

## **Estudio preliminar de vigilancia y pronóstico para sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa* AAB cv Hartón) en Macagua-Jurimiquire, estado Yaracuy**

L. Hernández G.<sup>1</sup>, W. Hidalgo<sup>2</sup>, B. Linares<sup>1</sup>, J. Hernández<sup>1</sup>,  
N. Romero<sup>3</sup> y S. Fernandez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CIAE, Yaracuy). Apdo. 110, San Felipe, Yaracuy 3201, Venezuela.

<sup>2</sup>Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (UCLA), Postgrado de Fitopatología, Cabudare. Apdo. 400, Lara, Venezuela.

<sup>3</sup>Instituto Universitario de Tecnología del Yaracuy (IUTY). San Felipe, Yaracuy.

<sup>4</sup>INIA-CIAE, Lara. Km. 7, Carretera Barquisimeto-Duaca, Apdo. 592, Barquisimeto, Lara.

### **Resumen**

Con la finalidad de diseñar un programa de vigilancia y pronóstico para la enfermedad conocida como sigatoka negra en pequeños sistemas de producción de plátano (*Musa* AAB cv Hartón) del Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, estado Yaracuy; durante 1998-2000, se determinó quincenalmente: el promedio ponderado de infección (PPI), posición de la hoja más joven manchada (PHJM) y emisión foliar (EF); diariamente: precipitación (PP), humedad relativa (HR), evaporación (Eva), temperatura máxima y mínima (Tmax y Tmin), nubosidad (Nub), insolación (Ins) y radiación (Rad). Se correlacionó el PPI con las variables climáticas registradas desde una hasta ocho semanas previas y consecutivas a la evaluación de la severidad de la enfermedad en campo. Las variables con mejor coeficiente de correlación se analizaron por regresión múltiple. Los promedios mensuales de las variables climáticas fueron: PP: 143,5 mm; Tmax: 29°C; Tmin: 21°C y HR: 78,5%. Los mayores valores de PPI se observaron en enero, mayo, septiembre, octubre y diciembre, con valores de 1,31; 1,14, 1,32; 1,20 y 1,21; respectivamente. El valor promedio de PHJM fue 5,38; con valor máximo de 6,88 y mínimo de 4,40; mientras que el valor promedio de PPI fue de 1,13, con valor mínimo de 0,64 y

---

Recibido el 24-2-2003 ● Aceptado 24-5-2005

<sup>1</sup>Autor para la correspondencia email: yaracuy@inia.gov.ve; whidalgo@delfos.ucla.edu.ve; iuty@reacciun.ve; lara@inia.gov.ve

máximo de 1,32. Se observó correlación negativa entre el PPI y PHJM ( $r = -0,7132^{**}$ ) y entre PPI y EF ( $r = -0,2556^{*}$ ). La ecuación que permitió explicar el comportamiento de la enfermedad en un 33,32% en relación con el clima fue:  $PPI = 3,7241^{**} - 0,0047^{**}Nub - 0,0015^{**}Tmin + 2,019^{**}HR - 0,0051^{**}Eva$ , con valores acumulados durante seis semanas consecutivas y previas a la última semana de observación del PPI.

**Palabras clave:** epidemiología, incidencia, manejo integrado de plagas, clima, sigatoka negra, *Musa* AAB, Venezuela.

## Introducción

El plátano (*Musa* AAB) tiene importancia en la dieta del venezolano, a pesar de que por muchos años, el cultivo ha sido manejado en forma tradicional y con pocas oportunidades de reorientación del sistema productivo (17).

En 1998 la superficie nacional de este cultivo era de 73.606 ha (2). Para 1999, en el estado Yaracuy se reportaron 1.735 ha y un rendimiento de 9,8 t/ha; los municipios de mayor relevancia para esta época fueron Veroes con 732 ha y San Felipe con 513 ha, seguidos por los municipios Nirgua, Bolívar, La Trinidad, Cocorote, Sucre, José Antonio Páez y Bruzual (10).

La sigatoka negra es una enfermedad que afecta severamente al cultivo del plátano sino se maneja en el momento oportuno. El agente causal de la enfermedad es el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cuya forma imperfecta corresponde con *Paracercospora fijiensis* (Zimm) Deighton (21). La industria bananera es seriamente amenazada cuando la enfermedad se presenta en las plantaciones, dada a la gran cantidad de esporas (ascosporas) que produce el hongo; la dificultad de control y el alto costo, ya que la mayor esporulación

ocurre en el envés de las hojas y el patrón de infección es en dirección de la vena central (19).

La sigatoka negra es la enfermedad que más daño causa a la producción de banano y plátano, se han estimado pérdidas generales entre 50 y 100% (23, 31). Afecta drásticamente el sistema foliar y causa pérdidas importantes en la cosecha, en banano entre 10 y 30%, también pérdidas en la calidad de la fruta por maduración prematura (27). En plátano las pérdidas ocurren principalmente en plantaciones pequeñas cuando no se controla químicamente (5).

