Activo (gr/ha)	Dosis Producto Comercial (litros/ha)	Costo Adquisición (\$/litro)
Vondozeb® 62 SC	62	1050	1,7	4,1
Ridodur® 35 SC	35	1050	3,0	4,0
Sico® 25 Ec	25	100	0,4	45,4
Baycor® 30 EC	30	150	0,5	31,4
Tilt® 25 EC	25	100	0,4	29,6
Benlate® 50 OD	50	140	0,3	10,4
Bankit® 25 SC	25	100	0,4	55,7
Calixin® 84 CE	84	445	0,5	22,2
Agrol® 97L	97	7000	7,2	3,5
NP-7® *	0	0	0,0	

*Este producto se utilizó como emulsificante al 1,0% del volumen de aceite en cada tratamiento.

Cuadro 14. Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el Experimento uno. San Carlos, 2006.

Nº Tratamiento	Composición del Tratamiento	Costo de Tratamiento (\$)	Costo de Aplicación (\$)	Costo Total (\$)
1	Vondozeb® 62 SC (1,7 L)	6,86	3,00	9,86
2	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	31,47	3,00	34,47
3	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (14 L)	55,97	3,00	58,97
4	Ridodur® 35 SC (3,0 L)	12,00	3,00	15,00
5	Ridodur® 35 SC (3,0 L) + Agrol® 97L(7 L)	36,50	3,00	39,50
6	Ridodur® 35 SC (3,0 L) + Agrol® 97L(14 L)	61,00	3,00	64,00
7	Agrol® 97L (14 L)	49,00	3,00	52,00

Cuadro. 15. Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el Experimento dos. San Carlos, 2006.

Nº Tratamiento	Composición del Tratamiento	Costo de Tratamiento (\$)	Costo de Aplicación (\$)	Costo Total (\$)
9	Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	42,66	3,00	45,66
10	Baycor® 30 EC (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	40,20	3,00	43,20
11	Tilt® 25 EC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	36,34	3,00	39,34
12	Benlate® 50 OD (0,3 L) + Agrol® 97L (7 L)	27,59	3,00	30,59
13	Bankit® 25 SC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	46,78	3,00	49,78
14	Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	35,60	3,00	38,60
15	Agrol® 97L (7 L)	24,50	3,00	27,50

Cuadro. 16. Costo de aplicación por hectárea de cada tratamiento utilizado en el Experimento tres. San Carlos, 2006.

Nº Tratamiento	Composición del Tratamiento	Costo de Tratamiento (\$)	Costo de Aplicación (\$)	Costo Total (\$)
17	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	47,17	3,00	50,17
18	*C-Baycor® 30 EC (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	44,71	3,00	47,71
19	*C-Tilt® 25 EC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	40,85	3,00	43,85
20	*C-Benlate® 50 OD (0,3 L) + Agrol® 97L (7 L)	32,10	3,00	35,10
21	*C-Bankit® 25 SC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	51,29	3,00	54,29
22	*C-Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	40,11	3,00	43,11

*C: Coctel, El tratamiento contiene Vondozeb® 62 SC (1,1 L)

Analizados y discutidos los resultados de los tres experimentos y teniendo claro los aspectos técnicos y económicos, se puede definir un programa de control químico para el combate de Sigatoka Negra en plátano bajo las siguientes condiciones:

- 1- Este programa estará asociado al ciclo del cultivo y al sistema de producción (anual o perenne), de esta forma se podrá definir programas anuales con un periodo y número de aplicaciones definido; donde se tomará la edad de tres meses del cultivo como el punto de inicio de los ciclos de aplicación (1º ciclo). O programas continuos donde el periodo y el número de aplicaciones serán indefinidos.

- 2- Puede estar sujeto a cambios, dependiendo de las variabilidades climáticas y al comportamiento de la enfermedad en la plantación.
- 3- Se realizarán muestreos semanales utilizando la escala Stover, para determinar la severidad de la enfermedad y poder definir el o los productos a aplicar, así como la dosis y la forma de aplicación.
- 4- Los ciclos de aplicación serán de 8 a 10 días para los fungicidas protectantes y de 15 a 18 días para los sistémicos y mezclas. De esta forma se estará reduciendo la probabilidad de que se presente una apertura en los intervalos de aplicación.
- 5- El volumen de aplicación de mezcla total será de 25 a 50 litros por hectárea, esto para reducir el tiempo de aplicación efectivo y reducir el riesgo de atrasos por factores climáticos.
- 6- Se calibrará constantemente el equipo de aplicación antes de cada ciclo de fumigación, para poder corregir a tiempo cualquier anomalía que se presente.

