

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON Ca, Mg, Zn y B EN
LA SEVERIDAD DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella
fijiensis* Morelet), EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DEL
BANANO (*Musa* AAA, cv. Grande Naine)**

DAVID AZOFEIFA ALVARADO

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

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

2007

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON Ca, Mg, Zn y B EN
LA SEVERIDAD DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella
fijiensis* Morelet), EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DEL
BANANO (*Musa* AAA, cv. Grande Naine)**

DAVID AZOFEIFA ALVARADO

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

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

2007

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON Ca, Mg, Zn y B EN
LA SEVERIDAD DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella
fijiensis* Morelet), EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DEL
BANANO (*Musa* AAA, cv. Grande Naine)**

DAVID AZOFEIFA ALVARADO

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

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

Asesor Interno

Ing. Agr. Mauricio Guzmán Quesada, M.Sc.

Asesor Externo

Ing. Agr. Edgardo Serrano Elizondo, M.B.A.

Asesor Externo

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, Ph.D.

Jurado

Ing. Agr. Edwin Castillo Villalobos, Lic.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, M.A.E.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director
Escuela de Agronomía

2007

Dedicatoria

A Dios que me dio el don de la sabiduría, el entendimiento para culminar mis estudios de licenciatura y la fortaleza para enfrentar cada día.

A mis padres, Gerardo Azofeifa Jiménez y Adriana Alvarado Quevedo por su respaldo, dedicación y comprensión. A mis hermanos y amigos por todo su apoyo, esfuerzo y confianza. A mi novia, Marcela Benavides Castro, quien siempre estuvo a mi lado para compartir mis sueños y hacerlos realidad.

Agradecimientos

Al M.Sc. Mauricio Guzmán Quesada, Coordinador del departamento de Fitopatología de CORBANA S.A por enseñarme disciplina y calidad en el trabajo realizado. Muchas gracias por su sincera confianza, dedicación y guía permanente en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Al M.B.A. Edgardo Serrano Elizondo, Coordinador del departamento de Suelo y Drenaje de CORBANA S.A por sus consejos, su confianza y su sincera ayuda en el transcurso de este trabajo de tesis.

A los profesores investigadores del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos M.Sc Parménides Furcal Berigüete, por su apoyo, sus valiosos conocimientos, enseñanzas y sugerencias como asesor de este trabajo de tesis y al Ph.D. Carlos Muñoz Ruiz que colaboró como jurado en este trabajo.

Al Lic. Edwin Castillo Villalobos, representante técnico de SERACSA por su confianza y sus aportes como jurado durante esta investigación.

Al Lic. Igor Martinez, al M.Sc Ricardo Villalta y al Ing. Gilberth Murillo supervisores del departamento de Fitopatología, por apoyo y confianza.

Al M.Sc. Fabio Blanco quien me colaboró en la estadística de este trabajo.

Al Sr. Eduardo Vivero, Gerente general de SERACSA por el apoyo económico a esta investigación, aportando los fertilizantes foliares y colaborando con el pago de mis gastos durante la realización del trabajo.

A los señores Sergio Duran y Donny Vargas, por brindarme su amistad y apoyar siempre las actividades entorno a mi trabajo de tesis, además, por permitirme utilizar su espacio de trabajo en el laboratorio de Fitopatología.

A todo el personal del departamento de Suelos y Drenajes particularmente al laboratorio químico por su atención, cooperación y apoyo.

A todo el personal del departamento de Fitopatología: Juan Angulo, Rodolfo Álvarez, Carlos Quesada, Sebastián Castrillo, Arturo Jiménez, Fernando Rojas y Minor Vargas por su apoyo y enseñanzas en la labores de campo.

Deseo expresar de todo corazón mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos, su amistad y la ayuda incondicional durante la elaboración de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	i
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo	4
2.1.1. Origen y distribución	4
2.1.2. Importancia socioeconómica	5
2.2. La enfermedad de la Sigatoka negra en el cultivo de banano.....	6
2.2.1. Origen y distribución de la Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>)	7
2.2.2. Epidemiología, biología y ecología de la Sigatoka negra.....	8
2.2.3. Importancia económica de la Sigatoka negra	9
2.2.4. Manejo de la Sigatoka negra	10
2.2.4.1. Combate químico.....	10
2.2.4.2. Combate biológico.....	11
2.2.4.3. Variedades resistentes	11
2.2.4.4. Combate cultural.....	12
2.3. La fertilización foliar: bases teóricas, absorción foliar de solutos, traslocación, sales, compuestos orgánicos e importancia agronómica	13
2.4. Nutrición del cultivo del banano.....	16
2.4.1. Importancia de la fertilización en la productividad y calidad del banano	16
2.4.2. Posibilidades de uso de la fertilización foliar para la nutrición del banano	17
2.5. Importancia del Ca, B, Mg y Zn en la nutrición y metabolismo de las plantas	17

2.5.1. Funciones del Ca, Mg, Zn y B en la defensa natural de las plantas contra enfermedades.....	19
2.5.1.1. Ejemplos de la relación nutrición - enfermedad en diferentes patosistemas	21
2.5.1.2. Efecto de la nutrición en el desarrollo de la Sigatoka negra y amarilla.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Localización.....	23
3.2. Periodo experimental	23
3.3. Tratamientos	23
3.3.1. Fertilizantes foliares evaluados.....	24
3.3.2. Mediciones de la estabilidad física y pH de las mezclas de los fertilizantes foliares con el fungicida Dithane 60 SC®	25
3.3.3. Experimento en campo	26
3.3.3.1. Unidad experimental.....	26
3.3.3.2. Diseño experimental	27
3.3.3.3. Aplicación de los fertilizantes foliares en campo.....	27
3.3.3.4. Combate de la Sigatoka negra	28
3.3.3.5. Control de nematodos	28
3.3.3.6. Prácticas culturales.....	29
3.4. Variables evaluadas	29
3.4.1. Severidad de la Sigatoka negra.....	29
3.4.2. Crecimiento, producción y fenología.....	29
3.4.3. Análisis foliares	31
3.5. Análisis estadístico.....	32
4. RESULTADOS.....	33
4.1. Medición de la estabilidad física y pH de las mezclas de los fertilizantes foliares con el fungicida Dithane 60 SC®	33
4.1.1. Comportamiento físico (Estabilidad de la mezclas)	33
4.1.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el pH de la mezcla	34
4.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la Sigatoka negra	35
4.2.1. Periodo vegetativo de las plantas	35
4.2.2. Floración	37
4.2.3. Cosecha.....	38
4.3. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el crecimiento de la planta de banano	39
4.3.1. Floración.....	39
4.3.2. Cosecha.....	39

4.4. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la producción del cultivo del banano	40
4.5. Análisis foliares	41
4.5.1. Periodo vegetativo	41
4.5.2. Floración	42
5. DISCUSIÓN.....	45
5.1. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la Sigatoka negra	45
5.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el crecimiento y la producción de las plantas de banano fertilizadas foliarmente con Ca, Mg, Zn y B	47
6. CONCLUSIONES.....	50
7. RECOMENDACIONES	51
8. BIBLIOGRAFÍA.....	52
9. ANEXOS	63

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Algunos ejemplos del impacto de la Sigatoka negra en la producción de bananos y plátanos en países de América y el Caribe.	10
2	Algunos ejemplos de enfermedades reducidas mediante aplicaciones de nutrimentos.	20
3	Tratamientos evaluados, del producto comercial y del elemento puro por hectárea en los diferentes tratamientos para el estudio de la relación entre la nutrición foliar de la planta, la severidad de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción del banano.	24
4	Composición de los fertilizantes foliares evaluados.	25
5	Valores de pH registrados en las mezclas de Dithane 60 SC [®] con 0, 5 y 7 L ha ⁻¹ de aceite mineral, al adicionar diferentes fertilizantes foliares.	34
6	Variables de infección de la Sigatoka negra durante el periodo vegetativo de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	36
7	Variables de infección de la Sigatoka negra a la floración de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	38
8	Variables de infección de la Sigatoka negra a la cosecha de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	39
9	Promedios de variables de crecimiento (cm) de la planta madre e hijo sucesión y estimación de los días de siembra a floración de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	40
10	Promedios de variables de crecimiento (cm) del hijo de sucesión de plantas de banano al momento de la cosecha (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	40
11	Peso del racimo, número de manos, dedos deformes y dimensiones (grosor y largo) del fruto central de la fila externa en la segunda y última mano (medias) en racimos de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) de plantas fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	41
12	Promedios del contenido de elementos en la hoja 3 y promedios del contenido de elementos en la parte interna y parte externa de	

	la misma hoja durante la etapa vegetativa de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.	42
13	Promedios del contenido foliar de elementos presentes en la hoja 3 y 7 a la floración de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos	43
14	Promedios del contenido foliar de nutrientes presentes en la parte externa y la parte interna de las hojas 3 y 7 a la floración de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.....	44

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Diseño de la unidad experimental y detalle del tipo de plantas (rebrote) utilizado en el experimento. En el fondo se aprecia la barrera de zacate gigante que dividió las unidades experimentales.....	26
2	Procedimiento utilizado para la aplicación de los fertilizantes foliares en las parcelas experimentales. (A) adición de la mezcla de fungicida + fertilizantes foliar al tanque de la bomba, (B) aspersión del tratamiento a las plantas, (C) medición del sobrante y (D) enjuague del equipo de aplicación.....	28
3	Medidas de crecimiento de las plantas: (A) altura de la planta, (B) circunferencia del pseudotallo.	30
4	Medición de las variables de producción a cosecha: (A) peso del racimo (kg) y número de manos por racimo, (B) y (C) grosor y largo del dedo central de la fila externa en la segunda y última mano, (D) número de dedos deformes.	31
5	Metodología empleada para el muestreo foliar.....	32
6	Comportamiento de la mezcla Dithane 60 SC [®] + Foliveex Zn AA [®] sin aceite mineral: (a) 10 minutos pospreparación, (b) 30 minutos pospreparación, (c) 60 minutos pospreparación. Nótese la formación de una capa inferior.	33
7	Severidad (Índice de infección) de la Sigatoka negra a través del tiempo (semanas) en plantas de banano fertilizadas foliarmente con diferentes elementos.....	37
8	Abundancia relativa de minerales presentes en la parte interna y parte externa de la porción central en la hoja 3 y 7 de plantas de banano (<i>Musa</i> AAA, cv. Grande Naine) al momento de la floración. Los elementos cuyo símbolo se resalta con mayor tamaño de letra, subrayado y color azul fueron asperjados foliarmente a las plantas, cada dos semanas.	44

LISTA DE ANEXOS

Número	Título	Página
1	Datos climáticos del 2003 al 2006 de la estación meteorológica La Rita de CORBANA S.A.	63
2	Análisis químico de suelo de las parcelas experimentales al inicio del experimento a una profundidad de 0-30 cm, extraído en Mehlich 3 en el laboratorio químico de CORBANA S.A.	64
3	Programa de fertilización al suelo aplicado a los tratamientos.	65
4	Distribución de los tratamientos en el campo en un Diseño de Bloques Completos al Azar.....	66
5	Programa de aplicación de fungicidas empleado para el control de la Sigatoka negra y aplicación de fertilizantes foliares.....	67
6	(A) Estadios de desarrollo de la Sigatoka negra según Fouré (1985), (B) escala de Stover modificada por Gauhl (1989).....	68

RESUMEN

En términos fisiológicos se conoce que cada elemento mineral tiene una función específica en la planta, pero es poca la información del efecto de éstos sobre enfermedades foliares. No obstante, se ha sugerido que la aspersion al follaje de algunos elementos puede ayudar a reducir el ataque de los patógenos. La frecuente aplicación de fungicidas en banano para el combate de la Sigatoka negra, es una oportunidad para la inclusión de fertilizantes foliares y así incorporar elementos que aumenten la tolerancia del cultivo a la enfermedad y mejoren la producción. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aspersion foliar de Ca, Mg, Zn y B sobre el desarrollo de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción del banano.

Se evaluaron fertilizantes foliares a base de Ca (Foliveex® Ca 10% L AA, 700 ml/ha/aplicación), B (Foliveex® B Plus 17,5%, 440 g/ha/aplicación), Mg (Foliveex® Mg 8% L AA, 481 ml/ha/aplicación), Zn (Foliveex® Zn 20% AA, 385 g/ha/aplicación), Zn (Foliveex® Zn 15% EDTA, 513 g/ha/aplicación) y Zn + B (Foliveex® Zn-B 17% AF, 905 g/ha/aplicación).

La adición de los fertilizantes foliares no afectó la estabilidad física de las mezclas. No hubo diferencias ($P= 0,5217$) entre los tratamientos y el testigo en la altura y circunferencia de la planta madre e hijo de sucesión a la floración. Al igual que en las variables anteriores, no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos ($P= 0,1505$) para las variables de producción.

Durante el periodo de crecimiento vegetativo la severidad de la Sigatoka negra fue menor en los tratamientos con Ca ($P= 0,0032$) y B ($P= 0,0074$), mientras que a la floración solo en el tratamiento con Ca se observó una severidad menor ($P= 0,0412$) respecto al testigo que no recibió fertilización foliar. En el periodo de crecimiento vegetativo solo las aplicaciones de Zn (tanto con EDTA como con AA) incrementaron ($P= 0,0028$) los niveles de este elemento en la hoja 3. A la floración no se observaron diferencias en los contenidos foliares entre los tratamientos y el testigo ($P= 0,1750$). En el análisis realizado a la floración de las plantas, los contenidos de Zn ($P= 0,0399$) y B ($P= 0,0001$) fueron más altos en la parte externa

de la hoja, por el contrario, el Ca fue más alto ($P= 0,0001$) en la parte interna y en caso del Mg fue más alto ($P= 0,0368$) en la parte externa de la hoja 3 y más alto ($P= 0,0017$) en la parte interna de la hoja 7.

Se determinó que con la aplicación foliar de algunos elementos como Ca y B se puede reducir la severidad de la Sigatoka negra. La ausencia de diferencias entre el testigo y los fertilizantes foliares en el crecimiento y la producción de las plantas pudo deberse a que el primero recibió un programa de fertilización básico al suelo suficiente para un adecuado crecimiento de las plantas, igualmente el contenido de materia orgánica del suelo donde se desarrolló el experimento está por encima del nivel crítico, no obstante, no se descartan posibles efectos en generaciones posteriores con la aplicación foliar de dichos elementos.

Palabras claves: Sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, nutrición foliar, *Musa* AAA, producción, crecimiento.

ABSTRACT

In physiological terms, it is known that each mineral element has a specific function in the plant, but the information on the effect of each element on foliar diseases is not enough. However, it has been suggested that the aspersion of some elements to the foliage can help reduce the attack of pathogens. The frequent application of fungicides in banana trees to fight Black Sigatoka is an opportunity for the foliar fertilizer inclusion; thus, incorporating elements that increase the tolerance of the crop to the disease and improving production. The objective of this investigation was to evaluate the effect of foliar aspersion of Ca, Mg, Zn and B on the development of Black Sigatoka, the growth and the production of the banana tree.

Foliar fertilizers based on Ca were evaluated (Foliveex[®] Ca 10 % L AA, 700 ml/ha/application), B (Foliveex[®] B Plus 17.5 %, 440 g/ha/application), Mg (Foliveex[®] Mg 8 % L AA, 481 ml/ha/application), Zn (Foliveex[®] Zn 20 % AA, 385 g/ha/application), Zn (Foliveex[®] Zn 15 % EDTA, 513 g/ha/application) and Zn + B (Foliveex[®] Zn-B 17 % AF, 905 g/ha/application).

The surcharge of foliar fertilizers did not affect the physical stability of the mixtures. There were no differences ($P= 0.5217$) between the treatments and the witness in the height and circumference of the mother plant and the son after flowering. Like in the previous variables, significant differences between treatments ($P= 0.1505$) for the production variables were not found.

During the vegetative growth period, the severity of Black Sigatoka was lesser in the treatments based on Ca ($P= 0.0032$) and B ($P= 0.0074$), whereas to flowering only with the treatment based on Ca, a smaller severity ($P= 0.0412$) regarding the witness which did not receive foliar fertilization was observed. In the vegetative growth period, only the applications based on Zn (not only with EDTA but also with AA) increased ($P= 0.0028$) the levels of this element in leaf 3. The flowering differences in the foliar contents between the treatments and the witness were not observed ($P= 0.1750$). In the analysis made to the flowering of the plants, the contents of Zn ($P= 0.0399$) and B ($P= 0.0001$) were higher in the external part

of the leaf; on the contrary, Ca content was higher ($P= 0.0001$) in the internal part and in case of Mg, it was higher ($P= 0.0368$) in the external part of leaf 3 and higher ($P= 0.0017$) in the internal part of leaf 7.

It was determined that with foliar application of some elements such as Ca and B, the severity of Black Sigatoka can be reduced. The absence of differences between the witness and foliar fertilizers in the growth and the production of the plants could happen because the first one received a basic fertilization program to the ground, which is enough for a suitable growth of the plants; nonetheless, possible effects on later generations with foliar applications of these elements are not cast off.

Key words: Black Sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, foliar nutrition, *Musa* AAA, production, growth.

1. INTRODUCCIÓN

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es el principal problema fitopatológico de los cultivos del banano y plátano en la Vertiente o zona del Caribe de Costa Rica (Marín y Romero 1992, Guzmán 2002, Marín *et al.* 2003). Si no se aplican medidas de control, la enfermedad destruye las hojas de la planta de banano y reduce el área fotosintética rápidamente. Como consecuencia, el crecimiento y la producción de las plantas se ven afectados (Stover 1980). Además, puede ocurrir maduración prematura de los frutos, a nivel de campo, o bien durante el transporte a los principales mercados de Norte América y Europa (Marín *et al.* 2003, Romero y Guzmán 2006).

Para un control adecuado de la enfermedad, normalmente se realizan entre 45 y 80 ciclos de fungicidas por año¹. Esta alta frecuencia de aplicación, abre la posibilidad de incorporar en la mezcla fungicida otras sustancias que podrían tener importancia en el cultivo, por ejemplo: los fertilizantes foliares (Guzmán 1995). La fertilización foliar en banano ha sido utilizada, principalmente, en la corrección de deficiencias nutricionales de elementos medios y menores (Lahav y Turner 1992, López y Espinoza 1995). Es conocido que este tipo de deficiencias pueden predisponer las plantas a enfermedades (Marschner 1995, Huber 1997, Arauz 1998, Fageria *et al.* 2002), de acuerdo con Böckman *et al.* (1990) la capacidad de la planta para establecer defensas depende, entre otros factores, de un suficiente suministro de nutrientes para elaborar productos químicos protectores, formar barreras que limitan el avance de una infección y compensar los daños con un nuevo crecimiento.

De la fisiología tradicional, se conoce que cada elemento mineral tiene una función específica en la planta, pero hay poca información del efecto de éstos sobre agentes causales de enfermedades foliares. El Calcio por ejemplo, juega un papel muy importante en la resistencia de las plantas a enfermedades, ya que es un constituyente esencial de las paredes celulares, como pectatos de calcio (Flores 1999, White y Broadley 2003). Los pectatos de calcio incrementan la

¹ Murillo 2007. Com. Pers. CORBANA S.A.

firmeza de los tejidos y la resistencia a la degradación enzimática de la lámina media, por acción de patógenos (Bangerth 1979). Por su parte, Flores (1999), señala que la ausencia de iones Ca^{+2} hace que la pectina sea un compuesto muy soluble debilitando las paredes primarias y láminas medias de las plantas vasculares.

