

RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DEL AIRE Y LA TEMPERATURA DE LA HOJA MAS JOVEN FORMADA DEL PLATANO (*Musa* AAB). UN ANALISIS APLICADO A LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*).

Francisco Jiménez O.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Apdo 7170, Turrialba, Costa Rica.

Rec. 15/7/96 Acep. 30/9/96

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN AIR TEMPERATURE AND PLANTAIN (*Musa* AAB) YOUNGEST LEAF TEMPERATURE. AN ANALYSIS APPLIED TO BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*). Air and plantain's (*Musa* AAB) youngest leaf temperature were measured during 1,362 continuous 10-minute-periods using micro-thermistors. The objectives were to study the relationship between both temperatures and to analyze possible effects on data interpretation, taking as reference thermal requirements for *M. fijiensis* spore germination and germinative tube development.

During the day period, leaf temperature was in average 1.8 °C higher than the air's, although there were 10-minutes-periods when the leaf temperature was up to 7.0 °C higher than the air's. During the night period, foliar temperature was in average 0.8 °C lower than the air's, however, at some periods, foliar temperature was 1.9 °C lower.

The utilization of air temperature instead of the first youngest leaf temperature, in order to determine if conditions were suitable for *M. fijiensis* ascospores germination and germinative tube development, lead to underestimate unfavorable conditions and to overestimate favorable and optimum conditions.

Key words: air temperature, foliar temperature, *Musa* AAB, *Mycosphaerella fijiensis*.

RESUMEN

La temperatura del aire y de la primera hoja más joven formada de plantas de plátano (*Musa* AAB) fue medida continuamente durante 1.362 periodos de 10 minutos, mediante el uso de micro-termistores. Los objetivos fueron estudiar la relación entre ambas temperaturas y analizar posibles efectos en la interpretación de los datos, tomando como referencia los requerimientos térmicos para la germinación y el desarrollo del tubo germinativo de esporas de *Mycosphaerella fijiensis*.

Durante el periodo diurno la temperatura de la hoja fue en promedio 1,8 °C mayor que la del aire, pero hubo periodos de 10 minutos en que fue hasta 7,0 °C mayor que la del aire. Durante el periodo nocturno la temperatura foliar fue en promedio 0,8 °C inferior a la del aire, pero hubo periodos en que fue hasta 1,9 °C menor.

La utilización de la temperatura del aire en lugar de la temperatura de la primera hoja más joven formada, para definir si las condiciones eran aptas para la germinación de ascosporas y desarrollo del tubo germinativo de esporas de *M. fijiensis*, llevó a una subestimación de las condiciones desfavorables, y a una sobrestimación de las condiciones favorables y óptimas.

Palabras clave: *Musa* AAB, *Mycosphaerella fijiensis*, temperatura del aire, temperatura foliar.

INTRODUCCION

La temperatura es una de las variables críticas que afectan los sistemas biológicos (Reicosky *et al*, 1989) y es fundamental en el desarrollo de muchos organismos fitopatógenos (Jiménez, 1995).

Varios autores (Long, 1979; Stover, 1983; Moulion-Pefoura y Mourichon, 1990; Jacome *et al*, 1991) han estudiado bajo condiciones controladas, el efecto de la temperatura sobre la germinación de las esporas y el crecimiento del tubo germinativo de *M. fijiensis*, principal limitante en la producción de plátano y banano en América Latina. Los mismos autores coinciden en que la temperatura óptima para esos procesos está entre 25 y 28 °C y con temperaturas superiores a 35 °C o inferiores a 17 °C, los procesos se ven severamente afectados.

En condiciones controladas (cámaras de crecimiento), la temperatura del sustrato (órgano vegetal o el medio de cultivo) y la del aire circundante se pueden considerar iguales (en equilibrio térmico). Bajo condiciones de campo, una práctica común en el estudio del efecto de la temperatura sobre una enfermedad, es tomar los datos obtenidos en una caseta meteorológica clásica (temperatura del aire) y relacionarlos con alguna fase o todo el ciclo de la enfermedad.

La temperatura obtenida en las casetas meteorológicas son una guía general de las que ocurren en los órganos de las plantas, donde realmente se desarrollan las enfermedades (Lomas *et al*, 1971; Schroedter, 1983; Leuning y Cremer, 1988). Sin embargo, variaciones fuertes pueden ocurrir dependiendo de las condiciones meteorológicas, del cultivo hospedante y de las condiciones hídricas del suelo y la planta (Lomas *et al*, 1971; Leuning y Cremer, 1988; Perrier, 1990).

