

# PREDICCIÓN DE SIGATOKA NEGRA EN 'PLÁTANO HARTÓN' BAJO CONDICIONES DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO EN EL MUNICIPIO VEROES DEL ESTADO YARACUY, VENEZUELA<sup>1</sup>

## PREDICTION OF BLACK SIGATOKA ON 'HARTON PLANTAIN' UNDER CONDITIONS OF SOIL FERTILIZATION IN THE MUNICIPALITY OF VEROES OF YARACUY STATE, VENEZUELA<sup>1</sup>

Julitt B. Hernández F.\*, Nelly Sanabria\*\*, Giomar Blanco\*, Blas Linares\*, Manuel Milla\*\*\* y Alexis Pérez\*

<sup>1</sup>Trabajo financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), a través de la Comisión de Educación.

\*Investigadores. INIA-Yaracuy. Estado Yaracuy. Venezuela. Email: jhernandez@inia.gob.ve, jbhf\_59@hotmail.com.

\*\* Profesora. Universidad Central de Venezuela. Maracay 2101-A.

\*\*\* Profesor. IUTY, San Felipe. estado Yaracuy. Venezuela. Email: pahern@cantv.net

### RESUMEN

El estado nutricional de la planta y el conocimiento de la epidemiología de la sigatoka negra, deben ser considerados en el manejo de la enfermedad en 'Plátano Hartón'. Durante 2002-2004 se instaló un experimento para determinar un modelo de predicción de la enfermedad bajo condiciones de fertilización inorgánica del suelo. El diseño utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones y los tratamientos consistieron en aplicar combinaciones de 3 niveles de nitrógeno (N: 0, 90 y 180 g pl<sup>-1</sup>), 3 niveles de potasio (K<sub>2</sub>O: 0, 140 y 280 g pl<sup>-1</sup>) y 1 de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 90 g pl<sup>-1</sup>). El mejor tratamiento, se sometió a un análisis de correlación de Pearson con los datos de clima tomados desde la primera a la décima semanas previas y consecutivas a la fecha de evaluación de la severidad de la enfermedad. La semana en que cada variable presentó el mayor coeficiente de correlación (R), se analizó por regresión lineal múltiple paso a paso, contra el promedio ponderado de infección (PPI), mediante el procedimiento Stepwise del Analytical Software Statistic® Versión 1,0. La mejor combinación resultó ser 90 N- 90 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 0 K<sub>2</sub>O g pl<sup>-1</sup>) y el modelo seleccionado, fue el que consideró los valores acumulados de Nubosidad (NUBOS) e Insolación (INSOL) 6 semanas previas y consecutivas a la última semana de evaluación del PPI, expresado por la ecuación: PPI= -12,6233 + 0,05382NUBOS\*\* + 0,01179INSOL\*\*, con un coeficiente de determinación ajustado (R<sup>2</sup>= 0,6681). Este modelo de predicción constituye una herramienta importante para el manejo de la sigatoka negra con el tratamiento seleccionado.

**Palabras Clave:** Modelos de predicción; fertilización inorgánica; sigatoka negra; Plátano Hartón; *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

### SUMMARY

The nutritional status of the plant and knowledge of the epidemiology of black sigatoka, *Mycosphaerella fijiensis* should be considered in the management of the disease in 'Harton Plantain'. During 2002-2004 was installed an experiment to determine a model for predicting the disease under conditions of inorganic fertilizer in the soil. The design was a randomized block with four repetitions and treatments consisted of applying combinations of three levels of nitrogen (N: 0, 90 and 180 g pl<sup>-1</sup>), three levels of potassium (K<sub>2</sub>O: 0, 140 and 280 g pl<sup>-1</sup>) and one of phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 90 g pl<sup>-1</sup>). The best treatment, was subjected to an analysis of Pearson correlation with climate data taken from the first to the tenth week prior and subsequent to the date of assessment of the severity of the disease. The week in which each variable had the highest correlation coefficient (R) was analyzed by multiple linear regression step by step, against the weighted average number of infection (PPI), by Stepwise procedure of Analytical Software Statistic® Version 1,0. The best combination turned out to be 90 N - 90 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0 K<sub>2</sub>O g pl<sup>-1</sup> and the selected model, which was considered the accumulated values of cloudiness (NUBOS) and heatstroke (INSOL) six consecutive weeks prior to last week assessment of the PPI, expressed by the equation: PPI= -12,6233 + 0,05382NUBOS\*\* + 0,01179INSOL\*\*, with an adjusted coefficient of determination (R<sup>2</sup> = 0.6681). The model of prediction is an important tool for managing the black sigatoka with the treatment selected.