En Venezuela, esta enfermedad fue detectada en 1991 en el estado Zulia. En 1992 comenzó a extenderse en los estados Mérida, Trujillo y Barinas, y de 1994 a 1997 se diseminó a los estados Portuguesa, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Sucre, Bolívar y Delta Amacuro (11). Después de su presencia en el municipio Independencia de Yaracuy (1994), se iniciaron actividades de rastreo de la enfermedad en las plantaciones del estado, incluyendo las zonas limítrofes con Lara y Carabobo. Producto de estos muestreos, la sigatoka negra se encontró en todos los municipios pro-

ductores de banano y plátano de los estados Yaracuy y Carabobo (11).

El hongo causante de la enfermedad se desarrolla en las hojas en diferente posición de la planta, en período de lluvia o sequía, aunque se hace más severa a mayor humedad relativa y alta precipitación. La velocidad de evolución de la enfermedad depende del comportamiento de la temperatura del aire y de la duración de las horas con rocío y lluvia. Se ha encontrado relación altamente significativa entre la enfermedad y el número de horas semanales con humedad relativa superior a 95% en seis y ocho semanas anteriores a la observación de la enfermedad (20).

Trabajos de investigación señalan la existencia de una relación estrecha entre el clima, la incidencia y el desarrollo de la enfermedad (3, 5, 30). En Venezuela se observó influencia del clima en las zonas donde la sigatoka negra causó estragos en la producción, las cuales se caracterizan por presentar una precipitación mayor a 1.520 mm/año, en concentración variable de seis a diez meses, humedad relativa de 80 a 82% y temperatura promedio entre 25 y 28°C (16).

La enfermedad ha sido controlado en diferentes países con el uso de fungicidas, en mezclas de productos, con frecuencia fija de aplicación, independientemente de las condiciones climáticas y la severidad de la enfermedad, llegando en algunos casos a hacerse hasta 19 aplicaciones por año (6). Los fungicidas, en espe-

cial los sistémicos, ejercen todavía un control efectivo contra la sigatoka negra; sin embargo ya se observó el desarrollo de resistencia del patógeno contra estos agroquímicos y además, sus efectos en el ambiente son motivo de mucha preocupación (8).

Se ha mencionado que los registros climáticos permiten derivar información con fines de pronósticos y control de la enfermedad (7). Debido al elevado número de aplicaciones de productos químicos, la sigatoka negra ha sido manejada en algunas zonas del mundo mediante el uso de sistemas de preavisos de tipo biológicos y fisiológicos (14, 26). Por ejemplo, una alternativa propuesta en Costa Rica fue predecir el periodo de latencia de la sigatoka negra utilizando el procedimiento «Regresión paso a paso», donde con datos colectados en dos localidades, seleccionaron dos modelos que explicaron un 78% de la variación observada en el período de latencia de la enfermedad (24).

Los objetivos de este estudio fueron: 1. Evaluar el progreso de la sigatoka negra en cultivo de plátano en el Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes del estado Yaracuy. 2. Correlacionar el progreso de la enfermedad con las variables climáticas de la zona de estudio. 3. Determinar una ecuación con fines de vigilancia y pronóstico de la sigatoka negra, como estrategia para el manejo integrado de la enfermedad en pequeños sistemas de producción de plátano.

## Materiales y métodos

### Descripción y ubicación de la unidad de producción:

Se seleccionó una plantación de plátano *Musa* AAB cv Hartón de diez años de edad bajo explotación continua, con una superficie de 4 ha, localizada en el Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes del estado Yaracuy, enmarcada en el valle del Río Yaracuy y ubicada aproximadamente a 20 km de la ciudad de San Felipe, a 10° 21' 45" de latitud y 68° 39' 00" de longitud y una altura de 107 msnm (4). La zona corresponde con la clasificación de Bosque Seco Tropical (12), con suelos de textura franco arenosa, bajos en fósforo, potasio, materia orgánica y conductividad eléctrica, y muy altos en contenido de calcio.

Durante el período de evaluación (1998-2000), la zona presentó una temperatura: máxima de 29°C, mínima de 21°C y promedio de 25°C; con humedad relativa de 78,5% y una precipitación de 143,5 mm (4).

De la superficie total de la finca (4 ha), se seleccionó 1 ha, donde se establecieron veinticinco estaciones de muestreo, cada una constituida por una planta en completo desarrollo vegetativo y con un promedio de siete hojas fotosintéticamente activas (2 meses de edad). En cada planta se evaluaron variables relativas al cultivo y variables relativas a la incidencia y severidad de la enfermedad, hasta el momento de emisión de la inflorescencia. Una vez que la planta emitió la inflorescencia, se seleccionó una planta nueva, cercana a la elimi-

nada para el muestreo, con las mismas características indicadas previamente.

Las evaluaciones se iniciaron en junio de 1998 y finalizaron en diciembre de 2000, con una frecuencia de quince días entre evaluaciones.