En cuanto al Magnesio, Bledsoe *et al.* (1946), observó una mayor incidencia de la mancha de la hoja del maní, causada por el hongo (*Mycosphaerella arachidicola* W.A. Jenk), en plantas con deficiencias de Mg, principalmente en las hojas más viejas, donde hay una menor concentración del elemento. Respecto al B y el Zn, se sabe que el primero interviene en la síntesis de lignina y fenoles simples, y el segundo, promueve la síntesis de fitoalexinas para la resistencia y tolerancia de las plantas a patógenos (Fageria *et al.* 2002).

Jiménez, *et al.* (2006) realizó pruebas *in vitro* con los micronutrientes B, Mn, Cu y Zn, para valorar su actividad sobre *M. fijiensis*; los resultados obtenidos demostraron efectos inhibitorios sobre el crecimiento del micelio del patógeno, que oscilaron entre un 30 y un 80 %, dependiendo del elemento y la concentración. Gómez y Ortiz (2006), evaluaron la fertilización foliar y al suelo con B y Zn y observaron incrementos en la producción y la calidad del cultivo del banano.

No obstante, en el cultivo del banano, se ha generado poca información de la nutrición foliar sobre la predisposición o resistencia al ataque de la Sigatoka negra, por lo tanto, la obtención de información en este campo podría ser de gran valor en el desarrollo de estrategias para un manejo más integrado de la Sigatoka negra.

1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B sobre la severidad de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción en plantas de banano.

1.2. Objetivos específicos

- 1- Determinar si las aplicaciones foliares de Ca, Mg, Zn y B contribuyen para reducir la severidad de la Sigatoka negra.
- 2- Analizar si con la aplicación foliar de Ca, Mg, Zn y B se incrementan los niveles de dichos elementos en las hojas 3 y 7.
- 3- Comparar el efecto de aplicar Ca+B y Zn+B en forma conjunta e individual sobre la severidad de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción de plantas de banano.
- 4- Evaluar si la aplicación foliar de Ca, Mg, Zn y B mejora la calidad del racimo en términos de grosor, longitud y conformación de los frutos (presencia de dedos deformes).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

Los bananos y plátanos pertenecen al género *Musa*, creado por Carlos Linneo en 1783 (Robinson 1996). Las especies del género *Musa* y subgénero *Eumusa*, están constituidos por ocho especies, de las cuales *M. acuminata* (genoma A) y *M. Balbiana* (genoma B) por cruzamientos interespecíficos originaron la mayoría de los cultivares de banano comestibles, que se caracterizan por ser partenocarpicos y estériles (Champion 1968, Robinson 1996, Daniells *et. al.* 2001).

Las plantas del género *Musa*, pertenecen a la familia de las Monocotiledóneas. El banano y plátano, se caracterizan por ser herbáceas con pseudotallos aéreos que se originan de cormos carnosos, en los cuales se desarrollan numerosas yemas laterales o "hijos". Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan el tallo (o cormo) dando origen al pseudotallo. La inflorescencia es terminal y crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie (Soto 1992).

En Costa Rica, las principales plantaciones de banano y plátano para exportación se ubican en el trópico húmedo de la Vertiente o zona del Caribe (Guzmán 2002), donde el elevado régimen de lluvias, el clima cálido y las fluctuaciones comparativamente pequeñas de la temperatura del día a la noche y del verano al invierno, son condiciones ecológicas apropiadas que favorecen el rápido crecimiento y el vigor vegetativo de estas plantas (Robinson 1996).

2.1.1. Origen y distribución

La historia del banano data de miles de años. Con frecuencia en las antiguas literaturas indú, china, griega y romanas se hace referencia al banano (Soto 1992). Los bananos y plátanos de la actualidad se originaron en el suroeste de Asia y en las regiones occidentales del Pacífico, donde todavía se encuentran

antepasados diploides endémicos en la vegetación forestal natural (Robinson 1996). Sin embargo, el origen exacto no es completamente claro (Soto 1992).

El comercio de exportación de banano para postre de América Central y el Caribe inició a mediados del siglo XIX y se desarrolló rápidamente después de la introducción de buques de carga con cámaras de refrigeración (Robinson 1996). El comercio dio inicio con el triploide Gros Michel (*Musa AAA*), que fue reemplazado por un pequeño número de cultivares triploides de *M. acuminata* (*Musa AAA*), pertenecientes al subgrupo Cavendish, de los cuales Gran Naine, Valery y Williams son las más comunes (Marín *et. al.* 2003).

El banano es cultivado en regiones tropicales por medianos y grandes agricultores, con una producción mundial concentrada en África (11 %), América Latina y el Caribe (ALC) (34 %) y en los países del Asia (54 %). Sin embargo, ALC sobresale de las otras regiones por ser responsable del 90 % de banano de exportación que demanda alta tecnología y grandes cantidades de insumos agrícolas, incluyendo obligatoriamente el uso de plaguicidas (FAO 2004).

A nivel mundial la producción es de 72.465.770 TM/año, siendo América Latina la mayor exportadora, sobresalen en orden de contribución: Ecuador, Costa Rica y Colombia. En el Caribe, los aportes más significativos los hace la República Dominicana. En Asia, el mayor exportador es Filipinas; mientras que, Camerún y Costa de Marfil lo son en África. La superficie cultivada de banano en el mundo, es de 4.439.165 ha, con aportes para la América Latina y Caribe de 1.220.010 ha. En términos de exportación, el 83 % es enviado a los mercados de América del Norte, Comunidad Europea, Japón, países de Europa Oriental y la Ex URSS (FAO 2004).

2.1.2. Importancia socioeconómica

En más de 100 países de las regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo se cultivan bananos y plátanos (Marín *et al.* 2003). En América Latina y el Caribe, este cultivo es de gran importancia como alimento y es una fuente segura de ingresos para cerca de 200 millones de personas que se benefician con el mercado local e internacional. Para muchos países esta industria es la columna

vertebral de sus economías, por tanto su mayor ingreso de divisas, además, juega un rol vital en aspectos políticos y sociales (Soto 1992, Frison y Sharrock 1998).

Del total de las exportaciones de banano solamente un 14 % se exporta al mercado internacional (Robinson 1996), no obstante, la mayoría de bananos y plátanos son producidos para la venta y el consumo local y no para el comercio mundial. En África, los bananos y los plátanos proveen más del 25 % de las necesidades energéticas de alimento para alrededor de 70 millones de personas (Frison y Sharrock 1998) ya que son una fuente dietética importante de carbohidratos, fibra, vitaminas A, B6 y C, potasio, fósforo y calcio (Ploetz 2001).

Según CORBANA S.A., para el 2006, el área ponderada en producción de Costa Rica fue de 42.790 ha. Del total de hectáreas en producción el 47 % pertenecen a fincas de transnacionales y el resto (53 %), corresponde a productores independientes. El ingreso de divisas proveniente de las exportaciones de banano totalizó US \$607.498.135 y sigue como el principal producto agrícola de exportación. Sin embargo, el grupo de propietarios es extremadamente reducido y difícilmente con opciones como ésta se logrará tender hacia algún nivel de equidad social (Bertsch 2006).

2.2. La enfermedad de la Sigatoka negra en el cultivo de banano

La Sigatoka negra, o raya negra de la hoja, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es el principal problema fitopatológico de los cultivos de banano y plátano en la Vertiente del Caribe de Costa Rica y de muchos países a nivel mundial (Marín y Romero 1992, Guzmán 2002, Marín *et. al.* 2003), donde el elevado régimen de lluvias y el clima cálido, favorecen notablemente el desarrollo de esta enfermedad (Stover 1980, Jiménez y Lhomme 1993, Guzmán 2002) que ataca las hojas de las plantas y se manifiesta como una aglomeración de rayas negras que necrosan rápidamente el tejido foliar (Meredith y Lawrence 1969).

En consecuencia, el deterioro foliar causado por la Sigatoka negra reduce el área fotosintética de las plantas, lo cual afecta el crecimiento y la productividad (Stover 1980). El peso del racimo se puede ver afectado hasta en un 50 % y la

calidad en un 100 %, en ausencia total de control de la enfermedad (Guzmán 2006), no obstante, las mayores pérdidas por calidad se deben a la maduración prematura de las frutas provenientes de racimos de plantas con poca cantidad de hojas (menos de 4 hojas sanas) (Marín *et. al.* 2003, Romero y Guzmán 2006).

2.2.1. Origen y distribución de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)

De acuerdo con Stover (1978), el centro de origen de *M. musicola* y *M. fijiensis* se ubica en las islas Salomón y Papua Nueva Guinea, desde donde el patógeno fue llevado probablemente en rizomas o en basura de hojas, a Taiwan antes de 1927 y después a Fiji, Hawaii, las Filipinas y el sudeste de Malasia.

Mycosphaerella fijiensis Morelet, fue descrita por primera vez en 1963 y se le llamó “raya negra de la hoja”, considerada como una enfermedad muy severa en las plantas de banano y plátano en la costa sudeste de Viti Levu, a 60 km del Valle de Sigatoka en las islas Fiji, donde en 1912 se informó de la primera epidemia de Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach ex Mulder) (Mulder y Stover 1976, Mourichon y Fullerton 1990).

A inicios de la década de los 70's, apareció en el Valle del Ulúa en Honduras, una enfermedad muy similar a la raya negra de la hoja (Stover y Dickson 1976, Stover 1978). Esta enfermedad fue llamada Sigatoka negra, para distinguirla de la Sigatoka (actualmente Sigatoka amarilla) que ya se encontraba en la región y se consideró como un nuevo patógeno al que se identificó como *M. fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder ex Stover, (Mulder y Stover 1976). Sin embargo, Pons (1987) examinó detenidamente colecciones típicas de *Mycosphaerella fijiensis* y de *M. fijiensis* var. *difformis* y llegó a la conclusión de que eran iguales. También Johanson y Sreenivasaprasad (1995), mediante estudios moleculares comparativos de la ITS región nuclear ribosomal DNA (rDNA) demostraron que *M.fijiensis* y *M. fijiensis* var. *difformis* eran el mismo patógeno.

En Costa Rica se observó por primera vez en 1977 en un cultivo de plátano en San Carlos y en 1979 ya se encontraba diseminado en toda el área bananera de la costa del Caribe (Mourichon y Fullerton 1990). Posteriormente, a inicios de la década de los 90's la enfermedad se dispersó rápidamente a otros países de

Norte, Centro, Sur América y el Caribe, El Salvador (1990), Cuba (1990), Venezuela (1991), Perú (1994), Jamaica (1995), Bolivia (1996), República Dominicana (1996), Brasil (1998), Florida (USA) (1999) y Haití (1999) (Carlier *et. al.* 2000).

2.2.2. Epidemiología, biología y ecología de la Sigatoka negra

El agente causal de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es un hongo Ascomycete, heterotálico, el cual se reproduce sexual y asexualmente. (Mulder y Stover 1976).

La forma asexual (anamorfa) se llama *Pseudocercospora fijiensis* y se presenta en las primeras lesiones de la enfermedad (pizcas y estrías), en el que se observa la presencia de un número relativamente bajo de conidioforos que salen de los estomas, principalmente en la superficie abaxial de la hoja. Las conidias germinan durante periodos de alta humedad relativa (92-100 % humedad relativa) (Gauhl 1989, Marín y Romero 1992).

La forma sexual (teleomorfa) se llama *Mycosphaerella fijiensis* y es la más importante en la reproducción de la enfermedad ya que produce un gran número de ascósporas (Marín y Romero 1992). En las manchas necróticas maduras se forman espermogonios y espermacios los cuales se mueven en el agua libre sobre la superficie de la hoja y fertilizan los pseudotecios en desarrollo; después de un proceso de desarrollo y maduración dan lugar a ascósporas (Stover 1980, Marín *et. al.* 2003, Pérez 2006).

Las ascósporas y las conidias, constituyen los propágulos por los cuales el patógeno durante el ciclo del hongo ocurre tanto la reproducción sexual como la asexual (Marín *et. al.* 2003). Sin embargo, *Mycosphaerella fijiensis* forma relativamente pocas conidias y por eso se cree que las ascósporas son de más importancia en el ciclo de la enfermedad (Stover 1980, Bennett y Arneson 2005).

Por efecto de la lluvia y el agua libre sobre las hojas, las ascósporas maduras son liberadas al viento y depositadas principalmente en la hoja “cigarro” o “candela” y en las cuatro hojas más jóvenes (Mulder y Stover 1976). Después de la germinación de las ascósporas o conidios y la penetración de la hifa a través de

los estomas inicia un proceso de infección caracterizado por la aparición de seis estados de desarrollo de los síntomas de la enfermedad (tres de raya, uno de transición y dos de mancha) (Meredith y Lawrence 1969).

Gauhl (1989), estudió sobre los hospederos de esta enfermedad y solamente en las dos especies *Musa acuminata* y *M. balbisiana* (sección Eumusa) se pudo demostrar la presencia de Sigatoka negra. En todos los otros casos, el resultado fue negativo. Por ejemplo: las especies *Musa ornata*, *M. velutina*, *Heliconia psittacorum*, *H. "Goleen Torch"*, *Strelitzia reginae* y *Alpinia purpurata* fueron plantadas en marzo de 1985 en Waldeck, en cercanía inmediata de una plantación de plátanos fuertemente atacada. Estas plantas fueron observadas regularmente, pero hasta setiembre de 1986 no se pudo demostrar la presencia de Sigatoka negra en ellas (Gauhl 1989). Sin embargo, este resultado difiere de los señalado por Gasparotto *et. al.* (2005) quienes comprobaron la presencia de Sigatoka negra en hojas de *Heliconia psittacorum*.

2.2.3. Importancia económica de la Sigatoka negra

Numerosas enfermedades fungosas, bacterianas y virales afectan las musáceas, pero sin duda la que mayor impacto socioeconómico ha tenido mundialmente es la Sigatoka negra (Pérez *et. al.* 2003, Romero y Guzmán 2006). La presencia de la Sigatoka negra en la mayoría de las regiones productoras de banano a escala mundial ha ocasionado graves pérdidas en rendimiento y reducción del área cultivada, ya que ha modificado el manejo de las plantaciones, principalmente los programas de aspersion de fungicidas (Marín *et. al.* 2003, Guzmán 2006).

Por consiguiente, se estima que el combate de Sigatoka negra ocupa entre un 35 a 50 % del total de los costos de producción del cultivo de banano, lo cual representa entre 1.200 a 2.000 dólares anuales por hectárea¹. Guzmán (2006), recopiló información de otros autores y mencionó algunos ejemplos del impacto de la enfermedad en la producción de bananos y plátanos de AL y el Caribe, los cuales se presentan el Cuadro 1.

¹Murillo 2007. Com. Pers. CORBANA S.A.

Cuadro 1. Algunos ejemplos del impacto de la Sigatoka negra en la producción de bananos y plátanos en países de América y el Caribe.

País	Año	Impacto	Referencia
Honduras	1973	10-20 % de racimos de banano con maduración prematura en 1.200 ha	Stover y Dickson 1976
Costa Rica	1979-1980	Pérdidas de más de 3.000 ha de plátano en la zona de San Carlos	González y Jaramillo 1979
Panamá	1979-1984	Producción de plátano decreció en un 69 %	Bureau 1990
México	Inicios de 1980's	Desaparición de 2.000 ha de banano en el estado de Tabasco	Orozco-Santos <i>et.al.</i> 1996 Orozco-Santos <i>et.al.</i> 2001
Costa Rica	1980-1986	Disminución de un 40 % de la producción de plátano	Romero 1986
Colombia	1991	Disminuyó la producción de plátano y aumentó mucho su precio	Belalcazar 1991
México	1989-1991	Reducción de un 50 % de la superficie cultivada de banano (5.000 ha) en el estado de Colima	Orozco-Santos <i>et.al.</i> 1996 Orozco-Santos <i>et.al.</i> 2001
Cuba	1991-1992	El costo de control se incrementó 300-400 %	Pérez <i>et.al.</i> 2003
Cuba	1990-2003	Reducción del 85 % del área cultivada con Cavendish. Cambio de variedades.	Pérez <i>et.al.</i> 2003
Venezuela	1997-2000	Aumentó en un 40-45 % los costos de producción	Martínez <i>et. al.</i> 2002
Brasil	2000-2002	Pérdidas de 50-100 % de la producción y cambio de variedades	Gasparotto 2003 (Com. pers)

Tomado de Guzmán, 2006.

2.2.4. Manejo de la Sigatoka negra

Guzmán (2006), señaló la necesidad de emplear estrategias de manejo más integradas y de alternativas de combate químico más sostenibles para en control de la Sigatoka negra, de menor costo e impacto ambiental. A continuación se describen brevemente las principales formas de combate de la Sigatoka negra:

2.2.4.1. Combate químico

La principal estrategia de combate de la Sigatoka negra en plantaciones comerciales de banano es con fungicidas (Romero 1997), pero su efectividad se ha visto limitada por el desarrollo de resistencia en el patógeno a los principales fungicidas sistémicos (Romero 2006) y por el alto costo que éste significa, principalmente para los pequeños productores de banano y plátano (Guzmán 2006).

El control químico ha sido llevado a cabo con el uso de fungicidas protectores (mancozeb y clorotalonil) y sistémicos (benzimidazoles, triazoles, morfolinas y estrobilurinas) en suspensión acuosa, en emulsiones de aceite y agua o en mezcla directamente con aceite mineral solo (Pérez 2006b). Como parte de la

estrategia utilizada para retrasar la resistencia del hongo se han utilizado mezclas de mancozeb y fungicidas sistémicos (Marín *et. al.* 2003).

El aceite mineral se utiliza como un complemento coadyuvante de los fungicidas en el combate químico de la Sigatoka negra, ya que facilita la penetración, distribución y permanencia de los sistémicos en la hoja y actúa como agente fungistático en el control de la enfermedad (Romero 1992).

También, se ha evaluado con el inductor de resistencia Boost[®] (acibensolar-s-metílico) para el manejo de la Sigatoka negra en plantaciones comerciales de bananos Cavendish y en éste se ha visto, como una buena alternativa en las regiones mas lluviosas de América Central, principalmente Costa Rica (Guzmán 2006).

2.2.4.2. Combate biológico

El control Biológico de *M. fijiensis* ha recibido poca atención porque los controles químicos han sido altamente efectivos y están ampliamente disponibles a los productores comerciales, sin embargo, el desarrollo de esporas de *M. fijiensis* menos sensitivas o resistentes a fungicidas sistémicos y el incremento en la demanda de medidas de control seguras para el medio ambiente, ha incrementado en la última década el interés de encontrar alternativas biológicas de control de Sigatoka negra (Marín *et. al.* 2003).

La lucha biológica comprende desde el uso de antagonistas microbianos que pueden basar su acción en antibiosis, inducción de resistencia sistémica adquirida (SAR), el parasitismo, competencia por nutrientes, entre otros (Pérez 2006b). Villalta y Guzmán (2006), evaluaron una formulación de *Bacillus subtilis* (Serenade[®]) para el control biológico de la Sigatoka negra en banano los resultados evidenciaron algún potencial del fungicida biológico, en mezcla con mancozeb y aceite mineral pero los mismos autores recomendaron realizar más estudios para optimizar su efecto.