Cuadro. 17. Propuesta número uno para un programa de fumigación para el control químico de Sigatoka negra en una plantación de plátano en la zona de San Carlos en época de alta precipitación. Santa Clara, 2006.

Nº Ciclo	Tratamiento Químico	Días Ciclo	Costo Total de aplicación / Ha (\$)
1	Tilt® 25 EC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)		39,34
2	Bankit® 25 SC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	49,78
3	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
4	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
5	Benlate® 50 OD (0,3 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	30,59
6	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
7	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
8	Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	38,60
9	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	50,17
10	*C-Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	43,11
11	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	50,17
12	*C-Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	43,11
13	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	50,17
		152	532,92

*C: Coctel, El tratamiento contiene Vondozeb® 62 SC (1,1 L)

Cuadro. 18. Propuesta número dos para un programa de fumigación para el control químico de Sigatoka negra en una plantación de plátano en la zona de San Carlos en época de alta precipitación. Santa Clara, 2006.

Nº Ciclo	Tratamiento Químico	Días Ciclo	Costo Total de aplicación / Ha (\$)
1	Tilt® 25 EC (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)		39,34
2	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
3	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
4	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
5	Benlate® 50 OD (0,3 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	30,59
6	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
7	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
8	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
9	*C-Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	43,11
10	Vondozeb® 62 SC (1,7 L) + Agrol® 97L (7 L)	8	34,47
11	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	50,17
12	*C-Calixin® 84 CE (0,5 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	43,11
13	*C-Sico® 25 Ec (0,4 L) + Agrol® 97L (7 L)	15	50,17
		131	497,78

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se desarrolló este experimento se dan las siguientes conclusiones:

- 1- Un manejo integrado de Sigatoka Negra que combine una deshoja adecuada y la aplicación de fungicidas de forma cíclica, es la herramienta básica para el control de esta enfermedad en plátano.
- 2- La deshoja bisemanal no es recomendable en época de alta precipitación, ya que permite una acumulación excesiva de la fuente de inóculo en la plantación.
- 3- La apertura del intervalo de los ciclos de fumigación pueden afectar negativamente el buen desempeño de los fungicidas en el control de Sigatoka Negra.
- 4- Los tratamientos con fungicidas protectantes se ven mas afectados que los tratamientos con fungicidas sistémicos ante niveles de severidad altos.
- 5- Los tratamientos con fungicidas sistémicos y mezclados (cócteles) tienen mejor control de la enfermedad en época de alta precipitación.
- 6- Los tratamientos que contienen aceite agrícola tienen un mejor control sobre la enfermedad, que los tratamientos a base de agua.
- 7- La utilización de la escala STOVER de seis grados, es la principal herramienta para poder cuantificar la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra en la plantación; y poder definir un programa de control químico.

- 8- Las variables HMJE, HT son las que ofrecen una mejor representación del comportamiento de la enfermedad y generan resultados más confiables para la elaboración de un programa de control químico contra Sigatoka Negra, ya que permiten detectar los primeros síntomas visuales, que son importantes para determinar el nivel de desarrollo de la enfermedad y también cuantificar la evolución de la misma a través del número de hojas funcionales.

- 9- La variable PPI no es recomendable como parámetro para elaborar un programa de control químico, pero si es de mucha utilidad para el control de la calidad de deshoja en la plantación, ya que permite determinar el grado de severidad de la enfermedad en la plantación (Guzmán 1997), pero al estar influenciada directamente por el número de hojas, las cuales pueden variar de una semana a otra por efecto de una mala práctica de deshoja; podría generar resultados engañosos o poco confiables los cuales no reflejarían una situación real de la enfermedad con respecto a la plantación.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones en que se desarrolló este experimento se dan las siguientes recomendaciones:

- 1- Deshojar semanalmente para mantener la severidad de la enfermedad a un nivel bajo, de esta forma se reduce la presión de inóculo en la plantación y se mejora la efectividad de los fungicidas.
- 2- Mantener un buen sistema de drenaje superficial para evacuar toda la humedad lo más rápido posible, para evitar la evapo-transpiración principalmente en suelos pesados.
- 3- Implementar un programa de muestreo semanal utilizando la escala STOVER de seis grados, para cuantificar la incidencia y severidad de la enfermedad en la plantación; y poder definir un programa de control químico.
- 4- Mantener un buen programa de fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo, pero principalmente el calcio. Ya que las constantes dosis de aceite y por el tipo de aplicación terrestre, una posible consecuencia es que mucha cantidad de aceite puede acumularse en los pecíolos de las hojas y producir un agobiamiento excesivo de hojas funcionales, debido a la pérdida de rigidez de los pecíolos de las hojas por deficiencia de calcio.
- 5- Dirigir la aplicación de los productos hacia las láminas de las hojas y no hacia los pecíolos y pseudotallos.
- 6- Combinar la aplicación de fungicidas sistémicos con fungicidas protectantes para un control más eficiente de la enfermedad.

- 7- En época lluviosa, tratar de utilizar volúmenes de aplicación de 50 l/ha para los fungicidas protectantes para una mejor cobertura y 25 a 50 l/ha para los fungicidas sistémicos para una aplicación más rápida.

- 8- Verificar y calibrar el equipo de aplicación semanalmente y utilizarlo solamente para la aplicación de fungicidas.

8. LITERATURA CONSULTADA

- 1- Basf. 1997. Calixin®86OL Fungicida para combatir Sigatoka en Banano y Plátano. Protección Fitosanitaria. Alemania. 10p.
- 2- Bayer. 2001. Banano Protection Powered by Bayer. División Protección de Cultivos de Centroamérica. 12p.
- 3- Duarte, F. 2004. Comunicación oral. Director del Departamento Control Sigatoka Negra. Colono Agropecuario S.A. Pococí, Costa Rica.
- 4- Dupont®; Duwest® Pont de Nemours & Company, (Inc.). 1999. Sigatoka Negra y Amarilla. Técnicas para manejo e identificación. E.I Dupont de Nemours & Company, (Inc.). Ciudad de Guatemala, Centroamérica.17p.
- 5- González, R. 1995. Mecanismos de acción de los principales fungicidas utilizados en el combate de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en el cultivo del banano. Seminario de Licenciatura, Universidad de Costa Rica (UCR). Escuela de Química. San José, Costa Rica.30p.
- 6- Guzmán, M; Jiménez, A.; Vargas, R.; Romero, R. 1998. Evaluación de tres períodos libres de fungicidas triazoles sobre la sensibilidad y el control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en Banano. En: Informe anual 1997. Dirección de Investigaciones y Asistencia Técnica. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). San José, Costa Rica. pp 94 95.
- 7- Guzmán, M.; Romero, R. 1996. Eficacia de cuatro dosis de aceite agrícola en el control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en el banano (Musa AAA). CORBANA 21 (46): 129-139.

- 8- Guzmán, M.; Romero, R. 1997. Comparación de los fungicidas azoxistrobina, propiconazole y difenoconazole en el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en banano (Musa AAA). CORBANA 22 (47): 49-59.
- 9- ICA. 1996. Sigatoka Negra y variedades mejoradas de plátano. División Sanidad Vegetal. Unidad de Proyectos Preventivos. Boletín #12. Ed. Produmedios. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 47 p.
- 10- Marín, D; Romero, R. 1992. El combate de la Sigatoka Negra. Departamento de Investigaciones. Corbana. Boletín Técnico No. 4. 22p.
- 11- Madrigal, R. 1993. El Combate Químico de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plátano (Musa AAB) c.v. Curraré. Tesis Bach. Agr. ITCR. Departamento de Agronomía. San Carlos, San José, Costa Rica, 56 p.
- 12- Ramírez, W. 2002. Tesis. Escuela de Agronomía, ITCR. Informe de experiencia laboral control integrado de Sigatoka Negra en la finca Súper Amigos de la compañía Cobal en la zona de Sixaola, Limón.
- 13- Romero, R. y Sutton, T. 1996. Agresividad de asilamiento de *Mycosphaerella fijiensis* resistentes a benomil y sensibilidad a fungicidas inhibidores de la biosíntesis del ergosterol. Informe anual 1995. Dirección de Investigaciones y Servicios Agrícolas. Corporación Bananera Nacional (CORBANA). San José, Costa Rica, pp. 49-50.
- 14- Rosero, A. 1984. Manejo de los Problemas fitosanitarios de bananos y plátanos. Augura. Departamento técnico. Uniban, Apardó, Colombia. 69 p.
- 15- Servicios Técnicos Bayer, 1996. Triazoles Bayer. Editorial Bayer de México, S.A. de C.V. 10 p.