### Variables evaluadas en el estudio:

**1) Variables relacionadas con la incidencia y severidad de la enfermedad:** el grado de daño de la enfermedad en cada hoja se estableció según la escala de Stover modificada (6, 28, 29); la posición de la hoja más joven manchada con sigatoka negra (PHJM), enumerando las hojas a partir de la hoja bandera y hacia abajo (13). Con estos datos se determinó el promedio ponderado de infección (PPI), donde  $PPI = \sum [(hoja manchada por grado \times grado respectivo de severidad)] / \text{total de hojas evaluadas por planta}$ ; cuyo resultado se expresa como un índice que expresa la severidad de la enfermedad.

**2) Variable relacionada con el cultivo:** emisión foliar (EF), la cual representa el número de hojas emitidas por planta, se expresa en «hojas.candela» (1) y número de hojas fotosintéticamente activas por planta (NHP).

**3) Variables relacionadas con el clima:** según los registros climatológicos suministrados por la estación meteorológica de la Fundación Danac-Polar y Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales (4), ubicada en la vía San Javier-Guarataro aproximadamente a 10 km

de distancia de la zona de estudio, se registró diariamente durante el período del estudio: temperatura máxima ( $T_{\text{máx}}$ ) y mínima ( $T_{\text{mín}}$ ) en °C, precipitación (PP) en mm, humedad relativa (HR) en porcentaje, evaporación (Eva) en mm, nubosidad (Nub) en octavos, insolación (Ins) y radiación (Rad) en  $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ .

### **Análisis estadístico de los resultados:**

La información recabada en campo fue registrada en una hoja de cálculo, en la cual se determinó el PPI, la PHJM y el promedio de EF. Para el análisis de los datos se consideró la distribución normal de las variables, con la prueba de normalidad de Wilk-Shapiro, aquellos casos donde los datos no presentaban una distribución normal, se realizó la transformación de los mismos. Las variables en las cuales no fue posible su normalización se trabajaron de acuerdo con la naturaleza de las mismas por vía no paramétrica. Los datos fueron procesados con la ayuda del programa Statistix versión 7,0.

Para seleccionar la mejor ecuación que estimara el comportamiento

de la sigatoka negra, se relacionaron las variables fitopatológicas (PPI y PHJM) y las climáticas (HR,  $T_{\text{max}}$ ,  $T_{\text{min}}$ , Eva y Nub). Se realizó un análisis de correlación entre las variables y posteriormente un análisis de regresión múltiple, donde las variables dependientes fueron las relacionadas con la severidad de la enfermedad y las independientes con el clima. Finalmente, para evaluar el comportamiento de la sigatoka negra en función de las variables climáticas, los datos se procesaron por dos métodos. El primero relacionó el PPI con los valores acumulados y consecutivos de las variables climáticas de una, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete y ocho semanas previas a la fecha de evaluación de la severidad de sigatoka negra en la plantación. En el segundo método se analizaron los datos acumulados desde una hasta ocho semanas previas a la evaluación de la enfermedad, pero considerando los valores acumulados de una semana solamente. En ambos casos, la semana en la cual cada variable presentó el mayor coeficiente de correlación, se analizó por regresión múltiple en función del PPI (22).

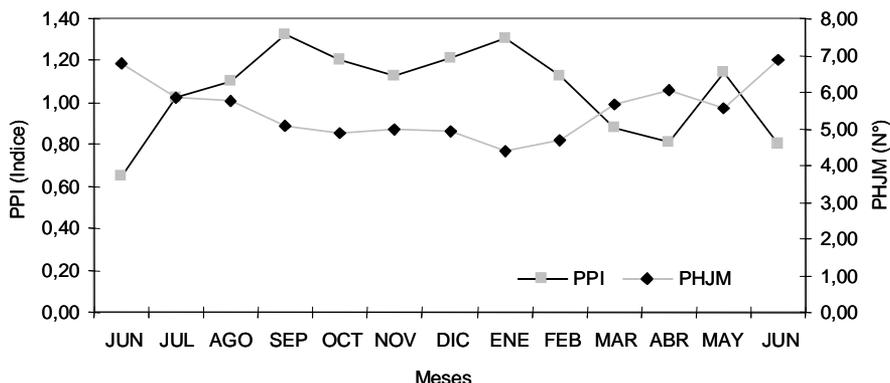
## **Resultados y discusión**

### **Comportamiento de la posición de la hoja más joven manchada, del promedio ponderado de infección y emisión foliar:**

El valor promedio anual de PHJM fue 5,38; con un valor mínimo igual a 4,40 y máximo de 6,88 hojas manchadas con sigatoka negra. Mientras que el promedio de PPI fue 1,13; con valor mínimo de 0,64 y máximo

de 1,32 durante el período de evaluación. El promedio de EF fue 1,42 hojas, con un valor mínimo de 0,70 y máximo de 3,0 hojas emitidas quincenalmente (figura 1, cuadro 1). El número de hojas por plantas fue considerado para determinar el PPI.