2.2.4.3. Variedades resistentes

Las variedades resistentes se practican solamente como un método de control a pequeña escala para pequeños agricultores, quienes no pueden

permitirse a menudo el uso de fungicidas. Toda la producción de bananos para fruta fresca ofrecida en el mercado pertenecen al subgrupo Cavendish y éstos son altamente susceptibles a la Sigatoka negra. Crear nuevas variedades de bananos Cavendish no es posible por la esterilidad femenina de todos los cultivares de este grupo (Marín *et. al.* 2003, Bennett y Arneson 2005).

Otro método utilizado en la actualidad es la creación de clones resistentes vía transgénesis, sin embargo, las perspectivas futuras del uso comercial de estos clones dependerá en gran medida de los cambios de la percepción pública sobre el consumo de alimentos procedentes de plantas transgénicas y de la información futura que se genere sobre la inocuidad para el consumo humano (Pérez 2006a).

2.2.4.4. Combate cultural

Este es uno de los métodos más importantes en el manejo de enfermedades (Orozco-Santos y Orozco-Romero 2006), pues consiste en llevar a cabo una serie de prácticas con el propósito de favorecer el crecimiento del cultivo y aumentar su rendimiento, bien sea manipulando la planta misma o el ambiente en que ella crece (Arauz 1998).

En el caso del patosistema banano-Sigatoka negra, el control cultural es una parte fundamental en el manejo de la enfermedad (Marín y Romero 1992, Marín *et. al.* 2003). Dentro de un programa de manejo integrado de la enfermedad se han sugerido numerosas prácticas, entre ellas, la práctica más importante para reducir la fuente de inóculo (tejido en esporulación) es la remoción de hojas afectadas o porciones de éstas. Esta labor se conoce como deshoje, deshojarasque, poda, despunte o cirugía (Pérez 2006a).

Guzmán y Villalta (2006), confirmaron la ventajas del deshoje fitosanitario detallado y demostraron que el apilamiento en montículos con aplicación de urea, como práctica adicional, es efectiva para reducir la presión del patógeno dentro de las plantaciones.

Asimismo, el manejo agronómico del cultivo ayuda a reducir las condiciones favorables (humedad) para el desarrollo de Sigatoka negra e incrementar el vigor de las plantas. Dichas prácticas incluyen el manejo de la densidad de la plantación, sistemas de drenaje, métodos de riego, control de malezas,

fertilización química fertilización biológica (micorrizas y bacterias del género *Azospirillum*) y control de nemátodos (Orozco-Santos *et. al.* 2006). Por lo tanto, las alternativas de manejo son distintas para los diferentes escenarios climático-epidemiológicos y sistemas de producción (Pérez 2006b).

La nutrición como parte del control cultural es esencial debido a que, cuando hay un balance inadecuado de nutrientes en las plantas se producen bajas tasas de emergencia de hojas y se deprimen mecanismos importantes de control de enfermedades (Pérez 2006a), propiciando el desarrollo de la Sigatoka negra, la cual está estrechamente relacionada con el crecimiento de la planta hospedera (Orozco-Santos y Orozco-Romero 2006).

2.3. La fertilización foliar: bases teóricas, absorción foliar de solutos, traslocación, sales, compuestos orgánicos e importancia agronómica

Bases teóricas: Las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de compuestos nutritivos solubles en agua, de una manera mas rápida que por el método de aplicación al suelo. Los nutrimentos penetran en las hojas a través de los estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos (Salas 2002a).

Gutiérrez (2002), menciona que la capacidad de las hojas de las plantas (cultivadas) para humedecerse y realizar absorción foliar de agua y solutos es aun debatida. La evidencia a favor de un papel de las hojas en la captura de agua y minerales es considerable y los estudios agronómicos indican que las hojas pueden actuar como superficies para la absorción de fertilizantes foliares y muchos otros productos sistémicos. La efectividad varía con la especie y las sustancias involucradas y la duración del proceso de absorción fluctúa en un amplio rango.

Por lo tanto, es factible alimentar las plantas por vía foliar, en particular cuando se trata de corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de los

elementos mayores (N, P, K), actualmente se reconoce que la nutrición foliar solamente puede complementar y en ningún caso sustituir la fertilización al suelo (Salas 2002b, Molina 2002a). Esto se debe a que las dosis de aplicación que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas, en relación con los niveles de fertilización utilizados por los cultivos para alcanzar altos niveles de productividad (Romheld y El-Fouly 2002).

Traslocación: La penetración de nutrimentos en la superficie de las hojas y demás partes aéreas de las plantas, esta regulada por las propiedades anatómico-estructurales y fisiológicas de la plantas, (Salas 2002a). Es decir, la estructura y composición de la cutícula, la presencia de ectocitodos o ectodesmos en la pared celular y la constitución de la membrana celular, constituyen las principales barreras a la absorción foliar de solutos (Malavolta 1994).

También, factores externos tales como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como la temperatura, humedad relativa, precipitación y viento afectan la inserción de nutrimentos a través de la hoja (Malavolta 1994).

En general, la traslocación de solutos por medio del humedecimiento del tejido foliar, da inicio a través de la penetración cuticular de solutos por difusión, así los materiales polares utilizan rutas acuosas, mientras que los no polares vías lipoidales. El siguiente paso de nutrientes es a través de la pared celular, que debido a la naturaleza hidrofílica de sus componentes no ofrece impedimento al paso de iones, mas aun, debido a los espacios que se forman en la red de celulosa, permite la libre difusión vía apoplástica de los mismos. Por ultimo, la permeabilidad de las membranas celulares, que debido a la naturaleza apolar de las membranas es posible considerar la existencia de “poros lipofílicos” que faciliten el paso de moléculas con alto grado de solubilidad en solventes orgánicos (Malavolta 1994).

Una vez dentro de la planta, no es claro el mecanismo de transporte de iones desde la epidermis hasta los tejidos vasculares, puesto que los

conocimientos que se disponen derivan del movimiento de fotoasimilados (Segura 1993).

Sales y compuestos orgánicos: Las fuentes de fertilizantes foliares se pueden dividir en dos grandes categorías: sales minerales inorgánicas y quelatos naturales y sintéticos, que incluye complejos naturales orgánicos (Molina 2002b).

Las sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. Estos últimos son las fuentes más utilizadas debido a su alta solubilidad en agua y su menor índice salino en comparación con los cloruros y nitratos, por lo que hay menos riesgo de quema del follaje (Molina 2002b).

Los quelatos son compuestos orgánicos de origen natural o sintético y que pueden combinarse con un catión metálico y lo acomplejan, formando una estructura heterocíclica. Los quelatos para la utilización de fertilizantes foliares pueden dividirse en tres categorías: sintéticos (EDTA), orgánicos de cadena corta (ácido cítrico, ascórbico y tartárico) y orgánicos naturales (poliflavonoides, lignosulfatos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, polisacáridos, etc.) (Bertsch 1998).

En la actualidad, además de las sales y quelatos comúnmente utilizados, también se utilizan diversos tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Existen otros más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas y ácidos húmicos, los cuales contienen los componentes anteriormente citados pero en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos (Saborío 2002).

Importancia agronómica: La fertilización foliar ha sido utilizada como un medio para suplir nutrimentos, hormonas, bioestimulantes y otras sustancias benéficas para las plantas. Por lo tanto, la fertilización foliar como complemento a la fertilización al suelo, puede maximizar el aprovechamiento de nutrimentos por parte del cultivo y con ello mejorar la calidad de las cosechas, sin embargo, debe ser mejor estudiada y utilizada con objetivos específicos (Segura 2002).

2.4. Nutrición del cultivo del banano

El cultivo de banano, por ser altamente eficiente y producir una gran cantidad de biomasa en un corto periodo de tiempo, requiere un adecuado suministro de nutrimentos que pueden ser aportados en parte por el mismo suelo y por residuos de cosecha el resto, pero resulta indispensable, para obtener cosechas económicas rentables, agregar fertilizante en cantidades y proporciones por lo menos iguales o equivalentes a los nutrimentos extraídos por la cosecha (Soto 1992). Por medio de esta práctica agronómica se logra una adecuada nutrición que contribuye a que el racimo reúna las mejores características, tanto en calidad como en peso del racimo (Vargas y Solís 1999, Espinosa y Mite 2002).

2.4.1. Importancia de la fertilización en la productividad y calidad del banano

Una adecuada nutrición mineral favorece el crecimiento y desarrollo de la planta, los cuales son el producto de complejos mecanismos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración que permiten la formación de carbohidratos, proteínas y otros compuestos que finalmente constituyen el fruto (Flores 1999).

El banano toma más nutrimentos por hectárea que casi cualquier otro cultivo comercialmente importante en el mundo. En una plantación de rendimiento promedio se cosechan al menos 50 t de fruta/ha/año y en plantaciones de alta productividad este valor puede alcanzar 70 t/ha/año (Lahav y Turner 1992). Si se considera la alta concentración de elementos minerales en el racimo, se puede concluir que una producción de 70 ton/ha/año puede fácilmente remover en la fruta: 400 kg/ha/año de potasio (K), 125 nitrógeno (N), 15 de fósforo (P), 10 de calcio (Ca), 20 de magnesio (Mg), 14 de azufre (S), 0,7 de zinc (Zn), 1 de boro (B), 0,3 de cobre (Cu), 1,2 de hierro (Fe) y 0,7 de manganeso (Mn). Estos elementos minerales deben ser repuestos, mediante un buen programa de fertilización, para mantener un buen nivel de producción (Lopez y Espinoza 1995).

Debido a lo anterior, al ser esenciales, la carencia de alguno de estos elementos pueden afectar el desarrollo de una planta. Cada uno tiene su papel a desempeñar, ya sea por si solo o en conjunto, según las funciones que el mismo tenga en la planta. La importancia relativa que se le da a un determinado

nutrimento, muchas veces se refiere a la cantidad que utiliza la planta para su desarrollo (Soto 1992).

2.4.2. Posibilidades de uso de la fertilización foliar para la nutrición del banano

En la nutrición del banano se realizan ciclos continuos de fertilización al suelo para suplir las necesidades nutricionales de la planta y obtener altos rendimientos. La posibilidad de complementar la nutrición de este cultivo con fertilizantes foliares todavía es debatida, mas aún, si se considera la gran variedad de productos que ofrece el mercado y la falta de investigación (Lahav y Turner 1992, López y Espinoza 1995; Delvaux 1995).

La aplicación de fertilizantes foliares en banano se realiza junto con la mezcla fungicida utilizada en el combate de Sigatoka negra, aprovechando la frecuencia de aplicación y la infraestructura presente (Guzmán 1995). De manera que un requisito necesario para el uso de una fuente foliar, además de su efectividad, es que sea compatible con la mezcla fungicida, que normalmente contiene aceite mineral. En general, las sales y quelatos se prefieren aplicar con fungicidas protectores para evitar problemas de incompatibilidad que ocurren con los sistémicos.

La fertilización foliar en banano se inició a principios de los 90 con aplicaciones de Zn, poco después de la sustitución de fungicidas protectores como el mancozeb por el uso de sistémicos como el benomil y triazoles que no contienen Zn (Molina 2002a). Gómez y Ortiz (2006) aplicaron B y Zn foliar y demostraron que ambos elementos aplicados foliarmente optimizan la producción del cultivo del banano y hacen mas eficientes las aplicaciones de N-P-K al suelo.

2.5. Importancia del Ca, B, Mg y Zn en la nutrición y metabolismo de las plantas

Calcio: Bangerth (1979), señala cuatro funciones biológicas del Ca que pueden ser asociadas con el desarrollo de desórdenes en la fisiología de las

plantas: (a) efecto sobre las membranas, (b) efecto sobre las enzimas, (c) efecto sobre la pared celular e (c) interacciones Ca-fitohormonas.

No obstante, el Ca participa activamente en la formación de las paredes celulares donde se encuentra como pectáto cálcico. También, ayuda a mantener la integridad de la célula y la permeabilidad de la membrana celular, favorece el crecimiento y la germinación del polen, activa gran cantidad de enzimas que intervienen en la mitosis, división y elongación celular. Este nutrimento es inmóvil dentro de la planta y es absorbido por la planta como ion Ca^{2+} (Bertsch 1998, Molina 2002a, White y Broadley 2003).

Días *et. al.* (2006), encontraron que las aplicaciones de nitrato de calcio en dosis de 200 a 400 kg/ha/año en épocas de verano y bajo suministro de agua, contribuyen de manera significativa a la disminución de la mancha de madurez de la cáscara de los frutos en la parte superior de los dedos de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine).

Según estudios realizados por Vargas y Solís (1999), la deficiencia de Ca en plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) causó la deformación de la hoja más joven abierta, la cual presentó adicionalmente un engrosamiento de sus nervaduras y la formación de áreas translúcidas perpendiculares a la vena central. La hoja candela presentó necrosis y detuvo su desarrollo. Su deficiencia también disminuye el crecimiento de la planta y del sistema radical.

Magnesio: El Mg es importante en la vida de los vegetales por su presencia en el centro de la molécula de clorofila (sin Mg la fotosíntesis no podría realizarse). Además, funciona como activador del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e interviene también en el transporte de los fosfatos. Estabiliza las partículas de ribosomas en la configuración para la síntesis de proteínas (Bertsch 1998). El Mg es un elemento móvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como catión Mg^{2+} . Vargas y Solís (1999), señalan que la deficiencia de Mg en plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) se caracteriza por la presencia de una decoloración marginal en las hojas adultas. En la zona clorótica se observaron lesiones necróticas, sin forma definida y rodeadas de un halo amarillento.

Zinc: El Zn actúa principalmente como componente metálico de una serie de enzimas. Las enzimas más importantes sobre las que actúa este elemento son las anhidrasa carbónica, algunas deshidrogenasas, proteinasas y peptidasas. Por ello, cierto número de deshidrogenasas muestra sensibilidad a la deficiencia de Zn, de forma tal que el metabolismo puede ser fuertemente afectado y de manera específica (Price, *et. al* 1983). La carencia de Zn restringe la síntesis de ARN, lo cual a su vez inhibe la síntesis de proteínas. Además, interviene en la síntesis de auxinas, que son sustancias reguladoras de crecimiento (Bertsch 1998).

Boro: A pesar del reconocimiento universal de que el B es esencial para plantas superiores, aun no ha sido establecido un papel bioquímico esencial para este elemento (Price *et. al.* 1983, Bertsch 1998). El B afecta muchos procesos en forma indirecta. Interviene en transporte de azúcares a través de las membranas. Participa en la diferenciación y desarrollo celular, en el metabolismo del N, en la absorción activa de sales, en el metabolismo hormonal, en las relaciones hídricas, en el metabolismo lipídico y de ligninas, en el metabolismo del P y en la fotosíntesis (Bertsch 1998).

2.5.1. Funciones del Ca, Mg, Zn y B en la defensa natural de las plantas contra enfermedades

Los nutrimentos minerales constituyen un factor importante del ambiente involucrado en la enfermedad, porque la nutrición de la planta determina, en gran medida, la resistencia o susceptibilidad, así como la virulencia y la capacidad de los patógenos para sobrevivir. La severidad de la mayoría de las enfermedades de plantas puede ser reducida por mejoras en el manejo de la nutrición mineral (Huber 1997).

En el banano, el manejo óptimo de la fertilización es necesario para proporcionar los balances de los elementos y mantener los niveles de productividad. La aportación adecuada de calcio, magnesio y potasio, así como una relación adecuada de nitrógeno-potasio permite obtener plantas vigorosas y no favorecer el desarrollo de la Sigatoka negra.¹

¹ Serrano 2007. Com. Pers. CORBANA S.A.

Respecto al Ca, los iones de este nutriente podrían estar involucrados en la traducción de algunas señales emitidas por las oligosacarinas. Las oligosacarinas son pequeños fragmentos de pared celular que participan en el control del crecimiento, desarrollo y reproducción vegetal, así como en la defensa contra el ataque de patógenos, promoviendo la síntesis de fitoalexinas en las plantas superiores (Flores 1999). Romheld y El-Fouly (2002), mencionan que aplicaciones foliares de calcio durante el crecimiento del fruto de manzana y tomate evita los problemas de calidad de fruto comunes en estos cultivos.

Fageria *et. al.* (2002), señalan que cantidades suficientes de Boro en las plantas reduce la incidencia y severidad de enfermedades, mientras que la deficiencia de B lo incrementa. Por ejemplo, *Fusarium* en frijoles, tomate y algodón, infecciones del hongo *Rhizoctonia* en frijol y arveja, virus de mosaico de tabaco en tomate y frijol, y virus de rizo de hoja amarilla en tomate aumentaron cuando las plantas tuvieron insuficiencia de B. Algunos ejemplos de enfermedades reducidas mediante aplicaciones de nutrimentos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Algunos ejemplos de enfermedades reducidas mediante aplicaciones de nutrimentos.

Elemento	Planta	Patógeno	Enfermedad
Calcio	Papa	<i>Erwinia carotovora</i>	Pudrición blanda
	Frijol	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnosis
	Frijol	<i>Thanatephorus cucumeris</i>	Mustia hilachosa
	Naranja	<i>Alternaria citri</i>	Pudrición del fruto
	muchos	<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición radical
Magnesio	Papa	<i>Erwinia carotovora</i> subs. <i>atroseptica</i>	Pudrición blanda
	Arroz	<i>Cochliobolus</i> sp.	Mancha parda
Zinc	Cebolla	<i>Sclerotium cepivorum</i>	Pudrición blanda
	Tomate	<i>Phytophthora infestans</i>	Tizón tardío
	Sorgo	<i>Sphacelotheca sorghi</i>	Carbón cubierto
	Mandarina	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	Pudrición radical
Boro	Frijol	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Pudrición radical
	Cereales	<i>Erysiphe graminis</i>	Mildiú polvoso
	Tomate	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Marchitez
	Trigo	<i>Puccinia</i> spp.	Varias royas

Tomado de Arauz, 1998.

Por lo tanto, la relación entre la fertilización y las enfermedades de la plantas es compleja y varía según la planta y elemento patógeno. Una fertilización oportuna y equilibrada constituye una medida de apoyo en la protección de los cultivos, en tanto que los excesos pueden ser perjudiciales (Böckman *et. al.* 1990).

2.5.1.1. Ejemplos de la relación nutrición - enfermedad en diferentes patosistemas

Huber (1997), menciona que patógenos tales como *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (podrición de la corona y raíz de cereales) y *Pyricularia grisea* (quema del arroz), que son capaces de oxidar Mn a la forma Mn^{+4} , la cual no es fisiológicamente disponible para la planta en el umbral de infección, bloquean las reacciones defensivas de la planta contra la penetración del hongo. La resistencia a estas enfermedades está asociada con mayor eficiencia en la absorción de nutrimentos y con insensibilidad a las enzimas oxidativas del hongo, de manera que la suficiencia mineral fisiológica continúe disponible para que las reacciones defensivas detengan la invasión del hongo.

Datnoff y Rodríguez (2005), observaron una reducción significativa en severidad de la mancha marrón (*Cochliobolus miyabeanus*) en plantas de arroz después del uso de silicato del calcio en un Histosol deficiente de Silicio en la Florida meridional.