- 16- Sierra, J. 1980. Naturaleza de la resistencia de raza de hongos a fungicidas de acción específica y sistemas de prevención. DuPont. 6 p.
- 17- Stover, RH. 1980 a. Las manchas producidas por las enfermedades de la Sigatoka en las hojas de bananos y plátanos. SIATSA. La Lima, Honduras. 17 p. (Mimeografiado).
- 18- Stover, RH. 1980 b. Sigatoka leaf spots of bananas and plantains. Plant Disease 64 (8): 750-756.
- 19- Stover, RH. 1990. Response of the black Sigatoka pathogen *Mycosphaerella fijiensis* to Calixin (Tridemorph) in vitro. Fruits 47 (2): 291-301.
- 20- Stover, RH. 1993. Changes in sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* to Tilt. Informe UPEB No. 97: 45-47.
- 21- Syngenta. 2002. Sico® 25 EC. Seguridad para el control de Sigatoka Negra.
- 22- Vargas, R. 1998. Sensibilidad in vitro de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) a siete fungicidas inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE), a un benzimidazol y un metoxiacrilato, en plantaciones comerciales de banano (*Musa AAA*) del Caribe. Tesis Escuela de Agronomía, ITCR. 101 p.

9. ANEXOS

Cuadro. 19A. Datos climatológicos de Santa Clara. San Carlos, año 2001.

Mes	Precipitación Promedio Mensual (mm)	Temperatura Promedio Mensual (C°)	Humedad Relativa Mensual (%)	Brillo Solar Mensual (h)
Junio	488,1	25,4	86,4	2,7
Julio	492,1	25,3	91,2	2,8
Agosto	407,1	24,9	88,1	2,7
Septiembre	295,3	25,3	77,5	4,3
Octubre	338,3	24,8	86,0	2,5
Noviembre	301,9	24,7	92,5	4,4
Diciembre	319,7	24,1	92,3	3,1

Datos procedentes de: Estación Meteorológica # 69579, Santa Clara.

Latitud .Norte: 10° 21'

Longitud Oeste: 84° 31'

Altitud: 160 metros sobre el nivel del mar

Cuadro. 20A. Fechas de aplicación y días de intervalo de los ciclos de los fungicidas protectantes durante el periodo experimental. San Carlos, 2001.

N. CICLO	FECHA DE APLICACIÓN	DIAS DE INTERVALO	PROXIMA APLICACIÓN	OBSERVACIONES
1	08-jun	0	16-jun	1°
2	18-jun	10	26-jun	
3	04-jul	16	12-jul	Se extendió por lluvia
4	12-jul	8	20-jul	
5	20-jul	8	28-jul	
6	28-jul	8	5-ago	
7	07-ago	10	15-ago	
8	15-ago	8	23-ago	
9	23-ago	8	31-ago	
10	3-set	11	11-set	Se extendió por lluvia
11	11-set	8	19-set	
12	19-set	8	27-set	
13	27-set	8	4-oct.	
14	4-oct.	8	12-oct.	
15	12-oct.	8	20-oct.	
16	24-oct.	12	ultima	Se extendió por lluvia

Cuadro. 21A. Fechas de aplicación y días de intervalo de los ciclos de los fungicidas sistémicos y mezclas durante el periodo experimental. San Carlos, 2001.

N CICLO	FECHA DE APLICACIÓN	DÍAS DE INTERVALO	PROXIMA APLICACIÓN	OBSERVACIONES
1	08-jun	0	26-jun	1°
2	06-jul	28	24-jul	Se extendió por lluvia
3	27-jul	21	14-ago	
4	15-ago	19	2-set	
5	5-set	21	23-set	
6	26set	21	14-oct.	
7	17-oct.	21	ultima	