El comportamiento de la enfermedad estuvo sujeto a una dinámica que dependió de las condiciones am-



**Figura 1. Promedio ponderado de infección (PPI) y posición de la hoja más joven manchada (PHJM) promedio con sigatoka negra en plátano. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 a diciembre 2000.**

bientales durante el período 1998-2000, la cual mostró diferentes fases de desarrollo, lo que indica que la enfermedad es cíclica, mostrando fluctuaciones variables durante el año y entre los años de evaluación, con crecimiento exponencial brusco entre los meses de junio-julio, agosto-septiembre, noviembre-enero y abril-mayo (fi-

gura 1). Luego se manifiesta una fase de desaceleración del crecimiento en los meses de septiembre-noviembre y enero-abril. La época donde se manifestaron los síntomas de la enfermedad con mayor severidad fue en los meses de enero, mayo y septiembre, posteriormente a esta época, se puede decir que se definió una fase de

**Cuadro 1. Estadística<sup>1</sup> descriptiva para promedio ponderado de infección (PPI) hoja más joven manchada (PHJM) con sigatoka negra y emisión foliar (EF) en plátano. Macagua-Jurimiquire. Junio 1998 – diciembre 2000.**

Estadísticos	PPI (Indice)	PHJM (No.)	EF (Hojas.candela)
Promedio	1,13	5,38	1,42
SD	0,25	0,81	0,45
Varianza	0,07	0,65	0,20
CV	22,5	14,90	1,73
Valor mínimo	0,64	4,40	0,70
Valor máximo	1,32	6,88	3,08
Kurtosis	0,26	2,22	0,35
Wilk-Shapiro	0,96	0,91	0,93

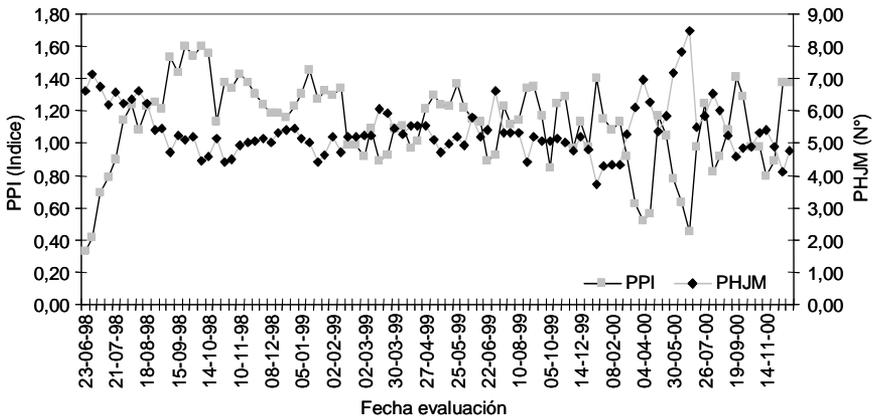
<sup>1</sup>Para la estimación de los estadísticos se consideró una población N = 92.

autodestrucción del hongo, en los meses de febrero, marzo, abril y octubre; ya que se pudo observar un período de recuperación de la planta, corroborándose con el incremento de los valores de la PHJM (figura 1).

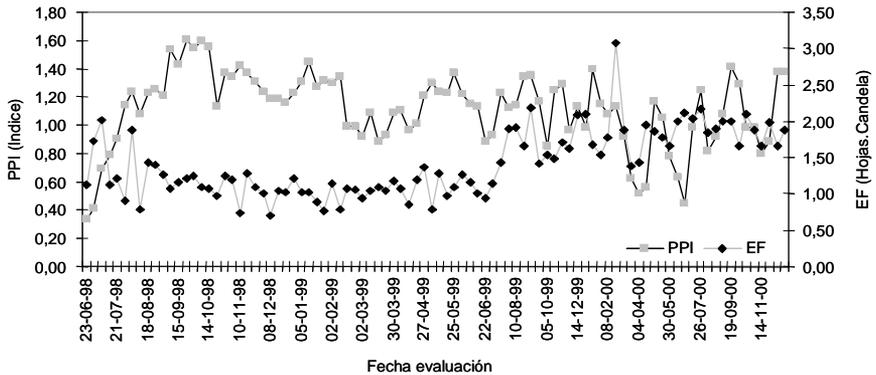
La curva de progreso de la sigatoka negra por año de estudio, indicó que la mayor incidencia y severidad de la enfermedad ocurrió en septiembre y octubre de 1998; en enero, mayo, agosto y octubre en 1999; y en enero, septiembre, octubre y diciembre en 2000 (figuras 2 y 3). Una vez conocida la dinámica de la enfermedad, se puede establecer un programa de manejo integrado de la sigatoka negra (6, 22, 15), de acuerdo con los resultados obtenidos, las prácticas de control fitosanitario en Macagua-Jurimiquire y en zonas con condiciones climáticas similares, en los meses de crecimiento o fase exponencial de la enfermedad. En esta zona, es adecuado hacer un control preventivo en marzo-abril, junio-julio y noviembre.

En México, durante 1985-1987, un estudio determinó que la sigatoka negra presentó ciclos epidémicos anuales en los que se distinguió una fase exponencial al inicio de la temporada de lluvias (junio-agosto) y una fase terminal inducida por el cambio de la forma de la lluvia y un descenso en la temperatura que afectó al patógeno en septiembre-octubre, y culminó en abril y mayo del siguiente año (22).

