

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA  
TEMPERATURA DEL AIRE (1996-1998), EN LOTE  
PRODUCTOR DE MUSÁCEAS, ESTACIÓN LOCAL  
CHAMA, SUR DEL LAGO DE MARACAIBO,  
ESTADO ZULIA, VENEZUELA**

Vidal Sáez Sáez\*

**Resumen**

Diversos estudios han demostrado la complejidad de las relaciones que existen entre el clima, los cultivos, las plagas y las enfermedades. La caracterización de éstos vínculos exigen de procedimientos acordes para identificar la diversidad de situaciones que se pueden presentar dentro de ésta realidad, y una de las debilidades que puede surgir es el empleo de registros de estaciones meteorológicas convencionales, aquellas que se encuentran por lo general fuera de los cultivos y se encuentran al aire libre. Esta investigación trata de demostrar las diferencias que se presentan en los registros de la temperatura del aire y su relación con la presencia de un hongo en un lote de producción de plátanos, en la estación Local Chama, Sur del Lago de Maracaibo, Estado Zulia en Venezuela. Con registros de la temperatura del aire de dos estaciones, una dentro del cultivo (1235) y otra fuera (1234), se estimaron las diferencias entre los dos puntos. Se correlacionaron los registros de ambas estaciones con los valores observados de severidad de ataque del hongo sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Se encontró que las correlaciones estadísticamente significativas corresponden a la estación dentro del cultivo, en el lapso de la TARDE ( $r^2 =$

---

\* Profesor Asistente en Biogeografía. Escuela de Geografía. FHE. Universidad Central de Venezuela

0,408;  $r_{\text{tab}} = 0,269$ ; 58 g.l.;  $\alpha = 5\%$ ) en el intervalo de 15 días de promedio de la temperatura del aire. Se concluye que los resultados orientan sobre la diferencia evidente que se encuentran entre el uso de registros de las estaciones dentro del cultivo con respecto a las observadas fuera de ella al describir la severidad de ataque del hongo en las plantaciones.

**Palabras clave:** Temperatura del aire, musáceas, sigatoka negra, agrometeorología.

\*\*\*\*\*

### Summary

Diverse studies have demonstrated the complexity of the relationships that exist among the climate, crops, plagues and diseases. The characterization of these relationships demand from in agreement procedures to identify the diversity of situations that can be presented inside this reality, and one weaknesses that it can arise it is the employment of registrations of conventional meteorological stations, those that are in general outside of the crops. This investigation pretend demonstrate the differences that are presented in the registrations of the temperature of the air and its relationship with the presence of a fungi in a lot of production of plantains, in the Local station Chama, South of the Lake of Maracaibo, Zulia State in Venezuela. With registrations of the temperature of the air of two stations, one inside the crops (1235) and another outside (1234), were considered the differences among the two points. The registrations of both stations were correlated with the observed values of severity of attack of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). It was found that the most significant correlations statistically correspond to the station inside the crops, in the lapse of the AFTERNOON ( $r^2 = 0,408$ ;  $r_{\text{tab}} = 0,269$ ; 58 degree.;  $\alpha = 5\%$ ) in the interval of 15 days of average of the temperature of the air. It concludes that the results guide on the evident difference that are among the use of registrations of the stations inside the crops with regard to those observed outside of them when describing the severity of attack of the fungi in the crops of plantains.

**Key words:** Temperature of the air, black sigatoka, agrometeorology.

\*\*\*\*\*

## PRESENTACIÓN

Identificar las relaciones que se establecen entre los factores físicos y los bióticos ha sido una tarea constante en la investigación científica. Toma características particulares de importancia en el ámbito ecológico la comprensión de éstas interacciones (Hutchinson, 1981; Begon, 1996). También está demostrado que las relaciones entre organismos diferentes, ya sean de beneficio o no, representan el resultado de un proceso de adaptación y evolución donde los componentes abióticos juegan un papel de especial relevancia entre los individuos. Describir una posible acción de un elemento físico en la relación que mantienen una especie particular sobre otra diferente es lo que intenta demostrar el presente artículo. El hongo sigatoka negra (*Mychosphaerella fijiensis* Morelet) se desarrolla en especies de musáceas (plátanos y cambur), y su nivel de presencia y ataque hace que se considere como enfermedad. Su acción en las plantas también se debe, en parte, a las condiciones que ofrece el medio, tales como la humedad (precipitación y humedad relativa del aire) y temperatura del aire (Gaulh, 1989; Marín y Romero, 1992; Gauhl y Pasberg, 1994; Jiménez, 1996).