Además hay que considerar el posible problema de representatividad espacial de la es-

tación meteorológica, el cual puede ser importante en sitios con condiciones topográficas heterogéneas (Schroedter, 1983; Jiménez, 1995).

Es importante conocer las variaciones de la temperatura del órgano vegetal de interés con respecto a la temperatura del aire en el mismo sitio experimental. Este tipo de información puede contribuir a un análisis e interpretación más preciso de las relaciones físico-biológicas del patosistema.

La obtención de relaciones cuantitativas entre el microclima (altamente variable) y el mesoclima (relativamente homogéneo) es de importancia por varias razones: para explotar más la gran cantidad de datos de mesoclima existentes, por la dificultad de obtener datos de microclima y la necesidad de mucho equipo y personal especializado para un adecuado programa de medición microclimática (Holmes y Nelson, 1965).

El objetivo de esta investigación fue estudiar la relación entre la temperatura del aire y la temperatura de la hoja más joven formada de plantas de plátano. Adicionalmente, tomando como referencia los requerimientos térmicos para la germinación y el desarrollo del tubo germinativo de esporas de *Mycosphaerella fijiensis*, analizar posibles efectos en la interpretación de los datos, dependiendo de cual de las dos temperaturas se utilice.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en una plantación de 1,5 hectáreas de plátano (*Musa AAB*), cv. Curraré, de seis meses de edad, ubicada en el campo experimental de cultivos del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, en setiembre de 1995. El sitio está a una altitud de 600 msnm y a 9°52' de Latitud Norte y 83° 37' de Longitud Oeste. Los registros meteorológicos de los últimos 30 años muestran que la precipi-

tación anual promedio es de 2.607 mm, distribuidos a lo largo de todo el año. La temperatura máxima, media y mínima promedio corresponden a 27,1; 21,7 y 17,9 °C, respectivamente. La humedad relativa promedio es de 88%, la radiación solar global de 17 MJ/m² por día y la velocidad del viento menor a 1 m/s. De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge (1987), la zona corresponde a la formación bosque muy húmedo premontano.

La temperatura superficial se midió en la parte distal de la primera hoja más joven, recién formada, instalando un microtermistor Delta-T-Devices (Delta-T-Devices LTD, Cambridge Inglaterra), de 1 mm de longitud y 0,3 mm de diámetro, a la distancia media entre la nervadura central y el borde, por el lado abaxial. La medición se realizó en 12 plantas. Previo al inicio de las mediciones se realizó una comparación y calibración de todos los termistores, instalándolos durante tres días completos dentro de la caseta meteorológica.

El microtermistor se sujetó a la superficie de la hoja mediante goma azul (Laboratorios Elker, EUA). Al menos tres veces al día se verificó que existiera un buen contacto entre los sensores y la superficie de la hoja. La temperatura del aire se midió con dos microtermistores similares a los empleados para la medición de la temperatura foliar. Estos se ubicaron a la sombra, dentro de una caseta meteorológica estándar instalada a un costado de la plantación, a 1,7 m de altura sobre el nivel del suelo.

Todos los sensores estaban conectados a un sistema de almacenamiento de datos Delta-T-Devices (Delta-T-Devices LTD, Cambridge Inglaterra). La temperatura se registró cada 5 segundos y se promedió para periodos de 10 minutos. Para la temperatura de la hoja se obtuvo un promedio de los 12 termistores, mientras que para la temperatura del aire, de los dos termosensores ubicados en la caseta. Los datos fueron diariamente transferidos a una micro-

computadora portátil para su posterior procesamiento y análisis en PC-SAS.

También se midió la radiación solar global mediante un sensor Li-cor (Li-cor Inc. EUA) previamente calibrado, con el mismo periodo de registro y de acumulación de datos utilizados para la temperatura. Durante el periodo de estudio (20 al 30 de setiembre de 1995), y debido a las precipitaciones frecuentes, el suelo se mantuvo húmedo, por lo que se puede considerar, que las plantas no sufrieron de estrés hídrico.

Con el fin de analizar la distribución de temperaturas menos o más favorables para la germinación de las esporas y desarrollo del tubo germinativo de *M. fijiensis*, de acuerdo a si se utiliza la temperatura foliar o la temperatura del aire como criterio de evaluación, se definieron considerando los datos de Long (1979), Stover (1983), Moulion-Pefoura y Mourichon (1990), y Jacome *et al* (1991), las siguientes categorías o condiciones para las fases de la enfermedad antes mencionadas:

Desfavorable: temperatura menor de 20,0 o mayor de 31,0 °C.