En el análisis de correlación se observó una relación inversa y altamente significativa ( $a \leq 0,05$ ) entre el PPI y la PHJM con sigatoka negra ( $r = -0,7132^{**}$ ); esto indica, que cuando el grado de severidad de la enfermedad aumenta, la posición de la hoja más joven manchada disminuye, debido a que las hojas cercanas a la hoja bandera (candela) son las que muestran los primeros síntomas por sigatoka negra. Esta misma relación se ha observado en otros estudios, en Honduras, por ejemplo, se observó una correlación inversa entre la PHJM y



**Figura 2.** Distribución del promedio ponderado de infección (PPI) y posición de la hoja más joven manchada (PHJM) con sigatoka negra en plátano. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 a diciembre 2000.



**Figura 3. Distribución del promedio ponderado de infección (PPI) de sigatoka negra y emisión foliar (EF) en plátano. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 a diciembre 2000.**

la intensidad de la enfermedad (28); y este mismo comportamiento fue señalado por Gauhl en Costa Rica (5).

La relación entre el PPI y la EF fue inversa y significativa, con un coeficiente de correlación igual a  $r = -0,2556^*$ ; cuando la severidad de la enfermedad aumenta, la producción de hojas en la planta disminuye (figura 3). Fisiológicamente se ha demostrado que una planta de plátano debe producir en promedio siete hojas para emitir un racimo bien formado (18).

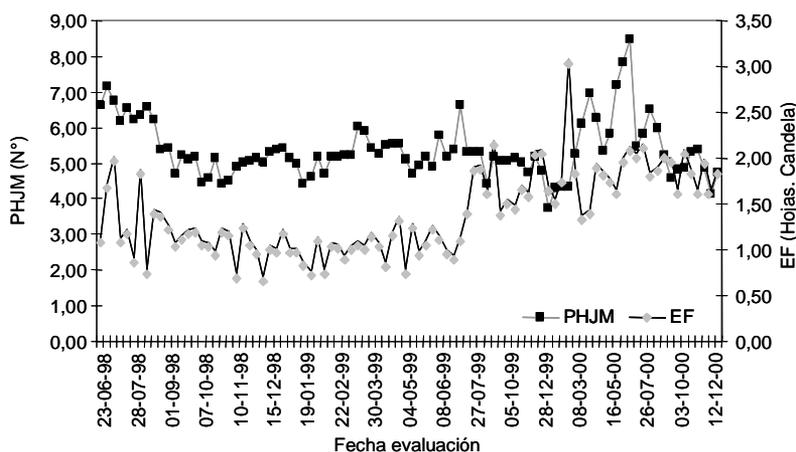
No se observó correlación entre el PHJM y la EF ( $r = 0,1067^{ns}$ ), lo que nos indica que la planta emite hojas en presencia o ausencia de la sigatoka negra; esto se puede observar en la curva de progreso de la enfermedad para estas dos variables (figura 4), aunque cuando la enfermedad es severa, con un alto índice de PPI, la EF es más lenta. Se ha señalado además, que no hay relación entre el ciclo vegetativo de la planta y el número de hojas a floración (18).

#### **Relación entre las variables**

#### **climáticas y el promedio ponderado de infección:**

Los métodos evaluados permitieron establecer ecuaciones de regresión que relacionaron, a diferentes niveles, el comportamiento de la enfermedad en función de las condiciones climáticas (cuadro 2 y 3). El método más adecuado para determinar la ecuación de regresión que explique el comportamiento de la enfermedad, resultó ser aquel donde se consideraron los valores acumulados consecutivos por semanas de las variables precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínima, evaporación y nubosidad (cuadro 2).

La ecuación que explicó mejor el PPI de sigatoka negra en la zona en estudio, fue aquella que consideró los valores acumulados de las variables climáticas de seis semanas consecutivas y previas a la última semana de evaluación del PPI, con un coeficiente de determinación bajo, que podría considerarse aceptable ( $R^2 = 0,3332$ ) con alta significancia estadística para



**Figura 4. Distribución de la posición de la hoja más joven manchada (PHJM) con sigatoka negra y la emisión foliar (EF) en plátano. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 a diciembre 2000.**

un  $\alpha \leq 0,05$  en cada uno de los coeficientes de la ecuación, este se obtuvo del primer método analizado (cuadro 2). Esto indica, que el 33,32% del comportamiento de la enfermedad es explicado por los valores acumulados durante seis semanas consecutivas de las variables nubosidad, temperatura mínima, humedad relativa y evaporación, previos a la evaluación de la enfermedad en campo, expresado por la ecuación:

$$\text{PPI} = 3,7241^{**} - 0,0047^{**} \text{ Nub} - 0,0015^{**} \text{ Tmin} + 2,019^{**} \text{ HR} - 0,0051^{**} \text{ Eva.}$$

El hecho de tomar como referencia, los datos climatológicos registrados por una estación metereológica ubicada a 10 Km de la zona de estudio, podría haber influido en este porcentaje de 33,32% obtenido. Aunque se puede afirmar que el 66,68% restante, podría ser atribuido a otros factores no estudiados en este trabajo. En otra investigación, hubo resulta-

dos significativos cuando se registraron los datos climáticos dentro de la plantación; se realizó un análisis de regresión múltiple entre el PPI y los factores climáticos (Stepwise) y se encontró un 76,95% de la explicación de la severidad para 14 variables climáticos, donde se destacaron la T del aire en la tarde, la HR de día y de noche y los eventos sin la PP 20 días antes (25).