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región Sur del Lago de Maracaibo, Estado Zulia Venezuela, se conoce como la principal área productora de plátanos y otras musáceas; en el año 1999, la superficie cosechada fue de 21.121 Ha. con 190.538 ton., equivalente al 39,4 y 37 % del total nacional (MPC, 2.000).

Por otra parte, el hongo sigatoka negra llegó desde las áreas productoras colombianas en el año 1991, y actualmente se encuentra diseminado en casi todo el país (Martínez et al., 1998). Los síntomas de su ataque se caracterizan por la pudrición o necrosis severa que se presentan en las hojas, pero también puede afectar los frutos y bajo

esta situación los rendimientos de los cultivos se ven inevitablemente disminuidos.

Diversas prácticas agro culturales se llevan a cabo con el objeto de controlar la presencia del hongo sobre las plantaciones, tales como el deshoje de las partes más afectadas, uso de insumos químicos, control biológico e incluso el mejoramiento genético de especies (resistencia al ataque), en cualquier caso se ha observado la persistencia de la enfermedad en el área de estudio y además presenta un alto costo económico su control. Por otra parte, se reconocen elementos o factores ambientales que determinan sobre la acción que ejerce el hongo sobre las plantaciones que ataca, y entre ellos, se tienen a la precipitación, la humedad relativa y la temperatura del aire. En el área de estudio éstos dos últimos elementos meteorológicos, parecieran ser siempre favorables al compararse los registros con los valores umbrales que son óptimos para la presencia del hongo. Otra consideración que se debe hacer es que, normalmente los estudios que vinculan enfermedad en cultivos toman en cuenta los registros de estaciones climáticas convencionales, es decir, aquellas instaladas bajo determinadas situaciones para caracterizar con las condiciones del estado del tiempo atmosférico, por tanto, pudiera ser más preciso el reconocimiento de esta relación a partir de observaciones dadas dentro del cultivo (Dobesberger y MacDonald, 1990).

El estudio de estos elementos meteorológicos con relación a la severidad de ataque del hongo en los cultivos es de importancia dada la relación económica y ambiental que representa la atenuación de su incidencia sobre la actividad productiva. El objetivo del trabajo es determinar el gradiente de temperatura del aire en un lote productor de musáceas y su relación con la severidad de ataque del hongo sigatoka negra en el período 1996 a 1998, en la localidad estación local Chama, sur del Lago de Maracaibo, estado Zulia en Venezuela.

## **II. MÉTODO Y MATERIALES UTILIZADOS**

### **2.1. Localización del Área de Estudio**

La unidad de producción e investigación, estación local El Chama, se encuentra en la Depresión del Lago de Maracaibo, al occidente de Venezuela, con una superficie mayor a 100 Ha y pertenecientes al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Está en el kilómetro 41 en la carretera que va de El Vigía a Santa Bárbara del Zulia, entre las coordenadas geográficas 08° 43' 10'' L.N., y 71° 43' 56'' L.W. aproximadamente (Figura 1). A partir del mes de noviembre del año 1996 hasta el mes de septiembre de 1998 se registraron y evaluaron series de registros de información de temperatura del aire y de la severidad del ataque del hongo en el área de estudio.

### **2.2. Toma de Datos Climáticos**

Se emplearon dos estaciones meteorológicas de segundo orden (termohigrográfos), instaladas según normas establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1990), ambas de bandas semanales y registros horarios. La primera con serial 1.234, fuera del cultivo representando las condiciones del medio al aire libre, la segunda con serial 1.235 dentro de un lote productor de plátanos separada a un kilómetro de distancia al oeste de 1.234.