Silveira *et. al.* (1996), evaluaron la relación entre la deficiencia de Boro en plantíos de eucalipto, principalmente en suelos arenosos, asociado al ataque de patógenos secundarios como *Botryosphaeria ribis* y *Lasiodiplodia theobromae*. Se notó una menor agresividad de los hongos en plantas con concentraciones de 30 a 35 ppm de Boro en las hojas superiores e inferiores.

2.5.1.2. Efecto de la nutrición en el desarrollo de la Sigatoka negra y amarilla

La nutrición, como parte de las estrategias de combate para un manejo integrado de la Sigatoka negra y amarilla, debe ser bien manejada, no solo para favorecer la eficacia de las estrategias de combate, sino también para optimizar las condiciones de cultivo (Marín y Romero 1992, Nava y Villarreal 2000).

Investigaciones en plátano, realizados por Bolaños *et. al.* (2002), muestran que la fertilización completa (orgánica, biológica y química), más el manejo integrado (deshoje fitosanitario y químico bajo preaviso) de la Sigatoka, repercute con efectos positivos sobre el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano y mantiene en niveles tolerables la incidencia y la severidad de las Sigatokas.

García y Mora (2006), cuantificaron la respuesta del banano a la aplicación de Ca hidrosoluble al suelo y su efecto sobre la incidencia de la Sigatoka negra. Sus resultados mostraron un menor grado de severidad cuando se aplica 351 kg/ha de CaO fraccionado en nueve aplicaciones por año.

Por otro lado, Gómez y Ortiz (2006), realizaron estudios de la fertilización foliar y al suelo con B y Zn que mostraron un efecto en la producción y la calidad del cultivo del banano, lo cual resultó en respuestas positivas significativas al mejorar el rendimiento neto de banano en t/ha y a reducir la pérdida de fruta en poscosecha principalmente por dedos deformes y curvos.

No obstante, en el cultivo del banano, se ha generado poca información del efecto de la nutrición foliar sobre la predisposición o resistencia al ataque de la Sigatoka negra y la obtención de información en este campo podría ser de gran valor en el desarrollo de estrategias para un manejo sostenible de la Sigatoka negra.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El experimento se realizó en el Centro de Investigaciones Agrícolas La Rita de CORBANA S.A.; ubicado en el distrito de La Rita, cantón Pococí, de la Provincia de Limón, Costa Rica. El centro de investigación está a 111 msnm, localizado a 10.27° norte de latitud y 83.78° oeste de longitud.

3.2. Periodo experimental

El experimento inició en noviembre de 2006 y finalizó en el mes de noviembre de 2007. Durante ese lapso se registraron en la estación meteorológica del Centro de Investigaciones Agrícolas La Rita, 3214,60 mm de lluvia, la temperatura promedio, mínima y máxima fue de 24, 21 y 29 °C respectivamente y la humedad relativa promedio mínima y máxima de 87, 67 y 97 % respectivamente.

En el Anexo 1 se registran los datos climáticos de la estación meteorológica del Centro de Investigaciones Agrícolas La Rita de los años 2003 a 2006.

3.3. Tratamientos

Se evaluaron programas de fertilización foliar fraccionados en 26 ciclos por año, de los elementos Ca, Mg, Zn y B. Las cantidades aplicadas y el detalle de los tratamientos se describe en el Cuadro 3.

Antes de iniciar el experimento se tomaron muestras de suelo en cada parcela experimental para un análisis químico (Anexo 2). El experimento contempló fertilización base al suelo para todos los tratamientos que consistió de N – P₂O₅ – K₂O – S (350 – 100 – 500 – 90 kg/ha/año respectivamente) fraccionado en ciclos cada 22 días, excepto el P₂O₅ que se realizó en dos partes: la primera al inicio y la segunda a las 12 semanas (Anexo 3).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados, del producto comercial y del elemento puro por hectárea en los diferentes tratamientos para el estudio de la relación entre la nutrición foliar de la planta, la severidad de la Sigatoka negra, el crecimiento y la producción del banano.

Tratamientos ⁴	Producto comercial/ha ¹		Elemento puro/ha ³		
	PC/año/ha (kg ó L)	PC/ciclo/ha (g ó ml)	EP/año/ha (kg)	EP/ciclo/ ha (g)	
T-1	Testigo ²				
T-2	Calcio	18,20 L	700,00 ml	1,29 kg	49,70 g
T-3	Boro	11,43 kg	439,56 g	0,35 kg	13,45 g
T-4	Magnesio	12,50 L	480,77 ml	0,60 kg	23,07 g
T-5	Zinc AA	10,00 kg	384,62 g	2,00 kg	76,92 g
T-6	Zinc EDTA	13,33 kg	512,82 g	2,00 kg	76,92 g
T-7	Zinc + Boro	23,53 kg	904,98 g	2,00 kg + 0,35 kg	76,92 g + 13,45 g
T-8	Calcio + Boro	18,20 L + 11,43 kg	700,00 ml + 439,56 g	1,29 kg + 0,35 kg	49,70 g + 13,45 g

1/para más detalle de los productos comerciales ver cuadro 4. Las cantidades se fraccionaron en 26 ciclos por año.

2/no se aplican fertilizantes foliares solo fungicidas y aceite mineral.

3/conversión del compuesto en forma de óxido a elemento puro.

4/todos los tratamientos recibieron una fertilización base al suelo que consistió de 350 N, 100 P₂O₅, 500 K₂O y 90 S kg/ha/año.

3.3.1. Fertilizantes foliares evaluados

Se evaluaron fertilizantes foliares de la compañía SERACSA: Foliveex Ca 10% L AA[®], Foliveex B Plus 17,5 %[®], Foliveex Mg 8% L AA[®], Foliveex Zn 20% AA[®], Foliveex Zn 15% EDTA[®], Foliveex Zn – B 17% (AF)[®]. El tratamiento que corresponde a Calcio + Boro (T-8) se formó al mezclar Foliveex 17,5 %[®] + Foliveex Ca 10% L AA[®]. La composición detallada de estos fertilizantes se indica en el Cuadro 4. Las aplicaciones de los foliares se realizaron siempre en mezcla con el fungicida mancozeb (Dithane 60 SC[®] 1,75 - 2 L p.c ha⁻¹ Dow AgroSciences) y en emulsión con aceite mineral (Spraytex[®] M, 5 – 7 L/ha).

Cuadro 4. Composición de los fertilizantes foliares evaluados

Fertilizante foliar	Composición ¹
Foliveex Ca 10% L AA [®]	CaO 10 %, N 6 %, AA 5 % p/v
Foliveex B Plus [®]	B (H ₃ BO ₃) 17,5 % , AA 1,5 % p/p
Foliveex Mg 8% L AA [®]	MgO 8 %, S 6,5 %, AA 5 % p/v
Foliveex Zn 20% AA [®]	Zn 20 %, S 10 %, AA 10 % p/p
Foliveex Zn 15% EDTA [®]	Zn 15 %, S 8,5 %, 1,5 % AF p/p
Foliveex Zn + B (AF) [®]	Zn 8,5 %, B (H ₃ BO ₃) 8,5 %, S 4 %, AF 1,5 %, p/p.

1/información suministrada por la casa comercial.
(AA): Aminoácidos. (AF): Ácidos Fúlvicos.

3.3.2. Mediciones de la estabilidad física y pH de las mezclas de los fertilizantes foliares con el fungicida Dithane 60 SC[®]

Antes de iniciar las aplicaciones en campo, se realizaron pruebas de compatibilidad física (estabilidad de las mezclas) entre los fertilizantes foliares y el fungicida Dithane 60 SC[®] (mancozeb). La emulsión se preparó con 0, 5 y 7 L/ha de aceite agrícola, (Spraytex[®] M, Texaco). Como emulsificante se utilizó Plantox 96 TC[®] (SERACSA) al 1% del volumen de aceite.

Las emulsiones de los fertilizantes foliares se prepararon de la siguiente forma: Aceite + emulsificante: agitación por 2 minutos + 1/2 partes de agua: agitación 2 minutos + fungicida: agitación por 5 minutos + fertilizante foliar + 1/2 partes de agua. Para la agitación de las mezclas se utilizó un mezclador “Lightnin General Purpose Model GI”, con una velocidad de mezclado de 1.800 rpm, equipado con una propela tipo estándar.

Una vez preparadas las emulsiones, se transfirieron a probetas de vidrio de 1.000 ml y se evaluó su comportamiento físico en el tiempo, a través de la observación de estabilidad de la mezcla. A diferentes tiempos pospreparación; 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 minutos, respectivamente, se estimó el volumen de la capa inferior (en caso de producirse separación). Utilizando la escala de la probeta y

con base en el volumen estimado, se calculó el porcentaje de separación a través del tiempo.

También, a las mezclas se les midió el pH (con un peachímetro electrónico) así como al agua utilizada en su preparación para compararla con el pH de las mezclas.

3.3.3. Experimento en campo

3.3.3.1. Unidad experimental

Se utilizaron hijos (tipo rebrote) de la tercera generación de plantas madre del cultivar Grande Naine (*Musa AAA*) obtenidas originalmente por cultivo *in vitro* de ápices. Las plantas se distribuyeron en hileras paralelas (3,34 m entre plantas y 1,0 m entre hileras) en un sistema de siembra tresbolillo lo que permite un desarrollo normal de las plantas y una movilización apropiada del equipo de aplicación (Fig. 1).

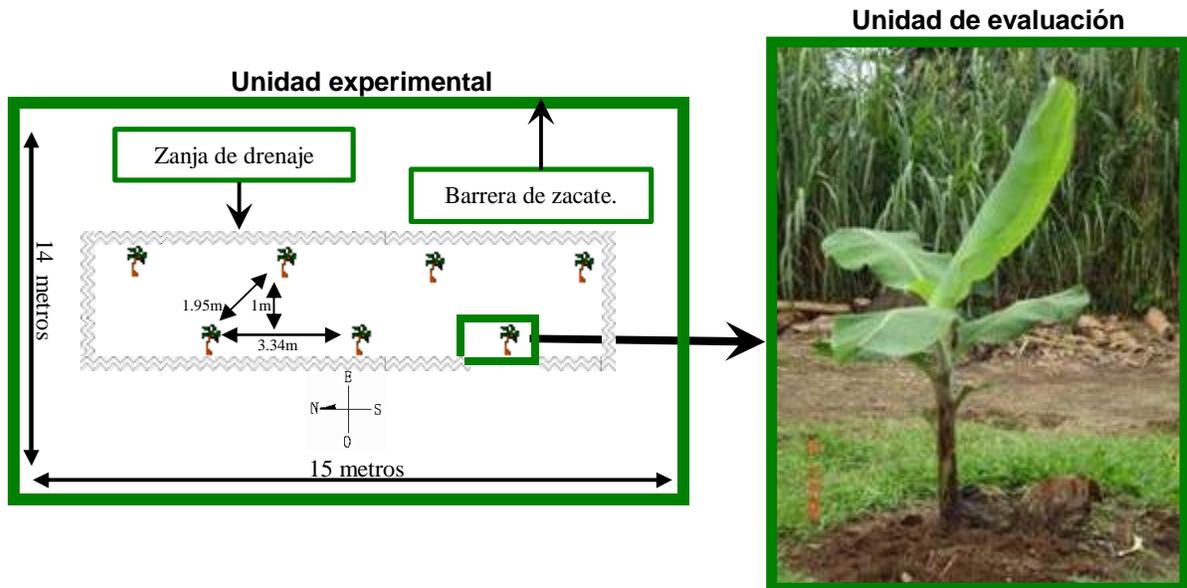


Figura 1. Diseño de la unidad experimental y detalle del tipo de plantas (rebrote) utilizado en el experimento. En el fondo se aprecia la barrera de zacate gigante que dividió las unidades experimentales.

3.3.3.2. Diseño experimental

Cada tratamiento constó de 3 repeticiones, cada repetición es una parcela con 7 plantas útiles. Las parcelas están separadas entre si y entre bloques por barreras de zacate Gigante (*Pennisetum* sp) que reduce la interferencia entre los tratamientos. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de Bloques Completos al Azar (Anexo 4).

3.3.3.3. Aplicación de los fertilizantes foliares en campo

Las aplicaciones se realizaron con una bomba de espalda de motor (Sthil® SR-420) equipada con un nebulizador, a un volumen de aplicación de 30 L/ha. Cada tratamiento, previamente preparado, se depositó en el tanque de la bomba (Fig. 2A), seguidamente se aplicó en las parcelas correspondientes al tratamiento considerando el tiempo efectivo de aspersion por parcela (22 a 26 segundos) (Fig. 2B). Una vez aplicado el tratamiento se midió el volumen sobrante para corroborar que el aplicador y la bomba estaban bien calibrados (Fig. 2C), por último se colectó el sobrante y se enjuagó bien la bomba y las mangueras y tuberías para proseguir con el tratamiento siguiente (Fig. 2D). Las aplicaciones de los foliares se realizaron en intervalos de dos semanas.



Figura 2. Procedimiento utilizado para la aplicación de los fertilizantes foliares en las parcelas experimentales. (A) adición de la mezcla de fungicida + fertilizantes foliar al tanque de la bomba, (B) aspersión del tratamiento a las plantas, (C) medición del sobrante y (D) enjuague del equipo de aplicación.

3.3.3.4. Combate de la Sigatoka negra

Todos los tratamientos recibieron el mismo programa de aplicaciones de fungicidas, el cual fue muy similar a lo utilizado en plantaciones comerciales (rotación de fungicidas protectores con sistémicos) (Anexo 5). Se aplicó alrededor de 280 L/ha/año de aceite agrícola. Las aplicaciones se hicieron con el mismo equipo de aplicación de los fertilizantes foliares (bomba de espalda) y a un volumen de aplicación de 30 L/ha.

3.3.3.5. Control de nematodos

Se realizaron dos aplicaciones del nematicida organofosforado Counter[®] 15 GR (BASF) 30g/ planta.

3.3.3.6. Prácticas culturales

El control de malezas se realizó mediante una combinación de chapea y aplicaciones de herbicidas como paraquat, glufosianato de amonio y glifosato. La deshoja sanitaria se practicó cada semana, eliminando las hojas dobladas y aquellas que alcanzaron grados de infección por Sigatoka negra superiores o iguales a 5, según la escala de Stover modificada por Gauhl (1989).

Los racimos se embolsaron en forma semiprematura (2 a 4 brácteas abiertas) con fundas de polietileno con 1 % del insecticida clorpirifos. El desmane (falsa + 2) y el deschire se hicieron a las dos semanas de edad del racimo y se consideró como mano falsa la primera mano que presentó menos de 12 dedos verdaderos. Las plantas se apuntalaron a la floración con caña brava o bambú.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Severidad de la Sigatoka negra

Se hicieron evaluaciones semanales de la variable Suma Bruta en la hoja de tres según Fouré (1985) en un total de 10 plantas por tratamiento. La severidad de la enfermedad se evaluó cada dos semanas, utilizando la escala de Stover modificada por Gauhl (1989) (Anexo 6), en 10 plantas por tratamiento y se anotaron la variable total de hojas por planta (TH), hoja más joven enferma (HJE) y hoja más joven con mancha (HJM). Con la evaluación de severidad se estimó el índice de infección de la enfermedad (IDM) (Romero 1994). La misma evaluación de severidad se hizo a la floración y cosecha de las plantas. También se llevaron registros de la emisión foliar mensual.

3.4.2. Crecimiento, producción y fenología

A la floración de cada planta, se midió la altura (de la base del pseudotallo hasta el ángulo formado por la hoja 1 y la hoja 2) con la ayuda de una regla graduada en centímetros (Fig. 3A) y la circunferencia del pseudotallo (en la base de la planta) utilizando una cinta métrica flexible graduada en (Fig. 3B). Ambas variables de crecimiento se midieron en 5 plantas por repetición. La misma

variable de altura y circunferencia se midió al momento de la cosecha en 5 plantas por repetición de la planta madre e hijo de sucesión.

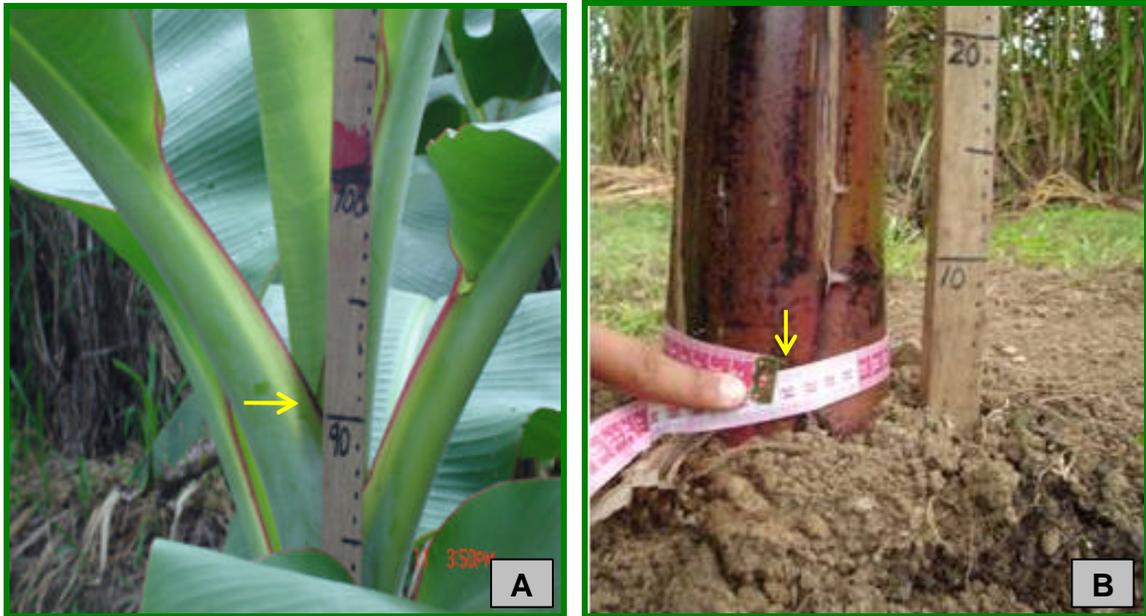


Figura 3. Medidas de crecimiento de las plantas: (A) altura de la planta, (B) circunferencia del pseudotallo.

Se cuantificaron los días de la selección del hijo hasta la floración. Los racimos se cosecharon a los 90 ± 2 días después de la floración y se les midió el peso del racimo, número de manos por racimo, número de dedos deformes (Fig. 4D), grosor y largo del dedo central de la fila externa en la segunda y última mano.

El racimo se pesó con una romana graduada en kg (Fig. 4A). El grosor del fruto se midió en la parte media del mismo, perpendicularmente al plano de la curvatura, con la ayuda de un calibre graduado en treintaidosavos de pulgada (1 unidad = 0,794 mm) (Fig. 4B). El largo del fruto se midió en centímetros a lo largo de la parte externa, desde la zona de unión del pedúnculo con la pulpa, hasta el ápice (de “pulpa a punta”) con la ayuda de una cinta métrica flexible graduada en cm (Fig. 4C).



Figura 4. Medición de las variables de producción a cosecha: (A) peso del racimo (kg) y número de manos por racimo, (B) y (C) grosor y largo del dedo central de la fila externa en la segunda y última mano, (D) número de dedos deformes.