Favorable: temperatura entre 20 y 23,0 y entre 28 y 31,0 °C.

Optima: temperatura entre 23 y 28,0 °C.

Este análisis se realizó para las 24 horas y también para diferentes intervalos y combinación de intervalos, en los cuales, en la zona de estudio, se presenta con frecuencia una película de agua sobre la superficie foliar, ya sea por lluvia, rocío o ambos (Jiménez, 1994).

Además del intervalo de 0-24 horas, se seleccionaron los siguientes: de las 7 a 9 horas que corresponde a un periodo en el cual en la mayor parte del área donde se cultiva plátano en Costa Rica, existe la presencia de una película de agua sobre la superficie de las hojas y ocurre también un incremento fuerte de la temperatura del aire. El intervalo de las 14 a 19 ho-

ras se escogió porque coincide con el período de mayor frecuencia de ocurrencia de lluvia y la temperatura es alta. Los intervalos de las 7 a 9 y de las 14 a 19 horas también se consideraron en conjunto. El intervalo de las 19-8,30 horas representa el periodo típico con presencia de rocío (película de agua sobre la superficie) pero con temperaturas poco favorables para el hongo. Finalmente el periodo de las 14 a 8,30 horas es una combinación frecuente de periodos con presencia de mojadura en la hoja y temperaturas variables.

Los datos fueron analizados utilizando los procedimientos Proc Sort, Proc Means, Proc Reg y Proc Freq del paquete informático SAS para Unix (SAS INSTITUTE, 1996).

Para la temperatura foliar y del aire se hizo una comparación cuantitativa para el periodo diurno (6-18 horas) y nocturno (18-6 horas). Para la relación entre variables (temperatura de la hoja más joven formada en función de la temperatura del aire y de la radiación solar), se probaron diferentes modelos de regresión y se escogió en cada caso, el de mejor ajuste estadístico (coeficiente de determinación más alto). Este procedimiento se realizó para el periodo diurno, periodo nocturno y todo el periodo (diurno y nocturno en conjunto). Los modelos de regresión seleccionados fueron el lineal simple y el lineal múltiple (Osorio y Ibarra, 1987).

La agrupación de la temperatura de la primera hoja formada y de la temperatura del aire en desfavorable, favorable y óptima, para los diferentes intervalos de tiempo, se realizó mediante distribución de frecuencias en PC-SAS.

RESULTADOS

La figura 1 muestra el comportamiento de la temperatura promedio de la hoja más jo-

ven formada de plátano y la temperatura del aire durante 1.362 períodos continuos de 10 minutos. Durante el período diurno (6-18 h), la mayor parte del tiempo la temperatura de la hoja fue superior a la del aire, pero durante la noche (18-6 h) fue inferior.

Durante el periodo diurno, en lapsos de acumulación de datos de 10 minutos, la temperatura de la hoja varió entre 16,6 y 40,9 °C, con una máxima promedio de 33,9 °C, una mínima promedio de 16,9 °C y una media de 26,1 °C (Cuadro 1). La temperatura del aire varió entre 17,7 y 30,0 °C, con una máxima promedio de 29,8 °C, una mínima promedio de 17,7 °C, y una media de 24,3 °C.

Durante el periodo nocturno, la temperatura de la hoja varió entre 16,1 y 23,0 °C, con una máxima promedio de 22,8 °C, una mínima promedio de 16,4 °C y la media fue de 19,4 °C. La temperatura del aire varió entre 17,5 °C y 24,0 °C, con una máxima promedio de 23,9 °C, una mínima promedio de 17,6 °C y la media fue de 20,2 °C.

Durante el periodo diurno la temperatura de la hoja fue en promedio 1,8 °C mayor que la del aire, pero hubo periodos de 10 minutos en que la temperatura promedio de los 12 microtermistores fue hasta 7,0 °C mayor que la del aire (Cuadro 1). Por el contrario, durante el periodo nocturno la temperatura foliar fue en promedio 0,8 °C inferior a la del aire, pero también hubo periodos de 10 minutos en que fue hasta 1,9 °C menor.

Las diferencias entre la temperatura foliar y la temperatura del aire (Fig. 2) fueron relativamente bajas y homogéneas durante el periodo nocturno. Como consecuencia de este comportamiento, se obtuvo un buen estimado de la temperatura foliar nocturna a partir de la temperatura del aire utilizando modelos estadísticos simples (Cuadro 2).