### **2.3. Toma de Datos de la Severidad de Ataque de Hongo: Sigatoka Negra**

A partir de la propuesta de Gauhl (1989) modificada por Stover (Marín y Romero, 1992), basado en la proporción de infestación observada en la superficie de hojas de plátanos en período de pre-floración, se estimó la severidad de ataque de la enfermedad, procedimiento denominado promedio ponderado de infección (PPI).

La proporción de infección observada se categoriza en seis grados, donde el valor más bajo es uno, y señala una necrosis casi nula en la hoja (> 5% de la superficie), y seis indica una infección mayor al 50% del total de la superficie de la hoja. A continuación, se expresa la relación matemática que estima el PPI:

$$\text{PPI} = \Sigma (\% \text{ hojas en cada grado} \times \text{grado respectivo}) / 100$$

## 2.4. Análisis de los Datos

A partir de los registros de las estaciones meteorológicas se acumularon y promediaron las observaciones para el intervalo de 15 días previos a las evaluaciones hechas al ataque del hongo, dado que es el período estimado en aparecer las primeras manchas en las hojas una vez inoculada (Gauhl, 1989; Stover, 1992; Martínez et al., 1998).

En cuanto a la estimación de los índices climáticos de la temperatura del aire (ta), se hicieron acumulados promedios indicados con la abreviatura Ap, para cuatro lapsos durante el día: día (D), noche (N), tarde (T), y mañana (M). Índices climáticos estimados para las dos estaciones: 1234 (d) y 1235 (D). El total de variables climáticas fueron:

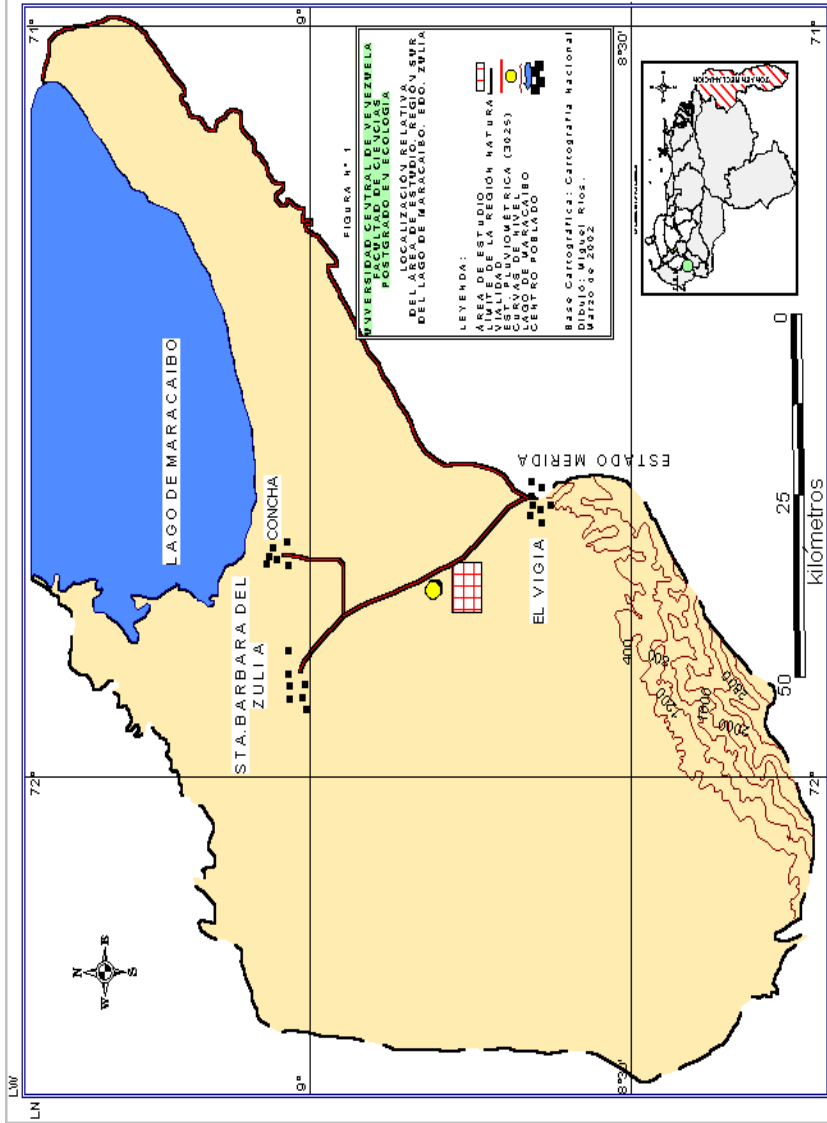
Estación 1234 : AptaD15d: Acumulado promedio del día, 15 días previos a la evaluación.