3.4.3. Análisis foliares

Se tomaron muestras para análisis foliar de la tercera hoja, en tres plantas por repetición antes de la floración. El primer muestreo foliar se tomó antes de aplicar los fertilizantes foliares, luego se hicieron muestreos el día después de cada aplicación (cada dos semanas) de los fertilizantes foliares, hasta el inicio de la floración. Una vez que inició la floración, se realizó un segundo muestreo foliar, en la tercera y la séptima hoja de plantas recién paridas, en tres plantas por repetición. La muestra se tomó en la parte media de ambos lados de la lámina foliar (8-10 cm de ancho) y se separó en parte interna (próxima a la vena central) y parte externa (próxima al borde) de la hoja 3 y 7 (Fig. 5).

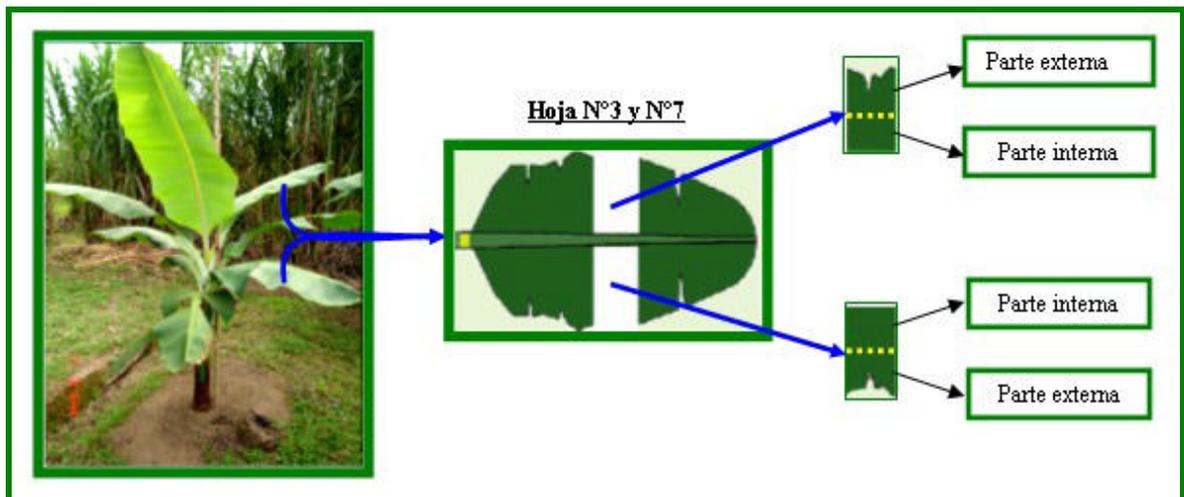


Figura 5. Metodología empleada para el muestreo foliar.

Los análisis químicos de tejido foliar se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Foliare de CORBANA S.A. Las muestras fueron digeridas en microondas y con excepción del N, la lectura de los elementos se efectuaron en un espectrofotómetro de Plasma modelo Óptima® 3000. El N se determinó por combustión seca.

3.5. Análisis estadístico

Por medio de análisis de Varianza se estimó el efecto de las fuentes de variación: bloque, tratamientos y la interacción entre éstos. Las comparaciones entre tratamientos se hicieron por medio de contrastes ortogonales en el programa estadístico SAS (ver. 9.1).

4. RESULTADOS

4.1. Medición de la estabilidad física y pH de las mezclas de los fertilizantes foliares con el fungicida Dithane 60 SC[®]

4.1.1. Comportamiento físico (Estabilidad de la mezclas)

Con excepción del fertilizante foliar Foliveex Zn AA[®] en mezcla con Dithane 60 SC[®] y sin aceite mineral, la adición de fertilizantes foliares no afectó la estabilidad de la mezclas a 0, 5 y 7 L ha⁻¹ de aceite mineral. En la mezcla con Foliveex Zn AA[®] se observó la formación de una capa inferior de 50, 100 y 210 ml a los 10, 30 y 60 minutos pospreparación respectivamente (Figura 6a, 6b y 6c). La separación de las fases logró corregir al adicionar 1 ml del emulsificante Plantox 96 TC[®] por litro de mezcla.

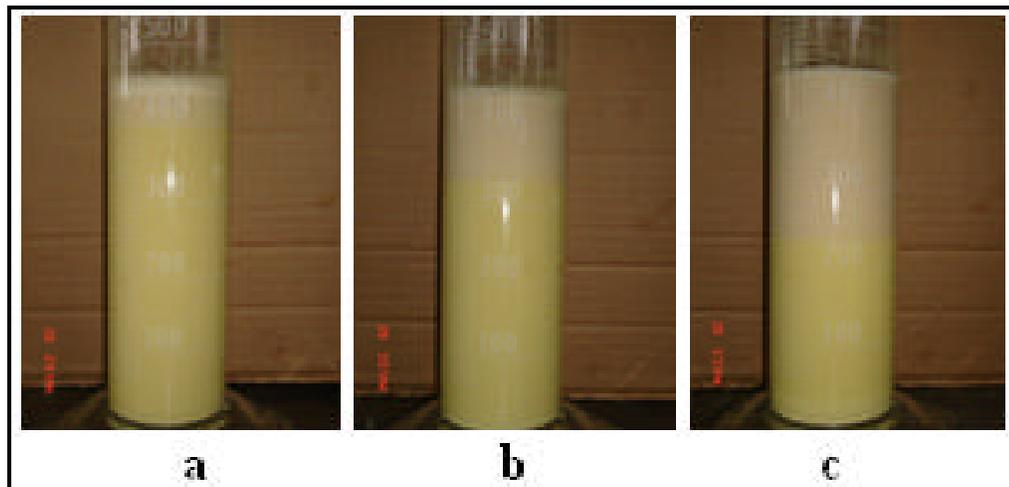


Figura 6. Comportamiento de la mezcla Dithane 60 SC[®] + Foliveex Zn AA[®] sin aceite mineral: (a) 10 minutos pospreparación, (b) 30 minutos pospreparación, (c) 60 minutos pospreparación. Nótese la formación de una capa inferior.

Todas las mezclas exhibieron una coloración crema (Fig. 5.) similar al color del Dithane 60 SC[®]. En ninguna de las mezclas hubo problemas de espuma y en los casos donde se presentó en forma leve, esta se disipó a través del tiempo.

Tampoco se detectó algún olor atípico que hiciera sospechar de la estabilidad del ingrediente activo del Dithane 60 SC®.

4.1.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el pH de la mezcla

El pH de las mezclas osciló entre 5,07 y 6,96 y los valores fueron siempre inferiores a la mezcla del fungicida sin fertilizante. Las mezclas del tratamiento con Zn AA fueron las que mostraron los valores de pH más bajos (5,71; 5,13 y 5,07) a 0, 5 y 7 L ha⁻¹ de aceite mineral, respectivamente. Mientras que el testigo registró los valores de pH más altos de todas las mezclas realizadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de pH registrados en las mezclas de Dithane 60 SC® con 0, 5 y 7 L ha⁻¹ de aceite mineral, al adicionar diferentes fertilizantes foliares.

Tratamientos	Aceite L ha ⁻¹	pH agua	pH mezcla
T – 1 Testigo ¹	0	6,66	7,90
T – 2 Foliveex Ca	0	6,79	6,83
T – 3 Foliveex B	0	6,79	6,62
T – 4 Foliveex Mg	0	6,79	6,96
T – 5 Foliveex Zn AA	0	6,79	5,71
T – 6 Foliveex Zn EDTA	0	6,79	6,70
T – 7 Foliveex Zn – B	0	6,79	6,37
T – 8 Foliveex Ca + Foliveex B	0	6,50	5,69
T – 1 Testigo	5	6,66	7,89
T – 2 Foliveex Ca	5	7,03	6,13
T – 3 Foliveex B	5	7,03	5,83
T – 4 Foliveex Mg	5	7,03	6,21
T – 5 Foliveex Zn AA	5	7,03	5,13
T – 6 Foliveex Zn EDTA	5	7,03	6,03
T – 7 Foliveex Zn – B	5	7,03	5,51
T – 8 Foliveex Ca + Foliveex B	5	6,50	5,65
T – 1 Testigo	7	6,66	7,93
T – 2 Foliveex Ca	7	6,40	6,06
T – 3 Foliveex B	7	6,40	5,78
T – 4 Foliveex Mg	7	6,40	6,25
T – 5 Foliveex Zn AA	7	6,40	5,07
T – 6 Foliveex Zn EDTA	7	6,40	5,98
T – 7 Foliveex Zn – B	7	6,40	5,57
T – 8 Foliveex Ca + Foliveex B	7	6,50	5,61

(1) Mezcla fungicida sin fertilizantes foliar

4.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la Sigatoka negra

4.2.1. Periodo vegetativo de las plantas

Durante el periodo vegetativo no se observaron diferencias entre tratamientos foliares y el testigo en las variables de infección, HJE (hoja más joven enferma) ($P= 1288$) y Suma Bruta ($P= 3186$). El Mg mostró un menor ($P= 0,0416$) número de hojas que el testigo y no se observaron diferencias con los demás tratamientos ($P= 0,1143$). Los tratamientos con Ca ($P= 0,0005$), B ($P= 0,0074$) y Zn AA ($P= 0,0244$) presentaron valores de HJM (hojas más joven con mancha) mayores al testigo.

En la variable IND (índice de infección), el tratamiento con Ca ($P= 0,0032$) y el tratamiento con B ($P= 0,0074$) evidenciaron una menor severidad de Sigatoka negra respecto al testigo que no recibió fertilización foliar (Cuadro 6).

La respuesta observada al aplicar el Ca y el B juntos fue inferior a la aplicación de los elementos por separado tanto en la variable HJM ($P= 0,0002$) como IND ($P= 0,0041$). Con relación a los tratamientos que contenían Zn, el tratamiento con Zn AA manifestó un menor IND respecto al tratamiento con Zn EDTA ($P= 0,0207$), sin embargo no fue diferente ($P= 0,2209$) con el tratamiento Zn + B (Cuadro 6).

En la Figura 7 se puede apreciar que, a través del periodo vegetativo de las plantas, los tratamientos que presentaron un menor índice infección fueron el Ca y el B, mientras que el Zn AA evidenció una disminución paulatina del IND entre la semana 14 y 18.

Cuadro 6. Variables de infección de la Sigatoka negra durante el periodo vegetativo de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variable de infección ¹				Suma Bruta
	TH	HJE	HJM	IND	
1 (Testigo)	11,49	4,54	5,86	28,64	325,29
2 (Ca)	11,18	4,77	6,42	25,35	279,64
3 (B)	11,32	4,77	6,25	25,75	270,57
4 (Mg)	10,98	4,27	5,76	29,24	370,98
5 (Zn AA)	11,38	4,65	6,17	27,18	350,59
6 (Zn) EDTA	11,45	4,62	6,11	29,59	298,70
7 (Zn+B)	11,11	4,72	6,04	28,36	357,80
8 (Ca+B)	11,17	4,59	5,78	28,53	353,46
Contrastes			P>F		
Ca vrs Test.	0,2124	0,1386	0,0005	0,0032	0,4871
B vrs Test.	0,4561	0,1890	0,0074	0,0074	0,4452
Mg vrs Test.	0,0416	0,1288	0,4698	0,5312	0,5284
Zn AA vrs Test.	0,6353	0,5523	0,0244	0,1355	0,7264
Zn EDTA vrs Test.	0,8719	0,6468	0,0668	0,3237	0,7132
Zn + B vrs Test.	0,1143	0,3169	0,1595	0,7666	0,6540
Ca + B vrs Test.	0,1865	0,7882	0,5540	0,9061	0,7002
Ca vrs Ca + B	0,9639	0,3126	0,0002	0,0041	0,3186
Zn AA vrs Zn EDTA	0,7605	0,8730	0,6017	0,0207	0,4303
Zn AA vrs Zn + B	0,2483	0,6566	0,3177	0,2209	0,9190
Ca vrs B	0,5789	0,9843	0,1987	0,6778	0,8891

El valor de las variables son el promedio de once evaluaciones realizadas en intervalos bisemanales, antes de la floración de las plantas y la variable Suma Bruta es el promedio de dieciocho evaluaciones realizadas en intervalos semanales, antes de la floración de las plantas. **1/TH**= total de hojas, **HJE**= hoja mas joven enferma, **HJM**= hoja más joven con mancha, **IND**= índice de infección.

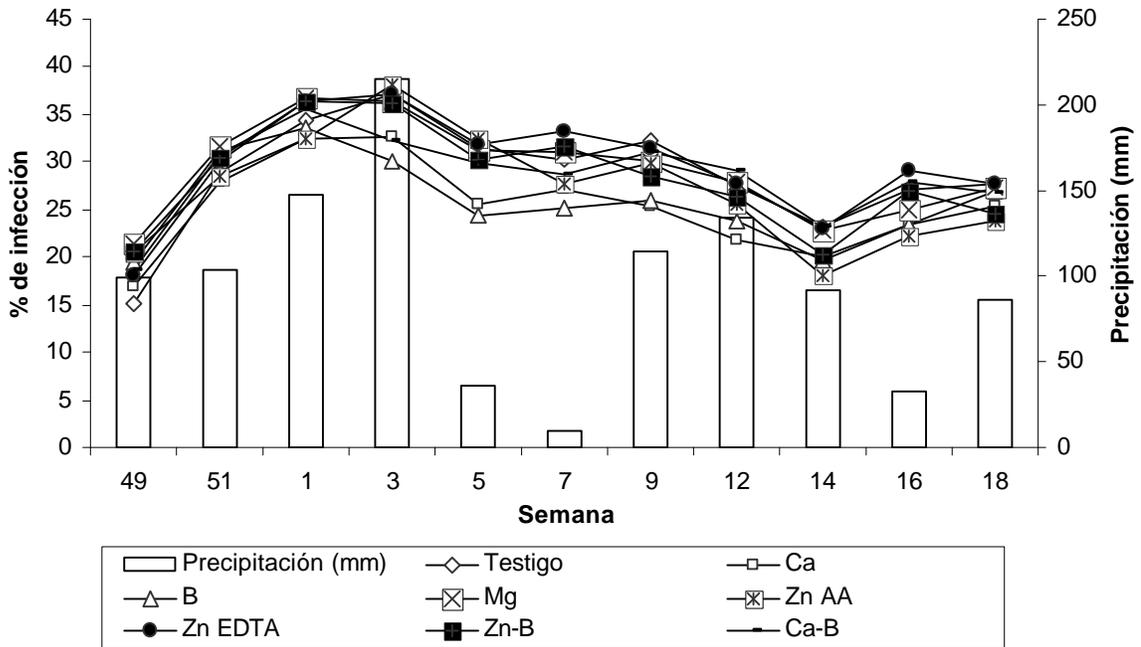


Figura 7. Severidad (Índice de infección) de la Sigatoka negra a través del tiempo (semanas) en plantas de banano fertilizadas foliarmente con diferentes elementos.

4.2.2. Floración

El análisis a la floración (Cuadro 7) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo en las variables de infección TH ($P= 0,0749$) y HJE ($P= 0,0909$). En esta etapa los tratamientos con Ca, B, Zn AA, Zn EDTA y Zn + B mostraron valores más altos en la variable de HJM respecto al testigo que no recibió fertilización foliar ($P= 0,0412$), evidencia de un menor nivel de infección. Mientras que en la variable IND (índice de infección), solamente el tratamiento con Ca mostró diferencias significativas con el testigo ($P= 0,0412$).

Cuadro 7. Variables de infección de la Sigatoka negra a la floración de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variable de infección ¹			
	TH	HJE	HJM	IND
1 (Testigo)	14,96	5,51	6,05	27,27
2 (Ca)	15,36	6,21	7,43	20,84
3 (B)	15,40	6,46	7,66	22,01
4 (Mg)	14,60	6,00	6,86	24,74
5 (Zn AA)	14,76	6,06	7,92	22,95
6 (Zn) EDTA	14,26	5,93	7,40	28,35
7 (Zn-B)	14,25	5,83	7,25	26,05
8 (Ca-B)	14,66	5,86	7,13	23,33
Contrastes	P>F			
Ca vrs Test.	0,3010	0,2023	0,0203	0,0412
B vrs Test.	0,2641	0,0909	0,0085	0,0875
Mg vrs Test.	0,3416	0,3713	0,1447	0,3921
Zn AA vrs Test.	0,5997	0,3111	0,0027	0,1532
Zn EDTA vrs Test.	0,0812	0,4392	0,0230	0,7109
Zn + B vrs Test.	0,0749	0,5548	0,0396	0,6777
Ca + B vrs Test.	0,4340	0,5145	0,0597	0,1900
Ca vrs Ca + B	0,0812	0,5145	0,5794	0,3985
Zn AA vrs Zn EDTA	0,2008	0,8026	0,2974	0,0798
Zn AA vrs Zn + B	0,1871	0,6625	0,1935	0,2958
Ca vrs B	0,9300	0,6402	0,6657	0,6873

Cada valor es el promedio de 15 plantas por tratamientos (5 por repetición).

¹/TH= total de hojas, HJE= hoja mas joven enferma, HJM= hoja más joven con mancha, IND= índice de infección.

4.2.3. Cosecha

A la cosecha de las plantas (Cuadro 8) no se observaron diferencias entre los tratamientos y el testigo en las variables TH (P= 0,9371) e IND (P= 0,3868). Pese a lo anterior los tratamientos foliares con Ca, B, y Zn AA, mostraron los niveles de infección más bajos y una tendencia a mayor cantidad de hojas a la cosecha.

En la variable total de hojas, a pesar de no haber diferencias significativas, el tratamiento con Mg registró el mayor número de hojas (9,33 hojas), mientras que el tratamiento con Zn + B registro la menor cantidad de hojas (8,08 hojas).

Cuadro 8. Variables de infección de la Sigatoka negra a la cosecha de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variable de infección ¹	
	TH	IND
1 (Testigo)	8,46	79,77
2 (Ca)	8,96	73,75
3 (B)	8,98	71,12
4 (Mg)	9,33	74,20
5 (Zn AA)	8,61	71,88
6 (Zn) EDTA	9,00	85,20
7 (Zn + B)	8,08	81,36
8 (Ca + B)	8,80	74,69
Tratamiento (P>F)	0,9371	0,3868
CV (%)	13,6468	10,5850

Cada valor es el promedio de 15 plantas por tratamiento (5 por repetición). La cosecha se realizó a los 90 ± 2 días después de la floración.

1/ TH= total de hojas, IND= índice de infección.

4.3. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el crecimiento de la planta de banano

4.3.1. Floración

En el Cuadro 9 se muestran las variables de crecimiento y fenológicas de los tratamientos a la floración. No hubo efecto de los fertilizantes foliares sobre las variables de crecimiento (altura y circunferencia) tanto en la planta madre (P= 0,8193) como el hijo de sucesión (P= 0,8193).

4.3.2. Cosecha

No hubo diferencias entre tratamientos en la altura del hijo de sucesión (P= 0,9125), ni tampoco (P= 0,8994) en la circunferencia del hijo de sucesión a la cosecha de las plantas madres (Cuadro 10).