En el periodo diurno, la diferencia fue alta y heterogénea y aunque el coeficiente de

determinación para el modelo de regresión lineal simple que relaciona la temperatura de la hoja y la temperatura del aire, fue relativamente alto ($r^2=0,87$), si se analiza la representación gráfica de ambas variables (Fig. 3), se observa que existe dispersión de los datos, principalmente para temperaturas del aire mayores de $22,0\text{ }^\circ\text{C}$ (típicas del periodo diurno).

La consideración de la radiación solar en el modelo de regresión mejoró el ajuste del modelo, obteniéndose un $r^2=0,96$ (Cuadro 2). Esta asociación entre la temperatura de la hoja y la radiación solar global incidente fue más fuerte para intensidades de radiación por encima de 300 W/m^2 (Fig. 4).

El cuadro 3 presenta los resultados sobre la distribución de frecuencias del tiempo que las condiciones de temperatura fueron desfavorables, favorables u óptimas para la germinación de las esporas y el desarrollo del tubo ger-

minativo de *M. fijiensis*, de acuerdo a si se utiliza la temperatura de la hoja más joven formada o la temperatura del aire para su evaluación.

Las mayores diferencias se dan en las temperaturas denominadas desfavorables (mayores de $31,0\text{ }^\circ\text{C}$ o menores de $20,0\text{ }^\circ\text{C}$). En el intervalo de las 24 horas, casi el 53% del tiempo la temperatura fue desfavorable cuando se usó la temperatura foliar como indicadora y solamente el 29,5% del tiempo, cuando se usó la temperatura del aire. De manera complementaria, para ese mismo intervalo de tiempo, el porcentaje de tiempo con temperatura favorable y óptima fue inferior cuando se emplea la temperatura foliar (Figura 5).

El porcentaje de tiempo con temperaturas óptimas ($23,0\text{--}28,0\text{ }^\circ\text{C}$) siempre fue mayor cuando se utilizó la temperatura del aire, para cualquiera de los intervalos de tiempo analizados. Las diferencias variaron desde 0,6% en el

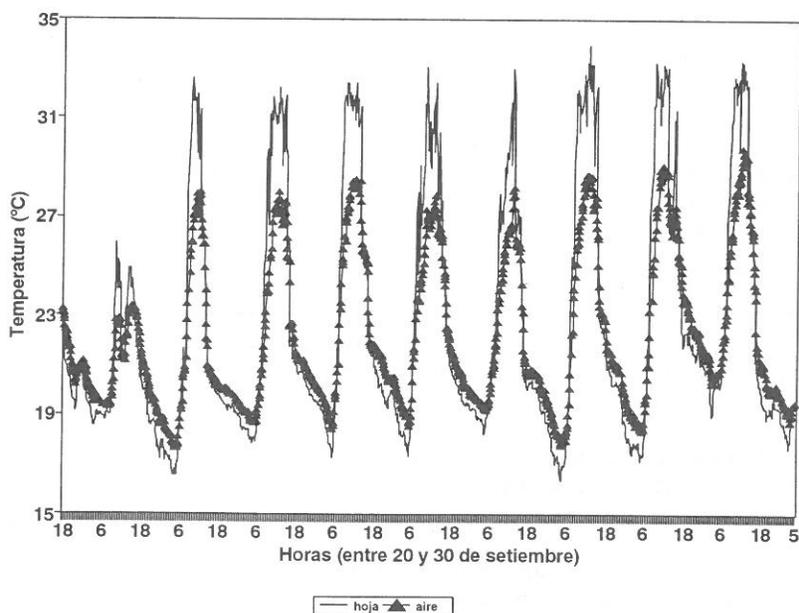


Fig. 1. Temperatura promedio de la hoja más joven formada de plátano (*Musa AAB*, cv. Curraré) y temperatura del aire ($n=1.362$ periodos continuos de medición de 10 minutos cada uno).

Cuadro 1. Comportamiento de la temperatura del aire, la temperatura de la hoja más joven formada de plátano (*Musa AAB*, cv. Curaré) y la radiación solar global (n= 1.362 periodos continuos de medición de 10 minutos cada uno). Turrialba, Costa Rica, 1995.