AptaN15d: Acumulado promedio de la noche, 15 días previos a la evaluación.

AptaT15d: Acumulado promedio de la tarde, 15 días previos a la evaluación.

AptaM15d: Acumulado promedio de la mañana, 15 días previos a la evaluación.

Estación 1235: AptaD15D, AptaN15D, AptaT15D y AptaM15D



Con estas series se calcularon las diferencias y correlación de temperatura del aire entre las dos estaciones. Luego, las series climáticas fueron correlacionadas con los valores de severidad de ataque del hongo con el objeto de describir la variabilidad de la enfermedad y su relación con los registros climáticos dentro y fuera del cultivo.

### III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Comportamiento de la Temperatura del Aire entre las Estaciones

En el cuadro A (en anexos), se observan los registros encontrados de la evaluación de la severidad de ataque del hongo y de la temperatura del aire perteneciente a las estaciones 1234 y 1235 ubicadas en el área de estudio.

En relación con el tipo de distribución que presentan las series climáticas se determinó que las mismas presentan normalidad. Al estimar el estadístico T-Student para cada estación (1234 y 1235) y comparar con la tabla de valores críticos se tiene que éstas se hallan entre los límites de aceptación ( $t_{\text{tab}} = 2,074$ ; 58 g.l. y  $\alpha = 5\%$ ).

En la figura 2, se aprecia la distribución temporal del aire de las estaciones 1234 y 1235. Destaca, en primer lugar, que los registros fuera del cultivo son mayores en comparación a la serie de la estación dentro del cultivo, a excepción de los valores observados en los meses de diciembre de 1996, 1997 y 1998. En término promedio, la diferencia de valores entre las estaciones llegó a 1,1 °C más en la estación 1234 con respecto a 1235 en el período de dos años.

En el cuadro 1, se presentan los valores medios, equivalentes diarios y la diferencia observada de la temperatura del aire entre las estaciones 1234 y 1235, durante el período 1996-1998 para el área considerada. En la figura 3, se presenta la distribución de los registros del índice climático para los lapsos del DIA y NOCHE para 15 días de



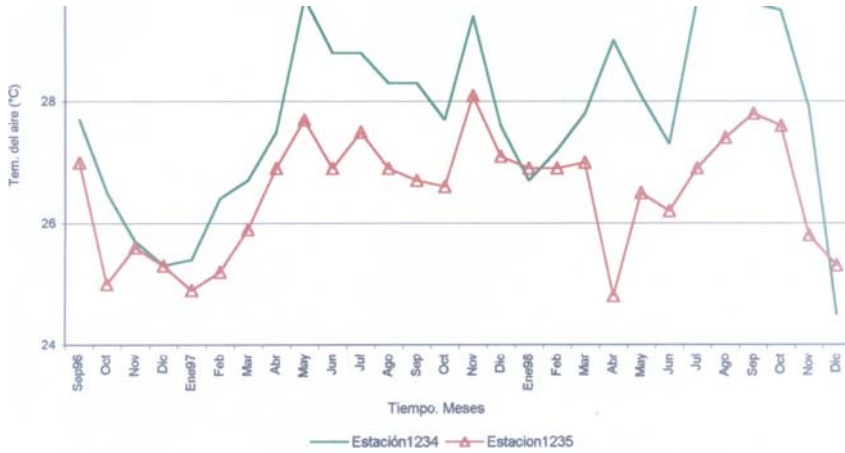


Figura 2. Comparación de la Temperatura Mensual del Aire. Estación 1234-1235. Período 1996-1998. Est. Exp. Chama.