Por otra parte, la variación de la severidad depende de la interacción patógeno, hospedante, clima y el espacio, tal como se ha señalado en otras investigaciones (15, 22), por lo que se debe considerar la incorporación en estos estudios, de las prácticas de manejo agronómico del cultivo, como el deshoje oportuno y controlado, control de malezas (como hospedantes alternos), así como el uso de fertilizantes, no considerado en esta investigación.

La asociación más alta, significativa y altamente significativa para

**Cuadro 2. Modelo de regresión para la variable dependiente promedio ponderado de infección de sigatoka negra en función de valores acumulados consecutivos por semana de las variables precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínima, evaporación y nubosidad. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 – diciembre 2000.**

Sem	Variables y coeficientes con sus probabilidades para cada ecuación y = a + bX <sub>1</sub> + cX <sub>2</sub> + dX <sub>3</sub> + eX <sub>4</sub> + fX <sub>5</sub> + gX <sub>6</sub>	R <sup>2</sup>
1	PPI = 2,1039** - 0,0131(Nub)* - 0,0027(Tmin)*	0,1002
2	PPI = 1,0659** + 0,0040(Tmax)** - 0,0055(Tmin)**	0,1260
3	PPI = 2,8247** - 0,0086(Nub)** - 0,0016(Tmin)**	0,1760
4	PPI = 2,9776** - 0,0071(Nub)** - 0,0014(Tmin)**	0,1861
5	PPI = 3,6497** - 0,0063Nub** - 0,0017Tmin** + 1,4268HR** - 0,0042Eva**	0,2861
6	PPI = 3,7241** - 0,0047Nub** - 0,0015Tmin** + 2,0190HR** - 0,0051Eva**	0,3332
7	PPI = 1,6336** - 0,0029Tmin** + 0,0018Tmax** + 2,6145HR** - 0,005Eva**	0,3042
8	PPI = 1,5814 - 0,0026Tmin** + 0,0016Tmax** + 2,7783HR** - 0,0045Eva**	0,2992

PPI: promedio ponderado de infección, PP: precipitación, HR: humedad relativa, y Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima, Eva: evaporación y Nub: nubosidad. Sem: semana.

**Cuadro 3. Modelo de regresión para la variable dependiente promedio ponderado de infección de sigatoka negra considerando acumulados de una a ocho semanas de las variables precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínima, evaporación y nubosidad previas a la evaluación de PPI. Macagua-Jurimiquire, Yaracuy. Junio 1998 – diciembre 2000.**

Sem	Ecuación y probabilidad de los coeficientes con sus variables $y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$	R <sup>2</sup>
1	$PPI = 2,0776^{**} - 0,0117Nub^* - 0,0028Tmin^*$	0,1002
2	$PPI = 1,0239^{**} + 0,0048Tmax^* + 0,0061Tmin^{**}$	0,0752
3	$PPI = 2,1019^{**} - 0,0119(Nub)^* - 0,0109(Eva)^{**}$	0,1143
4	$PPI = 1,9882^{**} - 0,0109(Nub)^* - 0,0091(Eva)^{**}$	0,0890
5	$PPI = 1,1405^{**}$	0,0000
6	$PPI = 1,1432^{**}$	0,0000
7	$PPI = 1,1368^{**} - 0,0130Nub^{**} + 0,0008HR^* + 0,0012PP^{**}$	0,1424
8	$PPI = 1,6084^{**} - 0,0111Nub^*$	0,0594

PPI: promedio ponderado de infección, PP: precipitación, HR: humedad relativa, y Tmax: temperatura máxima, Tmin: temperatura mínima, Eva: evaporación y Nub: nubosidad. Sem: semana.

un  $a \leq 0,05$ , entre PPI y las variables climáticas en Macagua-Jurimiquire, se encontró con PP acumulada de dos semanas (14 días) ( $r = 0,2816^*$ ), HR acumulada siete semanas (49 días) ( $r = 0,4749^{**}$ ), Nub acumulada tres semanas (21 días) ( $r = -0,3928^{**}$ ) e insolación acumulada ocho semanas (56 días) ( $r = 0,4713^{**}$ ). Una investigación realizada en el Sur del Lago de Maracaibo, demostró correlación entre la severidad de ataque de la enfermedad y la precipitación, temperatura del aire y humedad relativa acumulados 25 días previos a la evaluación de sigatoka negra (7).

También se pudo determinar una relación de dependencia entre el PPI con la Tmin y la Nub, acumuladas consecutivamente una, tres y cuatro semanas, pero con bajo coeficien-

te de determinación. Mientras que, acumulados consecutivos de Tmax, Tmin, HR y Eva se relacionaron con el PPI siete y ocho semanas acumuladas consecutivas y previas al cálculo del PPI con valores aproximados de  $R^2 = 0,30$  (cuadro 2).