Parámetro meteorológico	Periodo diurno ¹	Periodo nocturno
Temperatura máxima promedio ² de la hoja	33,9	22,8
Temperatura mínima promedio de la hoja	16,9	16,4
Temperatura promedio de la hoja	26,1	19,4
Temperatura máxima absoluta ³ de la hoja	40,9	23,0
Temperatura mínima absoluta de la hoja	16,6	16,1
Temperatura máxima promedio del aire	29,8	23,9
Temperatura mínima promedio del aire	17,8	17,6
Temperatura promedio del aire	24,3	20,2
Temperatura máxima absoluta del aire	30,0	24,0
Temperatura mínima absoluta del aire	17,7	17,5
T. máx. prom. hoja - T. máx. prom. aire	4,1	-1,1
T. mín. prom. hoja - T. mín. prom. aire	-0,9	-1,2
T. prom. hoja - T. prom. aire	1,8	-0,8
T. hoja - T. aire, máxima en 10 min.	7,0	-1,9
T. hoja - T. aire, mínima en 10 min.	-1,8	-0,3
Radiación solar máxima (W/m ²)	1.103,0	0,0
Radiación solar mínima (W/m ²)	0,1	0,0
Radiación solar promedio (W/m ²)	406,0	0,0

1: periodo diurno: 6-18 horas; periodo nocturno: 18-6 horas.

2: se refiere a la temperatura máxima o mínima de la hoja o del aire según corresponda, promedio de 12 sensores (hoja) o dos sensores (aire) en un periodo de 10 minutos.

3: se refiere a la temperatura máxima o mínima absoluta de la hoja o del aire según corresponda, obtenida de uno de los sensores, promedio para un periodo de 10 minutos.

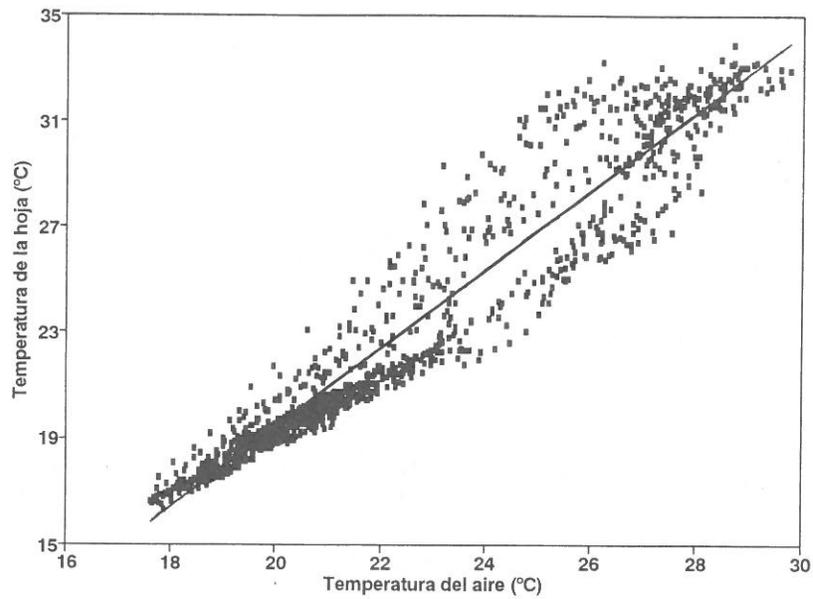


Fig. 3. Relación entre la temperatura promedio de la hoja más joven formada de plátano (*Musa* AAB, cv. Curraré) y la temperatura del aire (n= 1.362 periodos continuos de medición de 10 minutos cada uno).

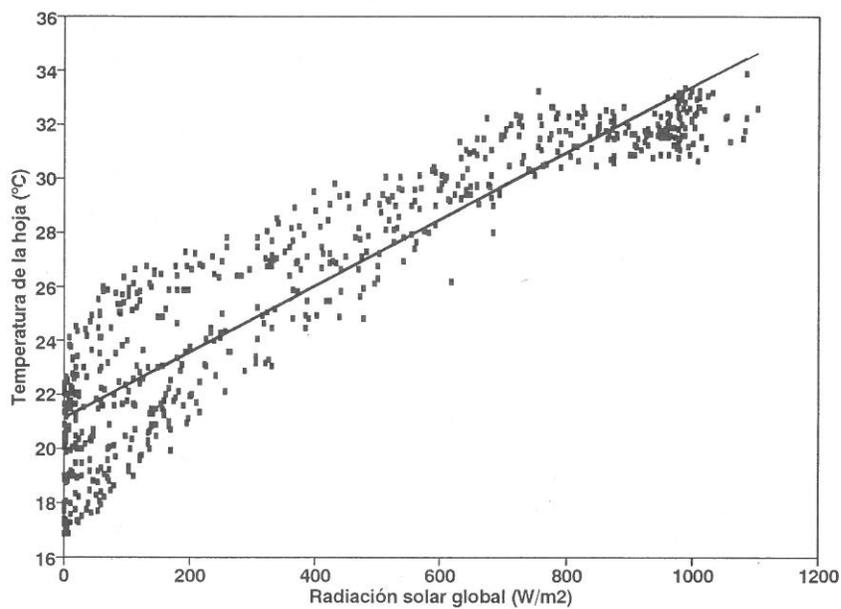


Fig. 4. Relación entre la temperatura promedio de la hoja más joven formada de plátano (*Musa* AAB, cv. Curraré) y la radiación solar global incidente.