Cuadro 9. Promedios de variables de crecimiento (cm) de la planta madre e hijo sucesión y estimación de los días de siembra a floración de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variables de crecimiento y de fenología				
	Altura (cm) de la planta madre	Circunferencia (cm) de la planta madre	Altura (cm) del hijo de sucesión	Circunferencia (cm) del hijo de sucesión	Días de siembra a floración
1 (Testigo)	218,72	67,55	84,13	36,35	237,40
2 (Ca)	217,71	65,53	88,61	33,21	248,88
3 (B)	215,33	66,43	93,76	34,55	252,44
4 (Mg)	216,26	64,53	92,40	36,86	237,88
5 (Zn AA)	219,70	66,15	94,83	37,16	247,77
6 (Zn EDTA)	220,53	68,13	85,93	51,86	223,66
7 (Zn+B)	203,91	66,50	86,16	34,91	238,11
8 (Ca+B)	212,20	64,86	82,00	32,46	241,22
Tratamiento (P>F)	0,8193	0,8695	0,9174	0,5326	0,4509
CV (%)	6,0383	4,6500	14,9422	30,1781	6,2874

El valor de cada variable de crecimiento y fenología es el promedio de 15 plantas por tratamiento (5 por repetición)

Cuadro 10. Promedios de variables de crecimiento (cm) del hijo de sucesión de plantas de banano al momento de la cosecha (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variables de crecimiento	
	Altura (cm) del hijo de Sucesión	Circunferencia (cm) del hijo de sucesión
1 (Testigo)	183,80	62,13
2 (Ca)	163,31	56,63
3 (B)	174,66	60,11
4 (Mg)	183,30	62,80
5 (Zn AA)	169,41	59,38
6 (Zn EDTA)	178,00	58,26
7 (Zn-B)	173,08	60,25
8 (Ca-B)	164,66	55,86
Tratamiento (P>F)	0,9125	0,8994
CV (%)	12,9488	11,5465

El valor de cada variable fenológica es el promedio de una evaluación tomada en cinco plantas por repetición al momento de la cosecha.

4.4. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la producción del cultivo del banano

Los fertilizantes foliares no afectaron la producción de las plantas. No se observaron diferencias en las variables peso del racimo ($P= 0,1645$), manos por

racimo ($P= 0,2354$), grosor del fruto en la segunda y última mano ($P= 0,4670$), largo del fruto de la segunda y última mano ($P= 0,2186$) y número de frutos deformes ($P= 0,1505$) (cuadro 11).

Cuadro 11. Peso del racimo, número de manos, dedos deformes y dimensiones (grosor y largo) del fruto central de la fila externa en la segunda y última mano (medias) en racimos de banano (*Musa AAA*, cv. Grande Naine) de plantas fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamiento	Variable de producción						
	Peso del racimo (kg)	Nº manos/ racimo	Nº frutos deformes/ racimo	Grosor del fruto de la 2 ^{da} mano ¹	Grosor del fruto de la última mano ¹	Largo (cm) del fruto de la 2 ^{da} mano	Largo (cm) del fruto de la última mano
1 (Testigo)	23,36	6,10	2,40	46,62	43,48	25,50	21,08
2 (Ca)	21,12	5,90	2,62	45,55	43,53	24,16	21,53
3 (B)	20,69	6,02	2,63	46,11	43,60	24,47	20,40
4 (Mg)	19,93	5,78	2,25	46,45	43,63	24,83	21,01
5 (Zn AA)	19,68	5,46	2,77	46,05	43,02	24,31	20,73
6 (Zn EDTA)	20,96	6,05	2,80	46,31	42,97	24,20	20,95
7 (Zn+B)	19,73	5,66	1,91	46,22	43,72	24,71	21,02
8 (Ca+B)	20,71	6,22	3,17	45,73	42,65	24,11	20,71
Trat. (P>F)	0,1645	0,2354	0,1505	0,4670	0,6277	0,2186	0,2349
CV (%)	7,3620	5,9263	18,8771	1,3306	1,7939	2,6227	2,2169

1/Treintaidosavos de pulgada.

4.5. Análisis foliares

4.5.1. Periodo vegetativo

Se logró determinar que sólo las aplicaciones de Zn (tanto con EDTA como con AA y Zn - B) incrementaron ($P= 0,0018$) los niveles de este elemento en la hoja 3, respecto al testigo que no recibió fertilización foliar. Por el contrario, los tratamientos donde se aplicó el Ca, Mg, B y Ca + B no evidenciaron diferencias significativas ($P= 0,9529$) en relación al contenido foliar de cada uno de estos nutrientes comparado al testigo (Cuadro 12).

Tal y como se observa en el Cuadro 12, el contenido Ca, Mg, Zn y B de la hoja 3 (independientemente del tratamiento) durante la etapa de crecimiento vegetativo (9 muestreos en intervalos de 15 días) fue diferente ($P= 0,0001$) entre

la parte interna y la parte externa de la lámina foliar. En la parte externa de la hoja, se detectaron mayores contenidos de Mg, Zn y B, mientras que el Ca se acumuló en mayor cantidad en la parte interna de la hoja.

Cuadro 12. Promedios del contenido de elementos en la hoja 3 y promedios del contenido de elementos en la parte interna y parte externa de la misma hoja durante la etapa vegetativa de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Tratamientos	Elementos			
	% en base seca		mg/kg	
	Ca	Mg	Zn	B
1 (Testigo)	0,88	0,38	18,01	10,37
2 (Ca)	0,90	0,32	19,66	9,83
3 (B)	0,89	0,34	19,83	10,31
4 (Mg)	0,85	0,34	19,09	10,05
5 (Zn AA)	0,88	0,33	23,72	9,59
6 (Zn) EDTA	0,83	0,34	22,48	9,90
7 (Zn-B)	0,84	0,30	22,75	10,85
8 (Ca-B)	0,86	0,35	17,94	11,05
Parte Ext.	0,78	0,35	22,46	11,90
Parte Int.	0,95	0,32	18,41	8,05
Contrastes	P>F			
Ca vrs Test.	0,7841	0,0973	0,2023	0,2458
B vrs Test.	0,9160	0,2098	0,1629	0,9021
Mg vrs Test.	0,5135	0,2558	0,3980	0,4893
Zn AA vrs Test.	0,8993	0,1194	0,0004	0,1012
Zn EDTA vrs Test.	0,2000	0,2080	0,0028	0,3140
Zn + B vrs Test.	0,3777	0,0345	0,0018	0,2958
Ca + B vrs Test.	0,6770	0,3621	0,9529	0,1445
Ca vrs Ca + B	0,4925	0,4178	0,1839	0,0154
Zn AA vrs Zn + B	0,4472	0,5060	0,4475	0,0131
Zn AA vrs Zn EDTA	0,2441	0,7400	0,3310	0,4893
Ca vrs B	0,8660	0,6507	0,8943	0,2958
Parte Ext. vrs Parte Int.	>0,0001	>0,0001	>0,0001	>0,0001

Cada valor es el promedio de nueve muestreos realizados en intervalos quincenales antes de la floración de las plantas.

4.5.2. Floración

No se observaron diferencias ($P= 0,1750$) en el contenido foliar de Ca, B, Zn y Mg al momento de la floración de las plantas (Cuadro 13) entre los tratamientos foliares y el testigo.

En la Figura 8 y el Cuadro 14 se puede observar que al momento de la floración los contenidos de Zn (P= 0,0399) y B (P= 0,0001) fueron más altos en la parte externa de la hoja, por el contrario, el Ca fue más alto (P= 0,0001) en la parte interna. En el caso del Mg fue más alto (P= 0,0368) en la parte externa de la hoja 3 y más alto (P= 0,0017) en la parte interna de la hoja 7.

Cuadro 13. Promedios del contenido foliar de elementos presentes en la hoja 3 y 7 a la floración de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos

Tratamientos	Elementos			
	% en base seca		mg/kg	
	Ca	Mg	Zn	B
1 (Testigo)	0,74	0,28	16,77	10,16
2 (Ca)	0,77	0,26	17,44	11,61
3 (B)	0,75	0,27	16,86	11,13
4 (Mg)	0,81	0,30	16,94	11,22
5 (Zn AA)	0,83	0,26	19,30	11,52
6 (Zn) EDTA	0,76	0,29	19,80	12,13
7 (Zn+B)	0,76	0,26	19,13	11,50
8 (Ca+B)	0,71	0,28	17,38	11,33
Contrastes	P>F			
Ca vrs Testigo	0,6687	0,5874	0,7577	0,8267
B vrs Testigo	0,8529	0,7365	0,9692	0,7103
Mg vrs Testigo	0,2407	0,5741	0,9384	0,9476
Zn AA vrs Testigo	0,1231	0,6009	0,2527	0,6624
Zn EDTA vrs Testigo	0,8240	0,6708	0,1750	1,0000
Zn + B vrs Testigo	0,8198	0,5286	0,2839	0,3874
Ca + B vrs Testigo	0,5176	0,8506	0,7773	0,7265
Ca vrs Ca + B	0,2895	0,4673	0,9795	0,5712
Zn AA vrs Zn + B	0,1808	0,9131	0,9854	0,9854
Zn AA vrs Zn EDTA	0,1792	0,3488	0,8169	0,6874
Ca vrs B	0,8075	0,8371	0,7871	0,5567

Cada valor es el promedio del contenido foliar de nutrientes en la hoja tres y siete (en forma combinada).

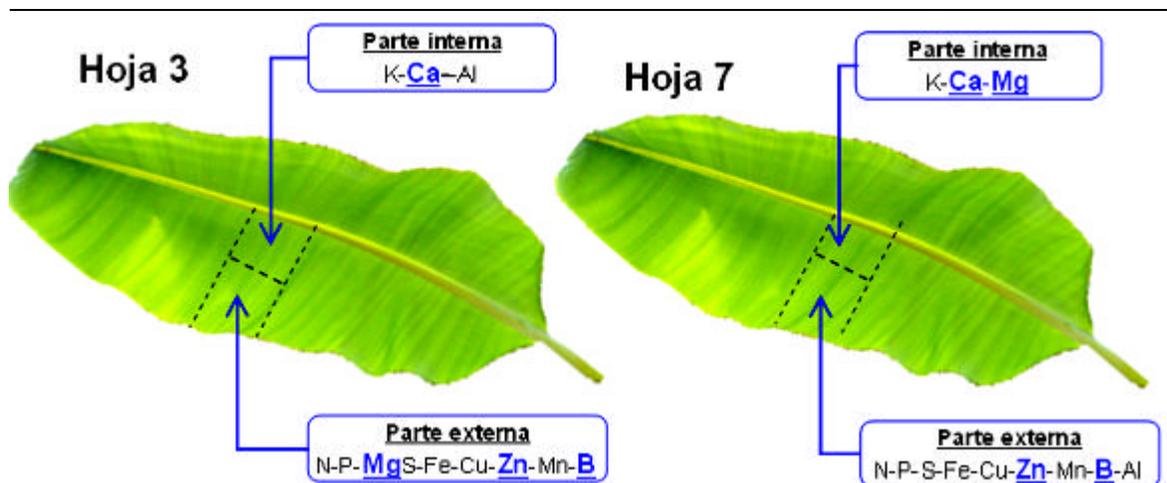


Figura 8. Abundancia relativa de minerales presentes en la parte interna y parte externa de la porción central en la hoja 3 y 7 de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) al momento de la floración. Los elementos cuyo símbolo se resalta con mayor tamaño de letra, subrayado y color azul fueron asperjados foliarmente a las plantas, cada dos semanas.

Cuadro 14. Promedios del contenido foliar de nutrientes presentes en la parte externa y la parte interna de las hojas 3 y 7 a la floración de plantas de banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine) fertilizadas foliarmente con distintos elementos.

Hoja	Parte Hoja	% sobre base seca					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja N° 3	Externa	3,31	0,20	2,93	0,62	0,29	0,23
Hoja N° 3	Interna	2,67	0,17	2,96	0,77	0,28	0,19
Hoja N° 7	Externa	3,09	0,19	2,84	0,73	0,27	0,23
Hoja N° 7	Interna	2,75	0,17	2,96	0,97	0,29	0,20
Contrastes		(P>F)					
Hoja 3 P. Ext. vrs Hoja 3 P. Int.		0.0001	0.0001	0,4246	0.0001	0,0368	0.0001
Hoja 7 P. Ext. vrs Hoja 7 P. Int.		0.0001	0.0001	0,0045	0.0001	0,0017	0.0001
Hoja	Parte Hoja	mg/kg					
		Fe	Cu	Zn	Mn	B	Al-ex
Hoja N° 3	Externa	73,58	9,33	17,59	504,94	16,32	10,68
Hoja N° 3	Interna	67,73	8,06	16,08	256,67	8,35	12,69
Hoja N° 7	Externa	119,60	8,12	20,76	822,47	12,19	19,90
Hoja N° 7	Interna	62,33	7,03	17,38	395,28	8,46	18,56
Contrastes		(P>F)					
Hoja 3 P. Ext. vrs Hoja 3 P. Int.		0.0001	0,8455	0.0001	0,0399	0.0001	0.0001
Hoja 7 P. Ext. vrs Hoja 7 P. Int.		0.0001	0,0615	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Cada valor es el promedio del contenido de nutrientes en la parte interna y la parte externa de la hoja 3 y 7 de todos los tratamientos.

5. DISCUSIÓN

5.1. Efecto de los fertilizantes foliares sobre la Sigatoka negra

Los fertilizantes foliares no afectaron negativamente la estabilidad física de la mezcla, ni causaron variaciones en el pH de la misma como para poner en riesgo la actividad y estabilidad química del fungicida mancozeb. Guzmán (1995) evaluó la mezcla de varios fertilizantes foliares con Dithane 60 MB[®] y observó que algunos afectaron notablemente el comportamiento físico de las mezclas y provocaron cambios en el pH (valores por debajo de 5 y por encima de 8) que ponían en riesgo la actividad y estabilidad del fungicida. El mismo autor resaltó la importancia de realizar pruebas previamente a la utilización de los fertilizantes foliares en mezcla con fungicidas utilizados en el combate de Sigatoka negra.

Se determinó en esta investigación que, con la aspersión foliar periódica de calcio ó boro (Ca ó B) en mezcla con mancozeb se puede reducir la severidad de la Sigatoka negra. En cambio no se observó el mismo efecto cuando estos elementos se asperjaron combinados en la misma mezcla. No se encontró evidencia publicada del efecto de aspersiones foliares de Calcio sobre el desarrollo de la Sigatoka negra en banano. Sin embargo, García y Mora (2006), observaron menor severidad de la enfermedad cuando aplicaron al suelo 351 kg/ha de CaO, fraccionado en nueve aplicaciones por año, resultados que coinciden con Böckman *et. al.* (1990) quienes informaron que con aplicaciones de Ca en suelos ácidos se redujo la Sigatoka negra, aumentó el pH del suelo y la tolerancia del cultivo a la enfermedad.

A pesar de que las aspersiones foliares con Ca no evidenciaron incrementos significativos en el contenido de este elemento en las hojas 3 y 7, todo parece indicar que un plan de fertilización que incluya aplicaciones foliares periódicas de calcio como complemento a la fertilización edáfica podría coadyuvar en la defensa de la planta contra esta enfermedad.

Al calcio se le atribuyen funciones estructurales, pues se presenta como pectatos de Calcio en la lámina media y la pared celular, que actúan como

agentes cementantes que incrementan la adhesión entre las células dándoles una mejor estabilidad y rigidez lo que aumenta la resistencia a la penetración de agentes patógenos (Bangerth 1979, White y Broadley 2003). El calcio también incrementa la rigidez de la pared celular al formar ligaduras dentro de la matriz de polisacáridos de pectina (Flores 1999), además, hace que las paredes celulares sean menos accesibles a enzimas como la poligalacturonasa, que provoca la degradación de las sustancias pécticas de la lámina media y a la vez una disminución de la rigidez de los tejidos (Flores 1999).

Sanders *et. al.* (2002), mencionan que el calcio es un elemento que promueve la activación de algunas enzimas, protein-kinasas que participan en la defensa contra patógenos, dentro de las cuales la más conocida es la calmodulina, una kinasa dependiente de calcio que actúa como amplificador de señales de defensa contra patógenos, incrementando la velocidad de respuesta frente a un ataque. Uhm *et.al.* (2002) observaron que en los procesos bioquímicos controlados, la presencia de señales Calcio/calmodulina, están involucradas en la inducción de prepenetración morfogénica de *Colletotrichum gloeosporioides* en chile dulce (*Capsicum annun*).

La interacción entre nutrientes puede ser definida como una influencia o una acción mutua (antagonista o sinérgica) de un elemento sobre otro; esto es, los dos elementos se combinan para producir un efecto adicional debido no únicamente a uno de ellos (o un efecto negativo). Por ejemplo, la respuesta observada al aplicar el calcio y el boro juntos fue inferior a la aplicación de los elementos por separado, resultado que coincide con lo señalado por Olsen (1982), quien indica un antagonismo entre ambos elementos. También se observó un antagonismo entre el zinc y el boro (Olsen 1983, Delgadillo 2006), pues hubo un mejor control de la enfermedad al aplicarlos por separado y no juntos.

Con el boro, al igual que con el calcio, que a pesar de no observarse incrementos significativos en el contenido foliar en la hoja 3 y 7 con la aspersión de este elemento se observó una menor severidad de la enfermedad durante el periodo vegetativo, no así, a la floración y la cosecha. Nava y Villarreal (2000) en

plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) encontraron un mayor número de hojas a cosecha en las parcelas fertilizadas con Boro.

Silveira *et. al.* (1996), evaluaron la relación entre la deficiencia de Boro en plantíos de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), y notaron una menor agresividad de *Botryosphaeria ribis* y *Lasiodiplodia theobromae* en plantas con concentraciones de 30 a 35 ppm en las hojas superiores e inferiores.

Con el magnesio (Mg) y el zinc (Zn), en este experimento, no se observó un efecto de reducción de la Sigatoka negra. Sin embargo, estudios realizados por Bledsoe *et al.* (1946), mostraron que la deficiencia de Mg puede inducir a una mayor incidencia de la mancha de la hoja del maní, causada por del hongo (*Mycosphaerella arachidicola* W.A. Jenk), principalmente en las hojas más viejas, donde hay una menor concentración del elemento.

5.2. Efecto de los fertilizantes foliares sobre el crecimiento y la producción de las plantas de banano fertilizadas foliarmente con Ca, Mg, Zn y B

La ausencia de diferencias entre el testigo y el uso en forma individual de los fertilizantes foliares y en conjunto algunos de ellos, en las variables de crecimiento (altura y circunferencia) y producción (peso del racimo, número de manos, dedos deformes, grosor y largo del dedo central de la fila externa en la segunda y última mano), pudo deberse a que el primero recibió un programa de fertilización básico al suelo suficiente para un adecuado crecimiento y producción de las plantas, igualmente el contenido de materia orgánica del suelo donde se desarrolló el experimento está por encima del nivel crítico, sin embargo, no se descartan posibles efectos en generaciones posteriores con la aplicación foliar de dichos elementos.

Murillo *et. al.* (2001), determinaron que la fertilización foliar no reemplaza la fertilización al suelo. Ellos observaron que el tratamiento con fertilización foliar y sin fertilizante al suelo fue superior en producción y crecimiento al testigo absoluto (sin fertilización foliar y edáfica), pero igual a los tratamientos con fertilización al suelo.

Malavolta (1994), Salas (2002b) y Molina (2002a), concuerdan en que la nutrición foliar solamente puede complementar y en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis de aplicación que pueden suministrarse por vía foliar son muy pequeñas en relación con los requerimientos de fertilización utilizados por los cultivos para alcanzar altos rendimientos. Por consiguiente, la fertilización foliar se realiza para corregir deficiencias de elementos o ayudar al cultivo a superar periodos de estrés (Guzmán 1995).