Al estudiar la regresión múltiple, para el segundo método analizado, entre el PPI y las variables climáticas acumuladas desde una hasta ocho semanas (cuadro 3), no se observó ninguna relación entre el PPI y las variables climáticas; los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) fueron muy bajos. El mayor  $R^2$  fue de 0,1424 para siete semanas, esto significa que el 14,24 % del PPI es atribuido a las variables Nub, HR y PP acumulados durante una semana, pero siete semanas anteriores a la evaluación de la

enfermedad en campo.

Este estudio se realizó en el cultivo de plátano, y se pudo observar que la precipitación no se presentó como factor determinante en la incidencia

de la sigatoka negra. Aunque en bano se ha determinado, que el factor que más influye en el comportamiento de esta enfermedad es la PP, ya sea por su frecuencia o intensidad (19).

## Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo constituye uno de los estudios preliminares, pioneros de vigilancia y pronóstico realizados en el país, que determinó y cuantificó, la relación existente entre la incidencia y severidad de la sigatoka negra y las condiciones meteorológicas (nubosidad, temperatura, humedad relativa y evaporación) en el cultivo de plátano, mediante el uso de procedimientos estadísticos, en un área de pequeños productores, como el AC Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, del estado Yaracuy.

El modelo matemático obtenido explica en un 33,32% la severidad de la sigatoka negra a través del PPI, atribuido a la nubosidad, temperatu-

ra mínima, humedad relativa y evaporación, acumuladas seis semanas consecutivas y previas a la evaluación de la enfermedad. Se recomienda continuar con los estudios, a fin de precisar otras variables climáticas que pudiesen estar incidiendo en el comportamiento de la enfermedad; considerando la instalación de una estación climatológica en la plantación experimental.

Esta investigación representa un aporte al conocimiento, por lo que se recomienda la validación del modelo obtenido, y continuar estudios que integren variables como prácticas culturales del cultivo, así como dosis de funguicidas contra sigatoka negra.

## Agradecimientos

Al INIA porque este trabajo se realizó bajo el financiamiento del Programa de Protección Vegetal en CIAE Yaracuy. Al Técnico Asociado a la Investigación V Juan Morillo del CIAE Yaracuy por su valiosa colaboración en la instalación del experimento y recopilación de la información de campo. Al Prof. Manuel Milla del Institu-

to Universitario de Tecnología del Yaracuy por su colaboración y ayuda en el análisis estadístico de los datos. Igualmente se agradece al Sr. Domingo Aguilar, dueño de la parcela donde se realizó esta investigación, por permitir la ejecución y finalización exitosa del trabajo.

## Literatura citada

1. Brun, J. 1963. La cercosporiose du bananier en Guinée. Etude de la phase ascosporee du *Mycosphaerella*

*musicola*. These du doctorado, Universidad de Paris, Francia. 198p.

2. Fondo de Desarrollo Agrícola del Estado Yaracuy (FONDAY). 2000. Producción, superficie y número de productores de cambur y plátano del estado Yaracuy, años 1997-1999. FONDAY, Centro de Información Agrícola. VI Censo Agrícola del estado Yaracuy, Venezuela. 64 p.
3. Foure, E. 1994. Leaf spot diseases of banana and plantain caused by *Mycosphaerella fijiensis* and *M. musicola*. In: The improvement and testing of musa: a global partnership. Proceedings of the first Global Conference of the International Musa Testing Program held at FHIA, Honduras. Edited by Dr. Jones. p: 37-49.
4. Fundación Danac-Polar, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (Danac-Polar-MARN. 2000. Resumen Climatológico, medias mensuales. Convenio DANAC-MARNR para recopilar, procesar y generar información agroclimatológica en la Estación Naranjal, Marín. Yaracuy, Venezuela. 3 p.
5. Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) en plátano (*Musa sp.*), en Costa Rica. Trad. de Alemán Jaime Espinosa. UPEB. Panamá. 126 p.
6. Gauhl, F. 1994. Epidemiology and ecology of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) on plantain and banana in Costa Rica, INIBAP. 120 p.
7. Gómez, C., S. Sáez, V. y M. Puche. 1999. Análisis de temperatura y humedad relativa en un cultivo de plátano y su relación con el desarrollo de la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* en el estado Zulia durante 1996-1998. Resúmenes XVI Congreso Venezolano de Fitopatología, Barquisimeto 14 al 18, Noviembre de 1999. Fitopatología Venezolana (SVF). 12(2):57.
8. González, R., E. Bustamante y P. Shannon. 1997. Control biológico en el manejo integrado de *Mycosphaerella fijiensis*. In: Memoria Primer Taller Internacional sobre Control Biológico y Producción Integrada en el Cultivo del Banano. Noviembre. 1997. Editor J. I Luconi. EARTH, Costa Rica. p: 132-139.
9. Guzmán, M. 2002. Situación de la sigatoka negra en Costa Rica y opciones para el manejo de la enfermedad. In: Memorias XV Reunión ACORBAT. 27 de oct al 2 de nov, Cartagena de Indias. Colombia. p:184-192.
10. Hernández, J. y S. Zamora. 2001. Desarrollo rural sostenible para las zonas productoras de plátano del estado Yaracuy. INIA-Secretaría de Desarrollo Agrícola de la Gobernación del estado Yaracuy. 158 p.
11. Hernández, J., A. Ordosgoitti y J. Morillo. 1997. La sigatoka negra de bananos y plátanos en los estados Yaracuy y Carabobo: I Síntomas y pérdidas. FONAIAP Divulga (56): 9-13.
12. Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Traducido por H. Jiménez Saa. IICA, San José, Costa Rica. Colección Libros y Materiales Educativos. No. 83.16 p.
13. INIBAP-PROMUSA. 2002. Guías Técnicas INIBAP 6. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos. Eds. J. Carlier, D De Waele y J. Vicent Escalant. p:1-47.
14. Jiménez, F. 1994. Los sistemas de preaviso de sigatoka en banano y plátano. In: V Congreso Internacional Manejo Integrado de Plagas, San José, Costa Rica, 18-22 de julio de 1994. Costa Rica. 15 p.
15. Kranz, J. y B. Hau. 1980. System analysis in epidemiology. Ann. Rev. Phytopathological. 18: 67-83.
16. Martínez, G., J. Hernández, A. Ordosgoitti, M. Navas, J. Morillo, O. Márquez, E. Manzanilla y R. Pargas. 2000. Evaluación de