Cuadro 3. Distribución de frecuencias (%) de las condiciones de temperatura para la germinación de esporas y el desarrollo del tubo germinativo de *Mycosphaerella fijiensis* de acuerdo a si se utiliza la temperatura de la primera hoja formada de plátano (*Musa* AAB, cv. Curraré), o la temperatura del aire para su evaluación.

Intervalos de horas	Condición para la germinación y para el crecimiento del tubo germinativo de <i>Mycosphaerella fijiensis</i>					
	Desfavorable		Favorable		Optima	
	Thoja	Taire	Thoja	Taire	Thoja	Taire
7-9	25,7	12,3	41,6	42,7	32,7	45,0
14-19	8,2	0,0	56,6	48,4	35,2	51,6
7-9 y 14-19	13,3	3,6	52,4	46,7	34,3	49,7
19-8,30	67,6	49,7	28,1	45,4	4,3	4,9
14-8,30	52,3	36,9	35,5	46,1	12,2	17,0
0-24	52,8	29,5	34,1	43,7	13,1	26,8

Mediciones realizadas del 20 al 30 de setiembre de 1995. Turrialba, Costa Rica. Thoja= Temperatura de la hoja y Taire= Temperatura del aire.

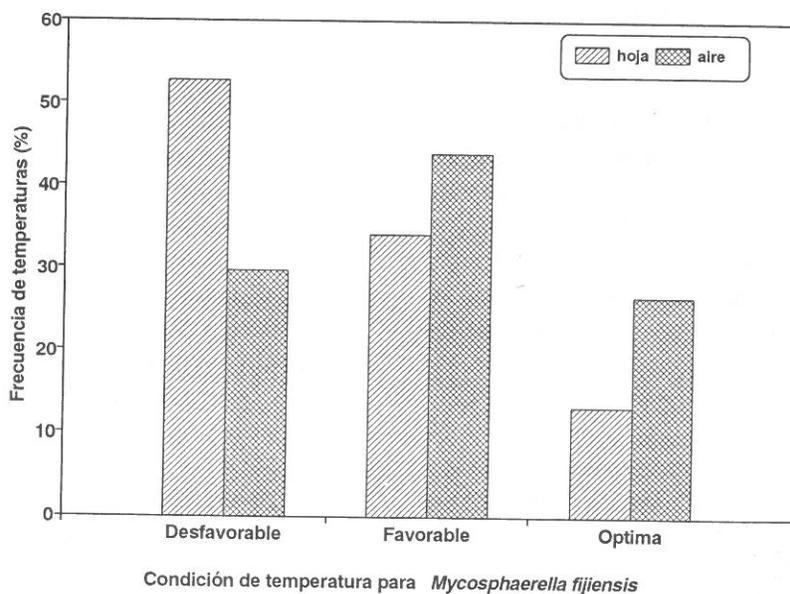


Fig. 5. Distribución de frecuencias de las condiciones de temperatura para la germinación y desarrollo del tubo germinativo de *Mycosphaerella fijiensis*, de acuerdo a si se utiliza la temperatura de la hoja más joven formada o la temperatura del aire para su evaluación (n= 1.362 periodos continuos de medición de 10 minutos cada uno).

intervalo de las 19-8,30 hasta 16,4% en el de las 14-19 horas. En el caso de temperaturas favorables, la temperatura de la hoja estuvo durante menos tiempo en esa condición para los intervalos de tiempo que incluyeron la noche (19-8,30, 14-8,30 y 0-24h), y durante mayor tiempo en los intervalos de horas diurnas.

Las temperaturas desfavorables predominaron durante más tiempo, para cualquiera de los intervalos analizados, cuando se empleó la temperatura de la hoja como parámetro de evaluación.