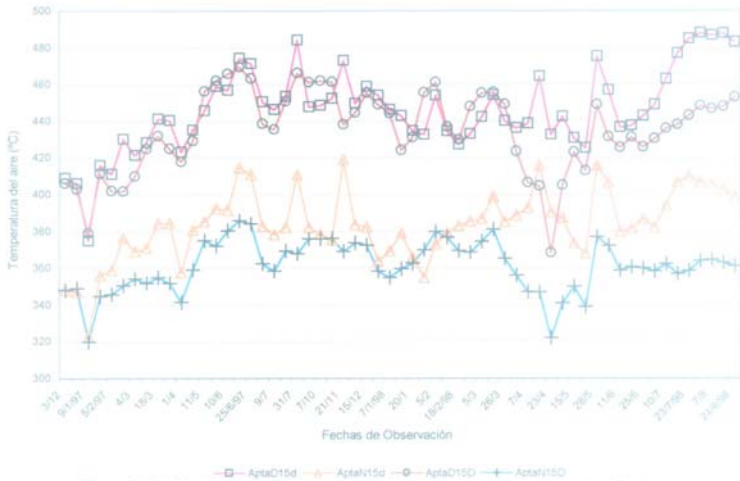


Figura 3. Distribución de los valores acumulados promedios de la temperatura del aire Día y NOCHE. Estaciones 1234 y 1235. Est. Experimental Chama. 1996-1998

intervalo acumulado promedio, previos a la evaluación de la enfermedad. La representación de la información dada por las estaciones permite concluir, en primera aproximación, que la temperatura del aire fuera del cultivo es la mayor de las observaciones efectuadas.

Se aprecia del cuadro 1, que la mayor diferencia se espera ocurra durante el lapso de la noche, en donde, la temperatura del aire fuera del cultivo está 1,5 °C por encima a la estación 1235, en tanto que por las TARDES la diferencia llega sólo a 0,4 °C, en término promedio equivalente del acumulado registrado por las estaciones. Al revisar los estadísticos vinculados con las series, se logra demostrar que las mayores dispersiones de los valores ocurren en el lapso de la MAÑANA en la estación 1234, en tanto que, en la estación 1235 estas dispersiones se observaron en la TARDE.

### Cuadro N° 1

**Valores acumulados promedios por lapso del día y diferencia de la temperatura del aire (°C) de las estaciones 1234 y 1235.**

**Est. Local Chama, Sur del Lago de Maracaibo.**

**Estado Zulia, Venezuela (1996-1998)**

	Estación 1234 (°C)				Estación 1234 (°C)			
	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta	Apta
	D15d	N15d	T15d	M15d	D15D	N15D	T15D	M15D
Media	448	385	469	377	436	362	484	367
Eqv. Día	29,9	25,7	31,3	25,3	25,9	24,1	30,9	24,5
Dif (*)	0,8	1,5	0,4	0,8				

Dif (\*): Diferencia = (1234-1235)°C

Los resultados permiten comprobar lo mencionado en la literatura con relación a las características que representan las condiciones microclimáticas y mesoclimáticas, y en este caso las observadas dentro y fuera del cultivo (Hostal et al., 1978; Melugin et al., 1998; Agrios,

1995; Begón et al., 1996; Jacobsen, 1997). Las referencias señalan que los valores de temperatura del aire dentro del cultivo deben ser menores, esta condición lleva a sugerir que la acción de este elemento meteorológico debe tener un efecto sobre la presencia y crecimiento del hongo en las hojas de los cultivos de plátano, ya que se observó que la variación en promedio es de 0,8 a 1,5 °C entre las dos estaciones.