Según Arias y Serrano (2005) al aplicar Zn quelatado vía foliar en mezcla acuosa o emulsión, este permanece en los tejidos asperjados y no se mueve a otros tejidos; lo que sugiere que la aplicación de zinc vía foliar no tendría efecto directo en órganos como raíces, meristemo apical y fruta. En un programa de fertilización debe considerarse la aplicación de Zn foliar como complemento a la aplicación del mismo elemento al suelo. Por su parte, Días *et. al.* (2006), señalan que las aplicaciones foliares de calcio, no aumentan los rendimientos del banano (*Musa AAA*, cv. Grande Naine).

O'Hallorans *et. al.* (2006), a pesar de haber observado deficiencias de Zn y B en el suelo, no observaron incrementos significativos en el rendimiento del plátano (*Musa AAB*) con las aplicaciones de estos nutrientes al follaje.

Otra razón por la cual los fertilizantes foliares posiblemente no fueron diferentes al testigo en crecimiento y producción es que el Ca, Zn y el B son elementos no traslocables, es decir, una vez depositados en el tejido donde la planta los requiere es poco probable que se muevan a otros órganos de la planta (Tisdale *et. al.* 1993, Marschner 1995, Molina 2002b).

El contenido foliar de Ca y Mg no aumentó con las aplicaciones de los fertilizantes debido probablemente a las dosis aplicadas y en caso del B podría deberse a la fuente utilizada (H_3BO_3), cuya absorción foliar es poco eficiente debido a que este es un anión y no se puede quelatar como los demás nutrientes asperjados foliarmente (Moore 1983).

Está ampliamente documentado que el cultivo del banano requiere absorber una alta cantidad de nutrientes para alcanzar niveles óptimos de producción y una buena calidad de la fruta. (Lahav y Turner 1992, López y

Espinoza 1995, Delvaux 1995, Serrano 2006). Dadas las altas exigencias nutricionales de este cultivo y los bajos niveles de fertilidad o desbalances de muchos de los suelos donde se cultiva, es posible que la nutrición foliar se utilice para la corrección de deficiencias de elementos medios y menores que puedan ser incorporados en los programas de aplicación de fungicidas para abaratar los costos de aplicación, siempre y cuando no existan problemas de compatibilidad con las mezclas.

6. CONCLUSIONES

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

1. La aplicación foliar de Ca ó de B en mezcla con el fungicida Dithane 60 SC[®] fue una alternativa eficaz para disminuir la severidad de la Sigatoka negra dentro de un manejo integrado en banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine).
2. La aspersión foliar de Zn como quelato (tanto EDTA como Aminoácidos) presentó la mayor eficiencia de absorción, observándose un incremento de este en las hojas 3 y 7, no así, con el Ca, B y Mg.
3. Los fertilizantes foliares evaluados no mejoraron el crecimiento y la producción del cultivo, ni la calidad del fruto, en términos de grosor, longitud y conformación de los frutos (presencia de deformes) en el primer ciclo del cultivo.
4. Ninguno de los tratamientos tuvo efecto sobre las variables de crecimiento, producción y fenología de la planta madre, ni en el crecimiento de los hijos de sucesión en el primer ciclo del cultivo.
5. No se observó respuesta del cultivo en las variables estudiadas al aplicar Ca+B y Zn+B en conjunto debido a posibles antagonismos entre estos elementos.
6. Se evidenció que los contenidos Zn y B fueron más altos en la parte externa de la hoja 3 y 7, por el contrario, el Ca fue más alto en la parte interna de ambas hojas y en caso del Mg fue más alto en la parte externa de la hoja 3 y más alto en la parte interna de la hoja 7.

7. RECOMENDACIONES

1. Llevar el experimento a un segundo o tercer ciclo, para determinar si la aplicación de los fertilizantes foliares tienen los mismos efectos en la segunda generación, sobre las variables evaluadas en la primera generación.
2. Para futuros experimentos considerar aplicaciones foliares con dosis más altas a las evaluadas en este ensayo y considerar el costo que esto representa.
3. En futuros experimentos incluir un tratamiento que contenga todos los nutrientes estudiados en este experimento para descartar posibles efectos de toxicidad para la planta.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arauz, LF. 1998. Fitopatología: un enfoque agroecológico. San José, CR. Editorial de la Universidad de Costa Rica 216-218 p.

Arias, F; Serrano, E. 2005. Absorción y traslocación de zinc aplicado vía foliar en plantas del banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine). *In*: Informe Anual 2005. Dirección de Investigaciones. Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.). San José, CR. 99-100 p.

Bangerth, F. 1979. Calcium – Related. Physiological disorders of plants. Annual Review. Phytopathology 17:97-122.

Bennett, RS; Arneson, PA. 2005. Sigatoka negra. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2005-0217-01. APSnet. (en línea). Universidad de Florida Estados Unidos. Consultado 19 jun 2007. Disponible en <http://www.apsnet.org>.

Bertsch, F. 2006. El recurso tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(1):133-156.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR. ACCS. 25-35 p.

Bolaños, MM; Aranzazu, F; Morales, H; Zuluaga, LE. 2002. *In*: Memorias XV Reunión ACORBAT (2002 Cartagena de Indias, CO) Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA ed. Memorias. Cartagena de Indias, CO. 436-440 p.

Böckman, O; Kaarstad, O; Lie, O; Richards, I. 1990. Agricultura y fertilizantes. Noruega. HYDRO AGRI. 175 p.

Bledsoe, RW; Harris, HC; Tisdale, WB. 1946. Leaf spot of peanut associated with magnesium. *Plant Physiology*. 21(2): 237-240.

Bureau, E; Marín, DH; Guzmán, JA. 1992. El sistema de preaviso para el combate de la Sigatoka negra en banano y plátano. UPEB, Panamá.

Carlier, J; Fouré, E; Gauhl, F; Jones, JR; Lepoivre, P; Mourichon, X; Pasberg-Gauhl, C; Romero, RA. (2000). Black leaf streak. *In: Diseases of Banana, Abacá and Enset*. D.R. Jones. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK. 37-79 p.

Champion, J. 1968. El Plátano. Trad. F Palomeque. 1 ed. Barcelona, España. Editorial BLUME. 15, 17-18p.

Corporación Bananera Nacional. 2007. Estadísticas de Exportación Bananera 2006. San José, CR.: CORBANA S.A.

Datnoff, LE; Rodrigues, FA. 2005. The Role of Silicon in Suppressing Rice Diseases. APSnet. (en línea). Universidad de Florida Estados Unidos. Consultado 20 set. 2007. Disponible en <http://www.apsnet.org/online/feature/silicon/>.

Daniells, J; Christophe, J; Karamura, D; Tomekpe, K. 2001. Musalogue: A catalogue of *Musa* germplasm. Diversity in the genus *Musa* (E. Arnaud and S. Sharrock, compil.). International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.

Delgadillo, VRO; Colque, FO; Ferrufino, CA. 2006. Efecto de Azufre, Boro, y Zinc sobre la productividad del cultivo del banano (*Musa AAA*) en la localidad de 16 de julio del trópico de Cochabamba. *In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR)*. Memorias. Joinville, BR. v. 1, 364 p.

Delvaux, B. 1995. Bananas and Plantains: Soils. *In: Gowen, S. Ed. Chapman & May 2-6 Bounday Row. London, UK. 235-315 p.*

Días, AC; Mira, JJ; Cayón, G. 2006. Aplicaciones de calcio para el control de la mancha de madurez en banano. *In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR)*. Memorias. Joinville, BR. v. 1, 310 p.

Espinoza, J; Mite, F. 2002. Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. *Informaciones Agronómicas (IMPOFOS)* 3(48): 4-9.

FAO, 2004. La economía mundial del banano 1985 – 2002. (en línea). Estudios FAO Productos Basicos. Roma, Italia. Consultado 9 jul 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s05.htm#bm05>

Fageria, NK; Baligar, VC; Clark, RB. 2002. *Micronutrients in crop Production*. Elsevier Science, USA. 229 p.

Flores, E. 1999. *La planta: estructura y función*. San José, CR. Editorial Libro Universitario Regional (LUR) 663p.

Fouré, E. 1985. Black Leaf Streak Disease of Bananas and Plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Study of the symptoms and stages of diseases in Gabon. IRFA-CIRAD, Paris.

Frison, E; and Sharrock, S. 1998. The Economic, Social and Nutritional importance of banana in the world. *In: Internacional Simposium Banana and Food Security* (1998, Douala, CM). C. Picq, Fouré, E, Frison, E.A. eds. Memoria Moutpellier, FR. 21-35 p.

Gasparotto, L; Pereira, JCR; Urben, AF; Hanada, RE; Pereira, MCN. 2005. *Heliconia psittacorum*: Hospedeira de *Mycosphaerella fijiensis*, Agente Causal da Sigatoka-Negra da Bananaira. *Fitopatol. bras.* 30(4): 423-425.

García, J; Mora, I. 2006. Efecto del calcio soluble en rendimiento e incidencia de Sigatoka negra y mancha de madurez en banano. *In: XVII Reunión ACORBAT* (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 1, 377 p.

Gauhl, F. 1989. Epidemiología y ecología de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en plátano (*Musa* sp) en Costa Rica. Tesis Ph.D. Univ. Göttingen (Alemania). Trad. Por Jaime Espinoza. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB). 126 p.

Gómez, MI; Ortiz, O. 2006. Optimización de la producción y calidad en banano mediante el balance nutricional con micronutrientes (B-Zn). *In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 2, 646 p.*

González, PM; Jaramillo, R. 1979. Sigatoka negra. Enfermedad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis* Mulder y Stover). *ASBANA 3(10):3, 7-9.*

Gutiérrez, MV. 2002. Aspectos Básicos de la nutrición mineral de las plantas, absorción foliar de sustancias útiles en la aplicación de agroquímicos al follaje. *In: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. p. 1-6.*

Guzmán, M. 1995. Comportamiento físico, pH y fototoxicidad de mezclas de fungicidas utilizadas en el combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) con diferentes fertilizantes foliares. San José, C.R. Departamento de Investigaciones, CORBANA 21(45): 41-49.

Guzmán, M. 2002. Situación de la Sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad. *In: Memorias XV Reunión ACORBAT (2002 Cartagena de Indias, CO) Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA ed. Memorias. Cartagena de Indias, CO, 184-191 p.*

Guzmán, M. 2006. Estado actual y perspectivas futuras del manejo de la Sigatoka negra en América Latina. *In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 1, 83-91 p.*

Guzmán, M, Villalta, R. 2006. Aporte de la deshoja sanitaria y prácticas adicionales en el control de la Sigatoka negra en banano (*Musa AAA*). *In: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. pp.58.*

Huber, DM. 1997. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. *Agronomía Costarricense* 21(1):99-102.

Jiménez, MI; Bermeo, J; Márquez, E; Cañarte, S; Encalada, J; Rodríguez, H; Ruíz, O; Ruíz, J; Swennen, R. 2006. Contribución al conocimiento de la relación entre la nutrición del banano (*Musa AAA*) y el desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra. *In: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. pp.60.*

Jiménez, OF; Lhomme, JP. 1993. Rainfall Interception and Radiation Regime in Plantain Canopy. *Fruits* 49(2): 133-139.

Johanson, A; Sreenivasaprasad, S. 1995. Phylogeny of the *Mycosphaerella* species causing Sigatoka leaf spots of banana. *In: XI Reunion ACORBAT (1995, San José CR) Memorias. San José, CR. 265–271 p.*

Lahav, E; Turner, DW. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7. Instituto de la Potasa y el Fosforo, Quito, EC. 29 p.

López, A; Espinoza, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. Quito EC. Instituto de la potasa y el fósforo, (IMPOFOS). 21p.

Malavolta, E. 1994. Fertilización Foliar. *In: Seminario “Fertilidad del Suelos: Diagnostico y control. (1994, Santa Fé de Bogotá Colombia). Memorias. Santa Fé de Bogotá CO. 305-341 p.*

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Inc Ltda., London. 7-73, 285-299 p.

Martínez, G; Hernández, J; Tremont, O; Pargas, R; Manzanilla, E. 2002. Evolución de la Sigatoka negra en Venezuela: 1997-2000. *InfoMusa* 11(1): 6-8.

Marín, DH; Romero, RA; Guzmán, M; Sutton, TB. 2003. Black Sigatoka: An Increasing Threat to Banana Cultivation. *Plant Disease* 87(3):208-222.

Marín, DH; Romero, RA; 1992. El combate de la Sigatoka negra. San José, C.R., Departamento de Investigaciones, CORBANA Boletín No. 4. 21p.

Meredith, DS; Lawrence, JS. 1969. Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): Symptoms of disease in Hawaii, and notes on the conidial state of the causal fungus. *Transaction British Mycological Society* 52(3):459-476.

Molina, EA. 2002a. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. *In: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones* (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. 82-100 p.

Molina, EA. 2002b. Fuentes de fertilizantes foliares. *In: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones* (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. 26-35 p.

Moore, DP. 1983. Mecanismos de captación de micronutrientes por las plantas. *In: Micronutrientes en agricultura*. Ed. JJ. Mortvedt, PM. Giordano, WL. Lindsay. Trad. C. Vaqueiro. Editorial. AGT EDITOR México D.F 267-275 p.

Mourichon, X; Fullerton RA. 1990. Geographical distribution of the two species *Mycosphaerella musicola* Leach (*Cercospora musae*) and *M. fijiensis* Morelet (*C. Fijiensis*), respectively agents of Sigatoka Disease and Black Leaf Streak Disease in bananas and plantains. *Fruits* 45(3):213-218.

Mulder, JL; Stover, RH. 1976. *Mycosphaerella* species causing banana leaf spot. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 64(1):77-82.

Murillo, G; Serrano, E; Guzmán, M. 2001. Evaluación del fertilizante foliar Bayfolan Forte® en banano: efecto sobre el rendimiento y sobre el combate de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Informe final de investigación, Dirección de

Investigaciones CORBANA (Corporación Bananera Nacional, San José, CR). 25 p. (Mimeografiado).

Nava, C; Villarreal, E. 2000. Aplicación de nitrógeno, potasio, boro, magnesio y zinc a plantaciones de plátano, *Musa* AAB cv. Hartón en presencia de la Sigatoka negra. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17:20-35.

O'Hallorans, JM; Díaz, M; Lugo, WI. 2006. Fertilización de plátano con elementos menores en un suelo tropical. In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 1, 365 p.

Olsen, SR. 1983. Interacciones de los micronutrientes en las plantas. In: Micronutrientes en agricultura. Ed. JJ. Mortvedt, PM. Giordano, WL. Lindsay. Trad. C. Vaqueiro. Editorial. AGT EDITOR México D.F 267-275 p.

Olsen, SR. 1982. Micronutrients Interactions. Soil Science Society of America. 4th ed. Madison, Wisconsin, US. 243-264 p.

Orozco-Santos, M; Orozco-Romero, J. 2006. Manejo sustentable de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano: conocimiento del patosistema, practicas culturales y control químico. In: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 1, 100-116 p.

Orozco-Santos, M; Orozco-Romero, J; Velásquez-Monreal, J. 2006. Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa* AAA). In: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. pp.56.

Orozco-Santos, M; Orozco-Romero, J; Farias.larios, J; Vasquez, V. 1996. Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) de bananos en el occidente de México. InfoMusa 5(1):23-24.

Pérez, L. 2006a. Manejo alternativo de la Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en bananos y plátanos. *In*: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. 141-152 p.

Pérez, L. 2006b. Combate químico y alternativo de la Sigatoka negra en banano y plátano: Estado actual y perspectivas *In*: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. 38 p.

Pérez, L; Álvarez, JM; Pérez, M. 2003. Sigatoka negra causada por *Micosphaerella fijiensis* Morelet en Cuba: Impacto económico, resistencia de los clones y manejo de la enfermedad. *Fitosanidad* 7(1): 31-41.

Ploetz, R. 2001. The most important disease of the most important fruit. Black Sigatoka of banana. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0126-01. APSnet. (en línea). Universidad de Florida Estados Unidos. Consultado 19 jun 2007. Disponible en: <http://www.apsnet.org>

Pons, N. 1987. Notes on *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *In* : *Transaction of the British Mycological Society (GBR)*, 89 :120-124 p.

Price, CA ; Clark, HE ; Funkhouser EA. 1983. Funciones de los micronutrientes en las plantas. *In* : *Micronutrientes en agricultura*. Ed. JJ. Mortvedt, PM. Giordano, WL. Lindsay. Trad. C. Vaqueiro. Editorial. AGT EDITOR México D.F. 253-266 p.

Robinson, JC. 1996. Bananas and Plantains. Wallingford, South Africa. CAB International. 8 p.

Romheld, V; El-Fouly, M. 2002. Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. *Informaciones Agronómicas (IMPOFOS)* 3(48): 10-14.

Romero, RA. 1986. Observaciones sobre la incidencia de Sigatoka negra (*M. fijiensis* var. *difformis*) en el cultivo del banano en la zona Atlántica de C. R. ASBANA 10(25):22-25.

Romero, R. 1997. Avances en epidemiología y manejo de la Sigatoka negra del banano. Agronomía Costarricense 21(1):77-81.

Romero, RA; Guzmán, M. 2006. Efectos de la enfermedad de la Sigatoka negra en la producción y calidad. *In*: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. 18 p.

Romero, RA. 2006. Caracterización y manejo de la resistencia a fungicidas en y manejo de la resistencia a fungicidas en *Mycosphaella fijiensis* en bananos. *In*: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v. 1, 92-99p.

Sanders, D; Pelloux, J; Brownlee, C; Harper, JF. 2002. Calcium at the Crossroads of Signaling. Plant Cell 14: S401-S417.

Saborío, F. 2002. Bioestimulantes en fertilización foliar. *In*: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. 107-124 p.

Salas, RE. 2002a. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. *In*: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. 7-18 p.

Salas, RE. 2002b. Fertilización foliar de plantas ornamentales. *In*: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR. 67-76 p.

Segura, R; Serrano, E; Sandoval, J. 2005. Efecto de dosis crecientes del elemento menor boro (B) sobre la producción del cultivo de banano (*Musa AAA*) en un suelo

volcánico del Caribe de Costa Rica. *In*: Informe Anual 2005. Dirección de Investigaciones. Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.). San José, CR. 102-103 p.

Segura, A. 1993. Aspectos básicos de la fertilización foliar. Conferencia presentada en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. 70p.

Segura, A. 2002. Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. *In*: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Memorias. San José, CR.19-25 p.

Serrano, E; Sandoval, J; Pocasangre, L; Rosales, F; Delgado, E. 2006. Importancia de los indicadores físico-químicos en la calidad de suelo para la producción sustentable de banano. *In*: XVII Reunión ACORBAT (2006, Joinville, Santa Catarina, BR). Memorias. Joinville, BR. v.1, 207-221 p.

Silveira, LVA; Krugner, TL; Silveira, RI; Goncalves, AN. 1996. Efeito de boro na suscetibilidade de *Eucalytus citridora* a *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*. *Ftopatol. bras.* 21(4):482-485.

Soto, M. 1992. BANANOS: Cultivo y Comercialización. 2ed. San José, Costa Rica. Litografía e imprenta LIL, S.A. 21p.