DISCUSION

Se obtuvieron diferencias entre la temperatura del aire y de la hoja más joven formada. Las mismas son de esperar, ya que la radiación recibida por una superficie y los intercambios de energía resultantes con el aire, llevan a un equilibrio térmico a nivel de la superficie que corresponde a una temperatura casi siempre diferente a la del aire (Jiménez, 1994).

La temperatura de la hoja fue más alta que la del aire durante el período diurno, pero inferior durante el nocturno. Resultados similares han sido publicados por otros autores para relaciones entre temperatura del aire y temperatura de superficies vegetales (Brun, 1963; Ehrler *et al*, 1978). Este comportamiento se puede explicar por la menor capacidad calórica de las hojas que, por lo tanto, se calientan y enfrían más rápido que el aire húmedo circundante.

Las mayores temperaturas foliares diurnas se deben a que bajo condiciones de insolación fuerte, la remoción de calor por convección y evaporación desde la superficie foliar es frecuentemente insuficiente para equiparar su temperatura a la del aire. El calor es almacenado y las hojas se pueden calentar varios grados más que el aire (Larcher, 1975).

El efecto directo de la radiación solar sobre la temperatura de hojas expuestas al sol, va

asociada con frecuencia al cierre de los estomas. Esto resulta en un efecto acumulativo sobre el incremento de la temperatura foliar, si otros factores tales como velocidad del viento, y presión de vapor permanecen constantes (Ehrler *et al*, 1978).

Las pequeñas diferencias de temperatura entre la hoja y el aire durante el periodo nocturno, puede ser explicado por la presencia casi permanente de agua sobre la superficie foliar a causa del rocío, la lluvia o ambos (Lhomme y Jiménez, 1992), la humedad relativa cercana a la saturación, la alta nubosidad y la baja velocidad del viento en la zona de estudio. Estos factores limitan los intercambios de masa y mantiene la temperatura foliar cercana a la del aire. Leuning (1989) encontró que hojas con presencia de rocío sobre su superficie fueron 1-2 °C más calientes que hojas secas, bajo las mismas condiciones ambientales.

La heterogeneidad y la mayor diferencia entre la temperatura del aire y la hoja durante el periodo diurno (contrario a lo obtenido durante el periodo nocturno), se debe a que durante el día el balance de energía es dominado y determinado en gran parte por la radiación solar, la cual es además, muy variable en el tiempo.

Las diferencias de temperatura entre el aire y la hoja obtenidas en el presente estudio fueron más pequeñas que las informadas para banano en Guinea (Brun, 1963), de hasta 13,0 °C durante el día y de hasta 8,0 °C durante la noche, entre una hoja erecta de banano y el aire. Estos resultados se deben posiblemente a que el tipo de termómetro utilizado por Brun (termómetros de mercurio) es menos preciso para esta clase de medición. Otros factores, como condiciones meteorológicas, estado fisiológico de las plantas y estado de humedad del suelo, que también afectan la temperatura foliar, pueden haber influido en esos resultados.

El ajuste lineal entre los datos de temperatura del aire y de la hoja mejoró cuando se in-

cluyó el efecto de la radiación solar. Algunos autores (Holmes y Dingle, 1965; Pedro, 1980; Leuning y Cremer, 1988) han indicado la dificultad de relacionar de manera simple el microclima de los cultivos a los datos del mesoclima. Resultados más satisfactorios de estimación de la temperatura foliar a partir de la temperatura del aire, se han obtenido con modelos más complejos (Boostma, 1976; Pedro, 1980).

Los resultados obtenidos ponen en evidencia que se dan diferencias cuantitativas entre el microclima térmico que ocurre en el sitio donde se desarrolla la actividad biológica del hongo *M. fijiensis* (hoja) y el de la atmósfera circundante. Esto podría explicar la correlación pobre, que con frecuencia se obtiene a nivel de campo, cuando en estudios epidemiológicos, se analiza la relación entre la temperatura del aire y el desarrollo de alguna enfermedad.

Este factor debe ser más crítico aún, cuando los datos provienen de estaciones distantes del sitio donde está el cultivo, cuando existen variaciones fuertes de relieve, los instrumentos de medición y su calibración no es la adecuada, los observadores no están bien entrenados y no existe un buen control de calidad de la información obtenida.

Las diferencias observadas entre la temperatura foliar y la temperatura del aire, principalmente durante el periodo diurno, sugieren que es un factor que puede afectar la interpretación biológica de resultados experimentales si no se toman las precauciones del caso. A pesar que no se midió la germinación ni el desarrollo de los tubos germinativos, ni ninguna variable de la enfermedad en este trabajo, para el sitio y periodo de estudio, el empleo de la temperatura del aire podría llevar a una sobreestimación de las condiciones térmicas más adecuadas para la germinación y crecimiento del tubo germinativo de *M. fijiensis*.