**Key Words:** Predictive models; inorganic fertilizer; black sigatoka; 'Harton Plantain'; *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

RECIBIDO: octubre 27, 2008

ACEPTADO: junio 23, 2009

## INTRODUCCIÓN

La sigatoka negra causada por el hongo, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, es considerada como factor crítico relevante en este cultivo del plátano (*Musa* AAB), y ha ocasionado grandes pérdidas en las plantaciones de Venezuela desde su aparición en el año 1991; disminuyendo su capacidad productiva y afectando sobretodo a pequeños productores (Nava, 1997). Esta enfermedad fue detectada en el estado Yaracuy en el año 1994, donde causó pérdidas económicas y sustitución por otros rubros (Ordosgoitti, 1999; Hernández *et al.*, 1997).

Entre los factores que influyen en la evolución de esta enfermedad, están los climáticos y el estado nutricional de la planta. En tal sentido, diversos trabajos de investigación, coinciden en señalar que el clima tiene relación directa con la incidencia y severidad de la misma (Pasberg-Gauhl y Gauhl, 2006; Hernández *et al.*, 2005; Sáez, 2002 y Martínez *et al.*, 2000). En México y Taiwán se obtuvieron modelos para pronosticar la severidad de la sigatoka negra; sin embargo, a pesar de que la enfermedad tuvo un patrón de comportamiento parecido en las áreas donde se encontró presente, las variables de clima que condicionaron este comportamiento fueron específicas en cada localidad (Chuang y Jeger, 1987; Ramírez (1988).

En Venezuela, estado Yaracuy durante 1998-2000, en pequeños sistemas de producción de 'Plátano Hartón', se observó que la mejor ecuación que explicó la severidad de la sigatoka negra resultó aquella que consideró los valores acumulados 6 semanas consecutivas y previas a la última semana de evaluación de la severidad, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,3332$ ; donde hubo un efecto negativo de la nubosidad y de la evaporación sobre el promedio ponderado de infección y positivo para el caso de la humedad relativa (Hernández *et al.*, 2005).

En cuanto a la nutrición de la planta, se ha determinado que altas concentraciones de Nitrógeno reducen la producción de compuestos fenólicos, los cuales son fungistáticos, y de lignina de las hojas, disminuyendo la resistencia a los patógenos. También, aumenta la concentración de aminoácidos y de aminos en el apoplasto de la célula y en la superficie foliar, los cuales aparentemente tienen mayor influencia que los azúcares en la germinación y desarrollo de los conidios, favoreciendo subsecuentemente el desarrollo de enfermedades fungosas. En cuanto al Fósforo, se ha señalado que favorece el crecimiento de la planta, le produce vigor y

resistencia a infección de patógenos y el Potasio induce resistencia a enfermedades, insectos y a la sequía; en cambio su deficiencia, provoca asimilación de aminoácidos que contribuyen a la degradación de los fenoles y de azúcares solubles, que son nutrimentos de los patógenos, lo cual aumenta la susceptibilidad a los mismos (Nava, 1997).

A pesar de los avances obtenidos en los estudios de la enfermedad, aún se evidencia que la investigación en la sigatoka negra sigue siendo una prioridad, donde se hace necesario fortalecer estudios epidemiológicos del patógeno, reducción de fuentes de inóculo, reducción de uso de agrotóxicos, manejo del microclima y la fertilización; donde el enfoque de manejo integrado del cultivo representa una opción sostenible para los pequeños productores, ya que causa menos perturbación al ambiente y plantea una solución integral al problema.

Es por ello, que este trabajo tuvo como objetivo determinar un modelo de predicción bajo condiciones de fertilización del suelo como alternativa para el manejo integrado de la sigatoka negra, *M. fijiensis* en la principal zona productora de plátano del estado Yaracuy.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se instaló durante el período abril 2002-marzo 2004, en el Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, estado Yaracuy, coordenadas 10° 26' 25,4" latitud Norte, 68° 37' 46,61" longitud oeste y 60 m.s.n.m. Las características de clima registradas fueron en promedio las siguientes: 1 315,2 mm de precipitación, 5,4 mm de evaporación, 32,1 °C de temperatura máxima y 22,2 °C de temperatura mínima, 78% de humedad relativa, 6,4 Kca/°K/mo de insolación, 281,5 Mj/m<sup>2</sup>/día de radiación y 5/8 de nubosidad (Fundación DANAC, MARNR, 2005). Los suelos son de textura franca, pH alcalino, con contenidos muy bajo de Fósforo, bajo de materia orgánica, medio de Potasio y no salinos, de acuerdo a los análisis realizados por el Laboratorio de Suelo-Agua-Planta del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Yaracuy).