- híbridos FHIA en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela. In: Resumen XIV Reunión ACORBAT 2000. 31 de jul al 4 de ago de 2000. San Juan, Puerto Rico. p: 25.
17. Nava, C. 1997. El plátano. Su cultivo en Venezuela. Ediciones Astro Data S.A., Maracaibo. Venezuela. 134 p.
  18. Nava, C. 1999. Efecto del número de hojas sobre el ciclo y el rendimiento en plantas de plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) afectadas por sigatoka negra. Resúmenes XVI Congreso Venezolano de Fitopatología, Barquisimeto 14 al 18, Noviembre de 1999. Fitopatología Venezolana. 12(2):51.
  19. Ordosgoitti, A. 1999. Enfermedades del banano y el plátano en Venezuela. Medidas de control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Serie B, No. 37. Maracay, Venezuela. 71 p.
  20. Pérez, L., F. Mauri, A. Hernández, B. Barranco y G. García. 1993. Efficacy of EBF's fungicides in the control of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet of bananas and plantains with treatments based on stage of evolution of the disease (biological warnings) in Cuba. Proceedings VII International Congress of Plant Pathology. Montreal. jul 28-ago 5.
  21. Pons, N. 1989. Taxonomy of *Cercospora* and related genera. In: Sigatoka leaf spot diseases Proceedings INIBAP. Costa Rica. p: 360-370.
  22. Ramírez S., G. 1988. La sigatoka negra del plátano en Tabasco: Análisis de la epidemia y desarrollo de un modelo de pronóstico. Tesis Colegio de Postgraduados Especialidad Fitopatología. Montecillos, México. 79 p.
  23. Rivera, J. y J. Krausz. 1988. Sigatoka negra en plátano: Recomendaciones para su combate efectivo con aspersiones terrestres. Páginas Divulgativas Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Serie: Tecnología, Comunicación y Desarrollo. No.3. 8 p.
  24. Romero, R. A. y T. B. Sutton. 2002. Predicción del periodo de latencia de la sigatoka negra del banano en Costa Rica. Resúmenes XIV Reunión ACORBAT 2000. San Juan, Puerto Rico. 31 al 4 de Ago de 2002. p: 63.
  25. Sáez S., V. 2002. Estudio de las condiciones agroclimáticas que determinan la infestación de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivos de plátanos (*Musa* sp. AB), Sur del Lago de Maracaibo, Estado Zulia. Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Mención Ecología. 240 p.
  26. Soffia, R. y D. Abaunza. 1992. Implementación del sistema de preaviso biológico para el combate de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano en Santa Marta, Colombia. Informe UPEB. p: 46-51.
  27. Soto, M. 1997. Enfermedades y plagas del cultivo del banano y su control. In: Memoria Primer Taller Internacional sobre Control Biológico y Producción Integrada en el Cultivo del Banano. Noviembre 1997. Editado por: J. I. Luconi. EARTH, Costa Rica. p: 31-42.
  28. Stover, R. y J. Dickson. 1970. Leaf spot of bananas caused by *Mycosphaerella musicola*: methods of measuring spotting prevalence and severity. Tropical Agriculture (Trinidad). 43:289-302.
  29. Stover, R. 1971. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot. Tropical Agriculture. 48:185-186.
  30. Stover, R. 1980. Sigatoka leaf spot of banana and plantains. Plant Disease Report. 64 (8): 750-756.
  31. Stover, R. 1983. Effect du *Cercospora* noir sur les plantains en Amérique Centrale. Fruits. 38, 326-326.