Estas diferencias entre micro y mesoclima pueden también ocasionar dificultades en el uso práctico de modelos de pronóstico de

enfermedades basados en datos meteorológicos, tales como la temperatura.

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer a Ramiro Jamarillo, Coordinador Regional del INIBAP por su apoyo para la realización de este trabajo y la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

1. BOOTSMA, A. 1976. Estimating grass minimum temperatures from screen minimum values and other climatological parameters. *Agricultural Meteorology*: Pp: 103-113.
2. BRUN, J. 1973. La cercosporiose du bananier en Guinée. Etude de la phase ascosporee du *Mycosphaerella musicola*. Theses de docteur, Université de Paris, Centre d'Osary. 187p.
3. EHRLER, W.L.; IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. 1978. Wheat Canopy Temperature. Relation to Plant Water Potential. *Agronomy Journal* 70:251-256.
4. HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José. Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Colección Libros y Materiales Educativos. No 83. 216p.
5. HOLMES, R. M.; DINGLE, N.A. 1965. The relationship between the macro and microclimate. *Agricultural Meteorology* 2: 121-126.
6. JACOME, L.H.; SCHUH, W.; STEVESON, R.E. 1991. Effect of temperature and re-

- lative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 81:1481-1485.
7. JIMENEZ, F. 1994. Etudes agrométéorologiques appliquées a la lutte contre la Sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis*) du bananier Plantain (*Musa AAB*). Thèse de doctorat. Institute National Agronomique Paris-Grignon. France. 128p.
 8. JIMENEZ, F. 1995a. Uso de la meteorología en el combate de enfermedades fitopatógenas. *En: Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica. Pasado, presente, futuro.* J. García, G. Fuentes y J.M., eds. San José, Costa Rica, V. II. Pp:101-128.
 9. JIMENEZ, F. 1995b. Equipo y mediciones agrometeorológicas. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 45p.
 10. LARCHER, W. 1975. *Physiological Plant Ecology.* Heidelberg Springer-Verlag. 252p.
 11. LEUNING, R.; CREMER, K.W. 1988. Leaf temperatures during radiation frost. Part I. Observations. *Agricultural and Forest Meteorology* 42:121-133.
 12. LEUNING, R. 1989. Leaf energy balances: developments and applications. *Phil. Transactions Royal Society London.* B 324:191-206.
 13. LHOMME, J.P.; JIMENEZ, F. 1992. Estimating dew duration on banana and plantain leaves from standard meteorological observations. *Agricultural and Forest Meteorology* 62:263- 274.
 14. LOMAS, J.; SCHLESINGER, E.; ISRAELI, A. 1971. Leaf temperature measurement techniques. *Boundary Layer Meteorology* 1:458-465.
 15. LONG, P.G. 1979. Banana black leaf streak disease (*Mycosphaerella fijiensis*) in western Samoa. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 72:299-310.
 16. MOULION-PEFOURA, A.; MOURICHON, X. 1990. Développement de *Mycosphaerella musicola* (maladie de Sigatoka) et *M. fijiensis* (maladie des raies noires) sur les bananiers et plantains. Etude du cas particulier des productions d'altitude. *Fruits* 45:17-24.
 17. OSORIO, F.O.; IBARRA, E.L. 1987. Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola. Tegucigalpa, Honduras, IICA. 109p.
 18. PEDRO JUNIOR, M.J. 1980. Relation of leaf surface wetness duration to meteorological parameters. Thesis PhD. University of Guelph, Canada. 136p.
 19. PERRIER, A. 1990. La température de surface. *In: Météo Agricole.* Paris, France. Météole. Pp: 100-103.
 20. REICOSKY, D.C.; WINKELMAN, L.J.; BAKER, J.M.; BAKER, D.G. 1989. Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima. *Agricultural and Forest Meteorology* 46:193-209.
 21. SAS INSTITUTE, Inc. 1996. Statistical analysis system for Unix. Version 6.09. NC, USA, SAS Institute, Inc. 687p.

22. SCHROEDTER, H. 1983. Meteorological problems in the practical use of disease-forecasting models. European Plant Protection Organization Bulletin (EPPO). 13(2):307-310.
23. STOVER, R.H. 1983. The effect of temperature on ascospore germ tube growth of *Mycosphaerella musicola* and *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Fruits 38:625-628.