El manejo del cultivo fue el siguiente: Los cormos se sometieron a raspado y desinfección de raíces con una mezcla de Oxiclورو de Cobre y Carbofuran (500 g y 250 cm<sup>3</sup> 200 l<sup>-1</sup> de agua, respectivamente), por inmersión durante un minuto y, luego, se sembraron con mínima labranza en hoyos de 40 cm de ancho x 40 cm de profundidad, a una distancia de 2,9 x 2,9 m. El primer deshije

se realizó a los 6 meses y posteriormente cada 3 meses dejando sólo dos hijos/planta. El deshoje sanitario fue efectuado una vez por mes a partir de los 5 meses después de la siembra (MDS) y la eliminación de arvenses a partir de los 2 MDS combinando control manual y control químico con Glifosato 3 l ha<sup>-1</sup>; en los casos donde fue necesario.

El diseño experimental consistió de unos bloques al azar con 4 repeticiones y 40 plantas por parcela, dejando 2 hileras de plantas de bordura por tratamiento. Los tratamientos fueron definidos basados un análisis previo de suelo y en función de los requerimientos del cultivo y consistieron en aplicar al mismo combinaciones de 3 niveles de Nitrógeno (N) y 3 niveles de Potasio (K<sub>2</sub>O), con dosis fija de Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). La fertilización se realizó en forma fraccionada, 45 % de la dosis a los 2 meses después de la siembra (MDS) y el 55 % 4 MDS. Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron Nitrato de Amonio, Cloruro de Potasio y la fórmula 21 N - 56 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0 K<sub>2</sub>O en el Cuadro 1.

**CUADRO 1.** La combinación de las dosis en cada tratamiento.

Tratamientos	Dosis (g pl <sup>-1</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	90	0
2	90	90	0
3	180	90	0
4	0	90	140
5	90	90	140
6	180	90	140
7	0	90	280
8	90	90	280
9	180	90	280

Las evaluaciones se realizaron durante el primer ciclo de cultivo. Para seleccionar el mejor tratamiento que le permita al productor el manejo de la enfermedad y posterior selección del modelo de predicción, se consideraron las variables relacionadas con la incidencia y severidad de la enfermedad (promedio ponderado de infección, índice de infección y hoja más joven manchada) y las variables productivas (rendimiento en

kg ha<sup>-1</sup>). Las primeras fueron evaluadas semanalmente a partir de los 4 MDS hasta el momento de la emisión floral y las de producción, al momento de cosecha según Carlier *et al.* (2002).

### Análisis estadístico y modelo de predicción:

Las variables ordinales y las que no presentaron una distribución normal se analizaron por el método estadístico no paramétrico de Friedman. A las variables de intervalo o proporción obtenidas, se les realizó el análisis de varianza y en los casos, donde hubo diferencias significativas (P>0,05) entre los tratamientos se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey. Se utilizó el Analytical Software Statistic® Versión 1,0 y se seleccionó el mejor tratamiento que permitió al productor manejar la enfermedad.

Para evaluar la importancia del retardo de la sigatoka negra, las variables relacionadas con la enfermedad se sometieron a un análisis de correlación de Pearson con los datos de clima obtenidos a partir de los registros climatológicos diarios, de precipitación (PREC), temperatura máxima (TMÁX) y mínima (TMÍN), nubosidad (NUBOS), radiación (RADIAC), evaporación (EVAP), insolación (INSOL) y humedad relativa (HR) acumulados desde la primera hasta la décima semana previa y consecutiva a la observación de la severidad de la enfermedad.

La semana en que cada variable presentó el mayor coeficiente de correlación (R) se analizó por regresión lineal múltiple paso a paso contra el Promedio Ponderado de Infección (PPI) mediante el procedimiento estadístico Stepwise del Analytical Software Statistic® Versión 1,0. La variable dependiente fue el PPI y las independientes, las relacionadas con el clima (Ramírez, 1988; Hernández *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Basados en los criterios considerados para la selección del mejor tratamiento de fertilización, que permitió obtener el modelo de predicción que explique mejor el comportamiento de la enfermedad, se obtuvo lo siguiente: antes de los 5 meses después de la siembra (MDS), T2 (90 N- 90 P<sub>2</sub>P<sub>5</sub>- 0 K<sub>2</sub>O g pl<sup>-1</sup>), mostró diferencias significativas para la variable PPI, resultando con un menor valor (2,58) en comparación con el testigo T5 (3,10), comportándose en forma similar al momento de la cosecha (1,33) con relación al testigo (1,56).