Los resultados permiten señalar la existencia de un gradiente (diferencia) para la temperatura del aire entre los puntos que puede llegar hasta 1,5 °C durante el lapso de NOCHE. Para lograr encontrar una mayor descripción de la variabilidad de las series entre las estaciones se correlacionaron las observaciones de la temperatura del aire (registros mensuales) y se obtuvo que  $r^2 = 0,71$ , al contrastar éste valor con la tabla de valores críticos para los coeficientes de correlación, con un  $\alpha = 5\%$ , y 22 g.l., se tiene que el resultado es diferente de cero, por tanto, es estadísticamente significativo. La ecuación que vincula los registros de las estaciones, es:

$$\text{Temp. del Aire del Cultivo} = 7,83 + 0,69 \times \text{Temp. del Aire Libre}$$

### **3.2. Relación de la Temperatura del Aire de las Estaciones con Relación a la Severidad de Ataque**

Otra consideración evaluada fue la relación que se establece entre la temperatura del aire de las estaciones dentro y fuera del cultivo con respecto a los registros observados de la severidad de ataque del hongo en los cultivos. Para medir esta relación, se estimó la correlación simple entre el PPI y las series de temperatura del aire para los lapsos durante el día ya considerados. En el cuadro 2, se presentan los resultados del procedimiento de los registros señalados y en el cuadro A (en anexo) los datos empleados.

## Cuadro N° 2

**Valores de correlación entre las series del PPI y el acumulado de promedios (Ap) de la temperatura (ta) para cuatro lapsos durante el día. Estaciones 1234 y 1235. Período 1996-1998. Estación Local Chama. Estado Zulia. Venezuela**

Estación 1234		Estación 1235	
AptaD15d	0,307 (*)	AptaD15D	0,385 (*)
AptaN15d	0,247	AptaN15D	0,385 (*)
AptaT15d	0,311(*)	AptaT15D	0,408 (*)
AptaM15d	0,169	AptaM15D	0,375 (*)

(\*)  $r^2$  es estadísticamente significativo cuando es contrastado al valor tabulado ( $r_{\text{tab}} = 0,269$ ; 58 g.l.; Snedecor y Cochram, 1998).

Al principio del trabajo se menciona que la enfermedad responde a las condiciones del medio (lluvia, humedad relativa y temperatura del aire), así como también otros factores: tolerancia del cultivo al ataque y el uso de los insumos químicos que permiten controlar la severidad de ataque que hace la enfermedad. Por tanto, se está tomando en cuenta una de las variables del grupo antes mencionado que se considera importante en la presencia y desarrollo del hongo.

De los resultados presentados en el cuadro 2, se tienen las siguientes consideraciones. En primer lugar, sólo dos de los cuatro índices climáticos correlacionados con el PPI de la estación 1234 son estadísticamente significativos, y permiten asumir que explican la variabilidad del hongo con respecto a la temperatura del aire fuera del cultivo, éstos índices climáticos, corresponden a los registros en horas del día, es decir, DIA y TARDE.

Por otra parte, todos los coeficientes de correlación estimados entre el PPI y las series de temperatura del aire dentro del cultivo son estadísticamente significativos, es decir, el comportamiento de este índice pareciera lograr describir parcialmente la variabilidad de la severidad del ataque del registro en los cultivos.

Los coeficientes de correlación entre el PPI y la estación 1235 son mayores, en comparación, a los resultados obtenidos con la estación 1234. En ambos casos se conserva el mismo patrón, es decir, los mejores resultados que describen la variabilidad del PPI se identifican con las series climáticas de la TARDE, seguidos por los del DIA, después por las series acumuladas de la NOCHE y finalmente las correlaciones más bajas se esperan con los registros del lapso de la MAÑANA.

Los resultados encontrados por la correlación señalan que los estudios que vinculan enfermedades en cultivos con las condiciones climáticas parecieran tener mayor pertinencia al emplear registros de la temperatura del aire dentro del cultivo. Esto significa que se deberían generar registros de éstas condiciones, si se espera caracterizar una relación basada entre el clima-enfermedad-cultivo. También se pudiera sugerir que los estudios realizados entre el comportamiento de las plagas y enfermedades y los cultivos que toman en cuenta los registros climáticos fuera del cultivo pudieran estar subestimando la relación, a menos que pudieran estimar registros de las condiciones ambientales dentro del cultivo que permitan hacer comparaciones entre las series.