Stover, RH; Dickson, JD. 1976. Banana leaf spot caused by *Mycosphaerella musicola* and *M. Fijiensis* var. *difformis*: a comparison of the first Central American epidemics. *FAO Plant Protection. Bulletin* 24:36-42.

Stover, RH. 1978. Distribution and probable origin of *Mycosphaerella fijiensis* in southeast Asia. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 55(1):65-68.

Stover, RH. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease*. 64: 750-756.

Tisdale, SL. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, New York, US. 632 p.

Uhm, KE; Ahn, IP; Kim, S; Lee, YH. 2002. Calcium/calmodulin-dependent signaling for prepenetration development in *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phytopathology* 93(1):82-87.

Vargas, A; Solís, P. 1999. Síntomas de deficiencia y contenido de macro y micro nutrimentos en plantas de banano (*Musa AAA*) bajo condiciones de carencia inducida en cultivo hidropónico. San José, C.R. Departamento de Investigaciones, CORBANA 24(51): 21-42.

Villalta, R; Guzmán, M. 2006. Evaluación de una formulación de *Basillus subtilis* para el control biológico de la Sigatoka negra en banano (*Musa AAA*, cv. Grande Naine) *In*: CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Manejo de la Sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe. Resúmenes, Congreso Internacional, San José, CR, 21-23 de Marzo 2006. 62 p.

White, PJ; Broadley MR. 2003. Calcium in plants. *Annuals of Botany*. 92:487-511.

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos climáticos del 2003 al 2006 de la estación meteorológica La Rita de CORBANA S.A.

Año	Meses	Temperatura (°C)			Precipitación total (mm)	Humedad (%)			Radiación solar (W/m ²)	Velocidad (m/s)	
		Máx.	Mín.	Prom.		Máx.	Mín.	Prom.		Máx.	Prom.
2003	Enero										
	Febrero	29.43	22.30	25.62	2.00	95.75	64.00	82.21	1,364	1.56	0.55
	Marzo	30.87	20.51	25.08	151.80	97.03	60.65	83.85	11,042	1.89	0.54
	Abril	30.78	21.23	25.22	247.20	96.73	64.23	84.93	10,408	1.57	0.46
	Mayo	30.09	22.25	25.23	277.60	96.78	72.13	89.10	6,423	1.47	0.34
	Junio	30.27	21.97	25.10	306.60	96.57	69.22	88.20	6,761	1.39	0.34
	Julio	29.31	22.05	24.90	522.40	96.55	71.29	88.82	8,222	1.43	0.35
	Agosto	29.83	21.87	25.07	390.80	96.10	69.35	87.41	9,424	1.57	0.34
	Septiembre	31.21	21.81	25.58	155.00	95.70	63.70	85.03	10,931	1.70	0.40
	Octubre	30.51	21.93	25.39	197.00	95.62	67.23	86.27	8,37	1.40	0.35
	Noviembre	29.05	21.66	24.56	260.40	95.83	70.87	88.33	7,27	1.30	0.28
	Diciembre	27.25	21.05	23.48	610.60	96.16	75.71	89.90	6,005	1.35	0.35
2004	Enero	28.37	20.00	23.50	199.60	96.00	66.65	85.94	8,944	6.52	1.54
	Febrero	28.76	19.64	23.88	344.60	95.24	64.31	83.85	8,865	6.79	1.86
	Marzo	28.68	20.75	24.16	290.80	95.52	66.13	85.34	9,766	7.87	2.28
	Abril	29.46	21.38	24.90	256.60	95.73	67.93	85.48	9,532	6.08	1.66
	Mayo	28.59	22.23	24.55	977.40	97.00	76.39	91.26	7,273	5.48	1.25
	Junio	29.58	21.90	24.90	426.00	97.10	72.33	89.84	8,245	5.07	1.12
	Julio	29.28	21.46	24.67	179.00	97.16	71.16	88.87	8,775	5.63	1.22
	Agosto	29.35	21.92	24.88	235.60	97.36	73.28	89.78	6,57	5.00	1.05
	Septiembre	31.13	21.13	25.23	256.60	97.17	64.59	86.30	10,567	6.13	1.23
	Octubre	30.80	21.39	25.16	209.60	97.06	66.65	87.56	10,212	5.27	1.06
	Noviembre	28.25	21.43	24.31	262.20	97.35	75.00	89.67	4,728	5.45	1.54
	Diciembre	27.05	20.09	23.03	422.80	97.82	75.55	90.59	4,152	6.56	1.15
2005	Enero	26.00	20.35	22.75	859.63	98.32	78.16	91.55	5,577	1.42	0.46
	Febrero	27.16	20.09	23.14	264.80	97.39	70.61	88.13	6,731	1.54	0.45
	Marzo	30.09	21.28	25.27	111.94	97.32	65.29	85.06	10,126	1.51	0.43
	Abril	29.81	21.35	25.08	269.57	97.63	67.70	86.96	9,097	1.50	0.38
	Mayo	30.61	22.15	25.54	294.60	98.29	68.81	88.85	9,503	1.42	0.29
	Junio	30.81	22.26	25.76	299.00	98.31	68.86	88.41	8,908	1.44	0.28
	Julio	30.38	21.91	25.43	198.20	98.13	68.74	87.89	9,699	1.48	0.24
	Agosto	30.03	21.57	25.09	129.00	99.00	69.45	89.16	8,998	1.84	0.22
	Septiembre	30.37	21.82	25.05	212.60	99.57	67.40	89.42	8,901	2.09	0.26
	Octubre	30.64	21.61	24.94	420.20	99.29	64.61	88.58	9,622	2.46	0.36
	Noviembre	28.32	20.62	23.81	535.60	99.20	73.93	90.79	6,436	1.80	0.22
	Diciembre	29.16	19.84	23.87	371.40	99.81	65.87	87.71	9,213	1.94	0.26
2006	Enero	28.19	19.93	23.45	406.60	100.0	71.03	90.91	8,205	2.27	0.38
	Febrero	28.66	19.35	23.41	165.20	99.68	64.50	87.62	9,044	2.32	0.37
	Marzo	28.60	20.30	23.80	236.00	100.0	67.32	89.24	9,457	2.30	0.39
	Abril	29.58	20.04	24.28	132.60	98.03	63.37	85.94	8,546	1.68	0.28
	Mayo	29.97	21.25	25.08	197.00	100.0	68.87	89.63	9,606	1.93	0.25
	Junio	29.80	21.66	24.91	389.80	99.00	70.53	90.25	5,25	1.25	0.19
	Julio	29.38	21.39	24.57	414.80	98.26	69.10	89.62	5,251	1.27	0.20
	Agosto	29.46	21.39	24.82	196.60	97.29	68.32	87.46	5,54	2.58	0.43
	Septiembre	29.78	20.79	24.48	148.60	96.73	65.90	86.63	5,601	3.04	0.51
	Octubre	29.86	21.20	24.73	151.60	96.58	66.32	87.00	5,52	2.27	0.36
	Noviembre	27.99	20.77	23.59	339.80	97.17	70.63	89.29	5,116	2.48	0.37
	Diciembre	28.17	20.70	23.86	330.00	98.71	72.65	90.88	6,136	1.30	0.17

Anexo 2. Análisis químico de suelo de las parcelas experimentales al inicio del experimento a una profundidad de 0-30 cm, extraído en Mehlich 3 en el laboratorio químico de CORBANA S.A.

Trat.	pH	cmol(+) L ⁻¹					mg L ⁻¹					%
		Al	Acidez Extract	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn	M.O.
T-1	4,30	1,62	1,97	3,21	0,84	0,57	26,56	107,98	1,92	0,98	29,16	6,05
T-2	4,27	1,62	1,93	3,90	1,02	0,45	40,03	100,95	3,56	1,41	40,45	5,04
T-3	4,52	0,93	1,05	5,31	1,30	0,87	40,09	107,86	2,72	1,25	32,41	5,24
T-4	4,47	1,23	1,54	5,26	1,26	0,72	48,63	144,62	2,16	1,41	33,46	3,98
T-5	4,67	0,82	0,83	4,76	0,82	0,49	38,28	94,94	2,32	1,34	22,99	6,60
T-6	4,57	1,61	1,91	4,36	0,97	0,54	39,63	118,72	2,59	1,25	23,18	5,24
T-7	4,90	0,51	0,58	5,81	1,02	0,68	38,83	90,58	2,52	1,25	18,68	5,49
T-8	4,69	0,81	0,98	4,89	1,26	0,84	35,93	102,64	2,61	1,00	25,08	5,90
Prom.	4,55	1,14	1,35	4,69	1,06	0,65	38,50	108,54	2,55	1,24	28,18	5,44
Min.	4,27	0,51	0,58	3,21	0,82	0,45	26,56	90,58	1,92	0,98	18,68	3,98
Max.	4,90	1,62	1,97	5,81	1,30	0,87	48,63	144,62	3,56	1,41	40,45	6,60
Nivel Crítico ¹	< 5,5 > 0,5	> 1	< 5,00 < 2,39 < 0,61 < 20,01	< 50	< 2,01 < 1,01 < 5,01 < 2,00							

¹Según la guía de interpretación de análisis de suelos utilizada por CORBANA S.A. para el cultivo del banano.

Anexo 3. Programa de fertilización al suelo aplicado a los tratamientos.

Semana calendario	Ciclos	Fórmula	Dosis (g)	Ptas /Ha	Kg/ha/año			
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
(46)17-11-06	1	19,3-23-0-12(S)	90	1.800	31,19	37,26	0	19,4
(50)15-1206	2	18-0-30-4,8(S)	100	1.800	32,22	0	54	8,64
(02)12-01-07	3	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(5)01-02-07	4	13,5-0-20,5-14,5(S)	85	1.800	20,59	0	31,25	22,1
(08)22-02-07	5	13,5-0-20,5-14,5(S)	85	1.800	20,59	0	31,25	22,1
(09)02-03-07	6	DAP	80	1.800	25,4	65	0	0
(12)22-03-07	7	13,5-0-20,5-14,5(S)	85	1.800	20,59	0	31,25	22,1
(16)19-04-07	8	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(19)10-05-07	9	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(22)01-06-07	10	21,3-0-32,3	55	1.800	20,59	0	31,25	0
(26)28-06-07	11	21,3-0-32,3	55	1.800	20,59	0	31,25	0
(30)23-07-07	12	21,3-0-32,3	55	1.800	20,59	0	31,25	0
(33)15-08-07	13	21,3-0-32,3	55	1.800	20,59	0	31,25	0
(36)07-09-07	14	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(39)27-09-07	15	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(42)18-10-07	16	18-0-27,3	65	1.800	20,59	0	31,25	0
(45)09-11-07	17	21,3-0-32,3	55	1.800	20,59	0	31,25	0
Total					377,07	102,26	491,5	94,34

Balance de formulas según el ciclo:

Ciclo 1: 19,3-23-12 (S)-- DAP 50 %, (NH₄)₂ SO₄ 50 %. Para 1.800 plantas/hectárea mezclar: 81 Kg de DAP; 81 Kg de (NH₄)₂ SO₄.

Ciclo 2: 18-0-30-4,8 (S)-- KCl 50 %, Urea 30 %, (NH₄)₂ SO₄ 20 %. Para 1.800 plantas/hectárea mezclar: 90 Kg de KCl; 54 Kg de Urea; 36 Kg de (NH₄)₂ SO₄.

Ciclo 4, 5 y 7.: 13,5-0-20,5-14,5(S)-- (NH₄)₂ SO₄ 66 % KCl 34 %. Para 1.800 plantas/hectárea mezclar: 100,43 Kg de (NH₄)₂ SO₄; 52,08 Kg de KCl.

Ciclo 3, 8, 9, 14, 15 y 16: 18-0-27,3-- NH₄ NO₃ 55 %, KCl 45 %. Para 1.800 plantas/hectárea mezclar: 62,39 Kg de NH₄ NO₃; 52,08 Kg de KCl.

Ciclo 10, 11, 12, 13 y 17: 21,3-0-32,3-- UREA 46 % KCl 54 %. Para 1.800 plantas/hectárea mezclar: 44,76 Kg de UREA; 52,08 Kg de KCl.

Anexo 5. Programa de aplicación de fungicidas empleado para el control de la Sigatoka negra y aplicación de fertilizantes foliares.

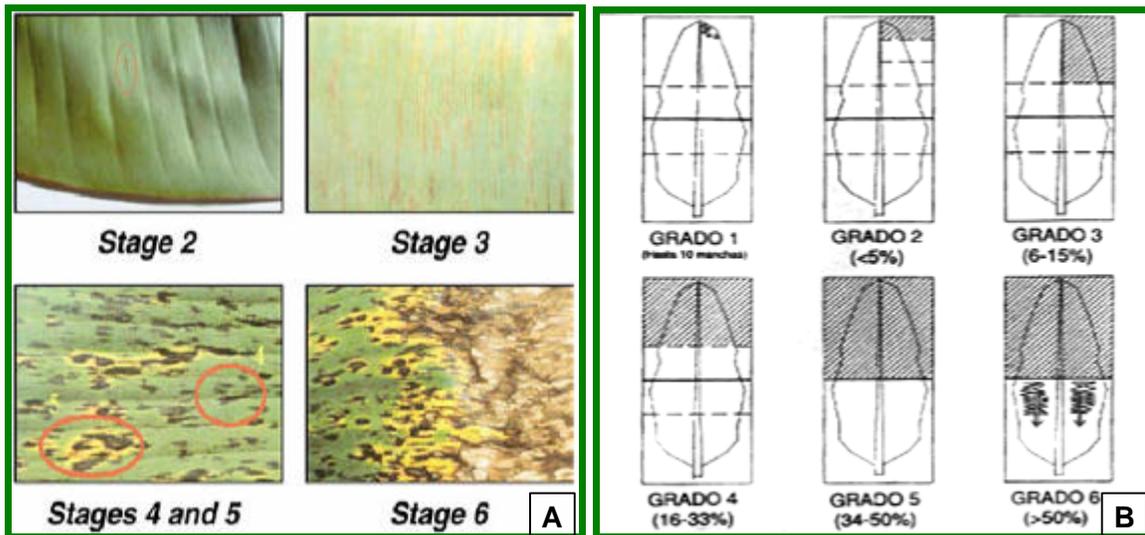
N° ciclo	Semana	Fecha	Intervalo del ciclo	Productos	Dosis (L/ha) Fungicida ¹	Aceite ² (L/ha)
1	48	01/12/06		Calixin 80 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	5
2	49	07/12/06	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares ³	2	7
3	50	14/12/06	7	Siganex 60 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
4	51	19/12/06	5	Dithane 60SC [®] + Foliares	2	5
5	52	28/12/06	9	Sico 25 CE [®] + Dithane 60 SC [®]	0,4 + 1,5	8
6	1	03/01/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
7	2	11/01/07	8	Regnum 25 EC [®] + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,4	8
8	3	17/01/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
9	4	23/01/07	6	Calixin80 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
10	5	30/01/07	7	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	7
11	6	05/02/07	6	Dithane 60 SC [®]	2	5
12	7	13/02/07	8	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	7
13	8	22/02/07	9	Folicur 25 EW [®] + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,5	8
14	9	28/02/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
15	10	09/03/07	7	Siganex 60SC [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
16	11	14/03/07	5	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
17	12	20/03/07	6	Dithane 60 SC [®]	2	5
18	13	26/03/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
19	14	03/04/07	8	Sico 25 CE [®] + Dithane 60 SC [®]	0,4 + 1	8
20	15	10/04/07	7	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	6
21	16	18/04/07	8	Calixin 80 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
22	17	24/04/07	6	Dithane 60 SC + Foliares	2	5
23	18	03/05/07	9	Baycor 30 DC [®] + Calixin 80 OL [®]	0,5 + 0,5	8
24	19	09/05/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
25	20	17/05/07	8	Regnum 25 EC + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,4	8
26	21	21/05/07	4	Dithane 60 SC [®]	1,75	5
27	22	25/05/07	4	Dithane 60 SC [®] + Foliares	1,75	5
28	22	01/06/07	7	Dithane 60 SC [®] + Calixin 80 OL [®]	1 + 0,5	7
29	23	06/06/07	5	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
30	24	14/06/07	8	Sico 25 CE [®] + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,5	8
31	25	19/06/07	5	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
32	26	26/06/07	7	Siganex 60 SC [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	8
33	27	04/07/07	8	Folicur 25 EW [®] + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,5	8
34	28	10/07/07	6	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	7
35	29	17/07/07	7	Dithane 60 SC [®] + Calixin 80 OL [®]	1 + 0,5	7
36	30	24/07/07	7	Dithane 60 SC + Foliares	2	5
37	31	31/07/07	8	Sico 25 CE [®] + Calixin 80 OL [®]	0,4 + 0,5	8
38	32	07/08/07	7	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
39	33	13/08/07	6	Calixin 80 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
40	33	17/08/07	4	Dithane 60 SC + Foliares	1,75	4
41	34	24/08/07	7	Siganex 60 SC [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1	7
42	35	29/08/07	5	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
43	36	06/09/07	8	Benomil 50 WP [®] + Dithane 60 SC [®]	0,28 + 1,5	8
44	37	11/09/07	5	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	5
45	38	19/09/07	8	Baycor 30 DC [®] + Calixin 80 OL [®]	0,5 + 0,5	8
46	39	25/09/07	6	Calixin 80 OL [®] + Dithane 60 SC [®]	0,5 + 1,5	7
47	39	28/09/07	4	Dithane 60 SC [®] + Foliares	2	3

1/Dosis recomendada por la casa comercial.

2/Se usó emulsificante al 1% de volumen total de aceite mineral.

3/Foliares= los tratamientos fertilizantes estudiados

Anexo 6. (A) Estadios de desarrollo de la Sigatoka negra según Fouré (1985), (B) escala de Stover modificada por Gauhl (1989).



Apéndice

Apéndice 1. Guía para la interpretación de análisis foliares (hoja 3) utilizada por CORBANA S.A.

Elemento	Unidad	Deficiente (D)	Adecuado (A)	Alto (H)	Referencia
Nitrógeno (N)	%	0 - 2,6	2,61 - 2,7	2,71-4	Lahav & Turner, 1983*
Fósforo (P)	%	0 - 0,13	0,131 - 0,19	0,191-4	Lahav & Turner, 1983*
Potasio (K)	%	0 - 2,5	2,51 - 3	3,01-5	Lahav & Turner, 1983*
Calcio (Ca)	%	0 - 0,5	0,51 - 1	1,01-2	Lahav & Turner, 1983*
Magnesio (Mg)	%	0 - 0,2	0,21 - 0,29	0,3-0,46	Lahav & Turner, 1983*
Azufre (S)	%	0 - 0,1	0,11 - 0,2	0,21-0,27	Lahav & Turner, 1983*
Hierro (Fe)	mg kg ⁻¹	0 - 69	70 - 100	101-900	
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	0 - 3	3,01 - 6	6,01-100	Lahav & Turner, 1983*
Zinc (Zn)	mg kg ⁻¹	0 - 14	14 - 20	20,1-35	Lahav & Turner, 1983*
Manganeso (Mn)	mg kg ⁻¹	0 - 10	10,1 - 1000	1001-2000	
Boro (B)	mg kg ⁻¹	0 - 10	10,01 - 19	19,01-100	Lahav & Turner, 1983*

*Adaptado de tablas originales.

Lahav y Turner modificados por Robinson *et. al.* 1997. Plant Analysis. An interpretation Manual.