Igualmente, T2, obtuvo los valores más altos de rendimiento (13 080,10 kg ha<sup>-1</sup>), superando al testigo en un 23,04%, el cual supera a la fertilización del plátano con una fuente nitrogenada (Urea: 250 g pl<sup>-1</sup> de N), como lo realiza el productor, (10 822,22 kg ha<sup>-1</sup>) tal como fue señalado por Blanco *et al.* (2004). Por ello, se seleccionó T2 como el mejor tratamiento obtenido para el manejo de la sigatoka negra de cultivo en campo a libre exposición de inoculo o en condiciones naturales de infección.

Con el tratamiento seleccionado (T2), el modelo que permitió pronosticar el comportamiento de la severidad de la enfermedad fue el que consideró los valores acumulados de las variables 6 semanas previas y consecutivas a la última semana de evaluación del PPI, con un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,7155 \*\* y un coeficiente de determinación ajustado (R<sup>2</sup>) de 0,6681\*\* en cada uno de los coeficientes del modelo (Cuadro 2). Esto indicó que el 66,81 % del comportamiento de la enfermedad es explicado por los valores acumulados durante 6 semanas consecutivas y previas de la evaluación de la enfermedad de las variables NUBOS y INSOL para el AC Macagua-Jurimiquire, expresado por la ecuación siguiente:

$$\text{PPI} = -12,6233 + 0,05382\text{NUBOS} + 0,01179\text{INSOL}$$

Los índices climáticos que describieron la mejor variabilidad de la severidad de la enfermedad fueron la NUBOS y la INSOL, con valores de T > +2, lo cual indicó que ambas variables seleccionadas son buenas predictoras del cambio de severidad de la sigatoka negra (Cuadro 3). Al respecto, se consideran buenas predicciones cuando se explica del 60 al 70% de la variación de la variable dependiente (Kranz y Royle, 1978).

En las regiones tropicales húmedas el desarrollo de la enfermedad está muy correlacionado con la precipitación, y generalmente la temperatura no es un factor limitante (Marín *et al.* 2003). En un estudio realizado en el Sur del Lago de Maracaibo; se encontró un 76,95% de la explicación de la severidad para 14 índices climáticos, donde destacan la temperatura del aire en la tarde, la humedad relativa de día y de noche y los momentos sin precipitación (Sáez, 2002).

En cambio, en Taiwán la respuesta de la incidencia de la enfermedad estuvo relacionada con la precipitación y la temperatura (Chuang y Jeger, 1987). En esta investigación los factores determinantes fueron la nubosidad y la insolación, tal como lo demuestran los resultados obtenidos.

**CUADRO 2.** Modelos de regresión múltiple para la variable dependiente promedio ponderado de infección de sigatoka negra en función de los valores acumulados por semana de las variables climáticas.

Semana	Modelos y probabilidad de los coeficientes con sus variables $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (Ajustado)
1	2,52018	0,0000	0,0000
2	-1,64582 + 0,05591NUBOS	0,2727	0,2168
3	-13,1933 + 0,01335TMÁX + 0,05474NUBOS	0,7041	0,6547
4	1,13937 + 0,00750PREC	0,5689	0,5357
5	-4,32348 + 0,03789NUBOS	0,4959	0,4571
<b>6</b>	<b>-12,6233 + 0,5382NUBOS + 0,01179INSOL</b>	<b>0,7155</b>	<b>0,6681</b>
7	1,02426 + 0,00510PREC	0,5899	0,5583
8	-15,3582 + 0,00296PREC + 0,05930NUBOS	0,7147	0,6671
9	1,23283 + 0,00357PREC	0,3999	0,3537
10	-8,01705 + 4,859RADIAC	0,3839	0,3365

**CUADRO 3.** Regresión múltiple entre las variables climáticas y el PPI en 'Plátano Hartón'. Ciclo I, con el tratamiento seleccionado (T2), 6 semanas previas y consecutivas a la evaluación del PPI.