Finalmente, la experiencia describe la relación de la temperatura del aire con el PPI, pero se debe considerar la acción de la humedad del medio (precipitación y la humedad relativa del aire), así como las condiciones del cultivo y el suelo, de manera que permitan caracterizar o describir la variabilidad de la enfermedad en las plantaciones, dado que la acción combinada de todas ellas deberían llevar a reconocer un efecto potenciado del medio, sobre la severidad de ataque de sigatoka negra, debido que al correlacionar con un elemento (TARDE) llegó a un coeficiente de correlación de 0,408.

## CONCLUSIONES

Los valores de distribución de la temperatura del aire observados entre las dos estaciones durante el período de estudio, en el área de trabajo, señalan que guardan la relación que afirman los estudios hechos al respecto, al determinar que la temperatura del aire libre (1234) son mayores en todos sus índices a los valores observados en la estación dentro del cultivo (1235).

Los resultados de la correlación entre el PPI y la temperatura del aire fuera del cultivo (1234), parecieran estar subestimando la importancia que reviste este elemento en la capacidad de explicar la variabilidad de la severidad de ataque de sigatoka negra en los cultivos. Esto lleva a considerar la relevancia del uso de éstos registros de información convencional (red meteorológica que está fuera de las áreas de producción agrícola) y que es empleada en este tipo de estudios.

La correlación establecida entre la severidad de ataque del hongo (PPI) y las series climáticas indican la posibilidad de describir la variabilidad de la enfermedad con los índices estimados de la estación dentro del cultivo (1235).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G.** (1995). *Fitopatología*. 2<sup>da</sup> ed. Editorial Limusa, S.A. México.
- Begon, M.; Harper, L., Townsend** (1996). *Ecology: individuals, populations and communities*. 3<sup>rd</sup> Edition. BlackWell Science.
- Dobesberger, E.; K. MacDonald,** (1990). An application of geographic information system and discriminant analysis to forecast the potential occurrence of pest infestation: an example using blueberry maggot (Diptera: Tephritidae). *Proceeding of the Symposium. Agrometeorology and Plant Protection*. Asunción Paraguay.
- Gauhl, F.** (1989). *Epidemiology and ecology of black sigatoka. (Mycosphaerella fijiensis Morelet) on plantain and banana (Musa spp) in Costa Rica, Central America*. INIBAP, Goettingen, Germany.
- Gauhl, F.; C. Pasberg** (1994). Epidemiology of Black Sigatoka disease on plantain in Nigeria. Annual Meeting of American Phytopathological Society, Olbuquerque. *Phytopathology*. Vol. 84. No 10, 1080, 1.

- Jiménez, F.** (1996). Relación entre la temperatura del aire y la temperatura de la hoja más joven formada del plátano (*Musa AAB*). Un análisis aplicado a la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) *Corbana*, vol. 21 (46). 115-127.
- Horstall, A.; N. Cowling,** (1978). *Climatic and weather influences on epidemics*. Academic Press. 317-337.
- Hutchinson, G. E.** (1981). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Blume Ecología.
- Jacobsen, B.** (1997). Role of plant pathology in integrated pest management. *Annual Review phytopathology*. [Revista en línea]. Vol. 35. 373-391. <http://biomedical.annualreviews.org/cgi/content/abstract/14/35/373>. [Consulta: 1999, jul. 29]
- Marín, D.; R. Romero,** (1992). *El Combate de la Sigatoka Negra*. Boletín 4. Corporación Bananera Nacional. Departamento de Investigaciones. San José de Costa Rica.
- Martínez, G.; R. Vargas; E. Manzanilla; D. Mu,** (1998). Report on black sigatoka status in Venezuela in 1997. *Infomusa*. Vol. 7, N°1, (31-32).
- Melugin, S.; L. McDaniel; R. Line,** (1988). *Quantifying how climatic factors affect variation in plant disease severity: A general method using a new way to analyze meteorological data climate change*. Academic Press 12: 57-75.
- Ministerio de la Producción y Comercio** (2.000). *Anuario de Producción*. Dirección de Estadística e Informática. Caracas.
- Organización Metereológica Mundial** (1990). *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica*. No 8. Ginebra. Suiza.
- Snedecor, G.; W. Cochram,** (1988). *Statistical methods*. 6 ed. Ames, Iowa. State University Press.