Variable	Coefficiente	Error Estandar	Valor-T	Nivel de Significancia
Constante	-12,6233	15,06530	-0,84	0,4185
Nubosidad	0,05382	0,01332	4,04	0,0016
Insolación	0,01179	0,003700	3,19	0,0078
R <sup>2</sup> (AJUSTADO)=		0,6681	MSE= 3 273,63	
R <sup>2</sup> =		0,7155	SD= 57 2156	

### CONCLUSIONES

- En función de los resultados se concluye, que los parámetros que influyeron en el comportamiento de la severidad de la sigatoka negra bajo las condiciones del experimento fueron la NUBOS y la INSOL.
- El modelo obtenido constituye una herramienta importante con el manejo realizado al cultivo y con la combinación de fertilización inorgánica 90 N- 90 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 0 K<sub>2</sub>O g pl<sup>-1</sup> y en condiciones climatológicas similares a las de experimento.
- Es la primera vez que se describe este modelo de predicción para sigatoka negra como determinante en el comportamiento de la enfermedad bajo una condición de manejo de cultivo a libre exposición de inóculo o en condiciones naturales de infección para pequeños sistemas de producción.
- Se hace necesario validar el carácter predictivo de este modelo.

### AGRADECIMIENTO

Al Ing. Alfonso Ordosgoitti por su motivación a esta investigación, al productor y dueño de la parcela, el señor Solangel Quiroz, por su participación y colaboración en las actividades de campo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, G., J. Hernández, G. Martínez, A. Ordosgoitti F., A. Pérez y E. Manzanilla E. 2004. Prácticas sostenibles de manejo del cultivo del plátano (*Musa AAB*) adaptada a las condiciones agoecológicas del estado Yaracuy, Venezuela. Editado en INIA-CIAE Yaracuy, San Felipe, estado Yaracuy. Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), Dirección General de Coordinación de Programas, Caracas, Venezuela. 16 pp.
- Carlier, J., D. De Waele y J-V. Escalant. 2002. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nemátodos. Evaluación extensiva. INIBAP-PROMUSA. Guías Técnicas INIBAP 6. pp. 1-46.
- Chuang, T. Y. and M. J. Jeger. 1987. Predicting the rate of development of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*) disease in Southern Taiwan. *Phytopathology* 77 (11): 1542-1547.
- Fundación DANAC, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 2005. Resumen Climatológico 1988-2005, medias mensuales. Publicación Convenio DANAC- MARNR para recopilar, procesar y generar información agroclimatológica en la Estación Naranjal, Marín, Yaracuy, Venezuela. 3 pp.
- Hernández, J., A. Ordosgoitti F. 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.
- Hernández G., L., W. Hidalgo, B. Linares, J. Hernández, N. Romero y S. Fernández, S. 2005. 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. *Revista Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 22(4):325-339.
- Kranz, J. and D. Royle J. 1978. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. **In:** Plant Disease Epidemiology. Scott, P.R. and A. Baidenbridge (Eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, England. pp. 111-120.

- Marín, D. H., R. A. Romero, M. Guzmán and B. Sutton. 2003. Black sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87(3):208-222.
- Martínez, G., J. Hernández, A. Ordosgoitti F., M. Navas, J. Morillo, O. Márquez, E. Manzanilla y R. Pargas. 2000. Evaluación de híbridos FHIA en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela. In: XIV Reunión ACORBAT 2000. San Juan, Puerto Rico. p. 25 (Resumen).
- Nava, C. 1997. El plátano, su cultivo en Venezuela. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. pp. 135.
- Ordosgoitti F., A. 1999. Enfermedades del banano y el plátano en Venezuela. Medidas de control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. pp. 71. (Serie B, Nº 37).
- Pasberg-Gauhl, C. y F. Gauhl. 2006. Epidemiología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) e interacción patógeno-hospedero. **In:** CORBANA-INIBAP-MUSALAC. Resúmenes, Congreso Internacional Manejo de la sigatoka negra en banano y plátano en América Latina y el Caribe, San José, Costa Rica. pp. 56 (Resúmenes).
- Ramírez S., G. 1988. La sigatoka negra del plátano en Tabasco: Análisis de la epidemia y desarrollo de un modelo de pronóstico.. Tesis de Maestro en Ciencias. Especialidad Fitopatología. Montecillos, México. Colegio de Postgraduados. 79 pp.
- Sáez S., V. 2002. Estudio de las condiciones agroclimáticas que determinan las infestación de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivos de plátanos (*Musa* sp. AAB), Sur del Lago de Maracaibo, Estado Zulia. Tesis Doctoral en Ciencias. Mención Ecología. Aragua, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. 240 pp.