

VARIACION ESTACIONAL DEL SISTEMA FOLIAR DE CINCO CLONES DE BANANO¹ /

E. M. FLORES*
M. SOTO**
R. BOLAÑOS***

Summary

Seasonal variation of the foliar system and structure of five clones suggest that the leaf area and the foliar volume were drastically reduced during the dry season. To evaluate the foliar structure it was used the fourth leaf. The number of stomata per mm² is higher on the abaxial side: adaxially and abaxially, the number of stomate is also reduced during the dry season. The hydric deficit seems to be the most important factor in foliar reduction and variation.

Introducción

El banano es un cultivo de origen tropical, cuyo crecimiento óptimo requiere temperaturas de 25 a 27°C (12), suficiente humedad, y de preferencia, suelos livianos. Lassoudiere (9) informó que el crecimiento de esta planta y en especial el de la lámina foliar, es afectado por los cambios estacionales y las condiciones hídricas. Otros investigadores establecieron la relación entre el desarrollo foliar y la temperatura (2, 4, 5, 6, 10, 15, 16, 17) y encontraron que la temperatura óptima diaria para la aparición de las hojas oscilaba entre 28 y 30 °C. Turner y Lahav (17) indicaron que el máximo de área foliar se producen entre los 26 y 33 °C; sin embargo, conforme aumenta la temperatura disminuye el contenido de materia seca en cormo y raíces. Aunque la variación en el desarrollo del sistema foliar se ha relacionado con los cambios estacionales, la temperatura y las condi-

ciones hídricas, no se encontró ningún estudio sobre la posible variación estructural de la hoja durante la época seca y lluviosa. La descripción de la hoja ha sido siempre de carácter muy general (1, 13, 14); no obstante, es significativo que mucha densidad estomática, indicada por diversos autores, muestra variación (3, 13).

El propósito de la presente investigación fue determinar la posible variación estacional en área y volumen foliar del clon Gros Michel y los clones del complejo Cavendish, así como establecer el tamaño de los estomas y la densidad estomática por mm³ en la haz y el envés.

Métodos

Se estudió las hojas de los siguientes clones triploides derivados de *Musa acuminata*: Gros Michel, Dwarf Cavendish, Giant Cavendish (Grande Naine o Garn Enano), Robusta (Valery) y Lacatán. Las observaciones y experimentos se realizaron en el Jardín Botánico y en las plantaciones de banano de la Compañía Agrícola y Ganadera Cariari, situada en Cariari, Guápiles, Provincia de Limón, Costa Rica y el análisis microscópico en el Laboratorio de Anatomía Vegetal de la Escuela de Biología y la Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad de Costa Rica. El estudio abarcó tanto la época seca como la época lluviosa en los años 1982 y 1983. El Cuadro 1 contiene los datos de la precipitación y temperatura promedio mensuales durante los años en que se realizó el estudio. Puede apreciarse que llueve durante todo el año, aunque existe una época más seca y otra más lluviosa.

1 Recibido para publicación el 5 de octubre de 1984. Este trabajo fue financiado por la Compañía Agrícola y Ganadera Cariari y por la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. Agradecemos a los Srs. Marcio Hernández y Emilio Fournier la colaboración prestada en el trabajo de campo.

* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

** Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

*** Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Precipitación promedio mensual (mm) durante los años 1982 y 1983.

MES	1982		1983	
	Temperatura promedio (°C)	Precipitación promedio (mm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación promedio (mm)
Enero	25.2	89.7	25.0	265.6
Febrero	25.4	127.1	25.7	133.0
Marzo	25.2	89.6	26.5	151.4
Abril	25.7	93.2	26.7	52.2
Mayo	27.0	321.7	26.8	566.9
Junio	26.5	339.1	27.6	476.4
Julio	26.6	1 119.8	27.0	420.8
Agosto	26.1	739.4	27.0	350.0
Setiembre	26.3	120.2	26.5	144.5
Octubre	25.7	322.0	25.4	325.9
Noviembre	25.2	88.1	26.2	82.9
Diciembre	24.6	122.0	25.1	106.5

Cuadro 2. Medidas de las variables morfológicas evaluadas en las hojas de cinco clones de banano.

Variable	CLONES				
	Dwarf Cavendish	Giant Cavendish	Robusta (Valery)	Lacatán	Gros Michel
No. hoja E. L1 ¹	12	15	12	10	11
No. hoja E. S. ²	9	11	11	8	9
Area foliar m ² L. L1	14.40	28.94	28.91	27.82	27.89
Area foliar m ² E. S.	6.66	15.73	17.62	14.47	24.90
% reduc. foliar E. S.	54	46	40	48	11
Grosor hoja (mm) E. L1	0.56	0.87	0.67	0.54	0.54
Grosor hoja (mm) E. S.	0.28	0.27	0.26	0.39	0.28
% reduc. foliar E. S.	50	69	61	28	49
Volumen foliar (m ³) E. L1	0.080	0.252	0.194	0.152	0.153
Volumen foliar (m ³) E. S.	0.020	0.041	0.045	0.056	0.069
% reduc. volumen E. S.	75	84	72	64	55
No. estomas/mm ² abax ³ E. L1	162	108	114	148	135
No. estomas/mm ² adax ⁴ E. L1	54	81	20	40	14
No. estomas/mm ² abax. E. S.	152	103	104	139	126
No. estomas/mm ² adax. E. S.	47	64	17	32	9
Long. Ostiolo (um) Adx E. L1	32	34	35	32	40
Long. ostiolo (um) Abx E. L1	25	22	30	19	30
Long. ostiolo (um) Adx E. S.	32	34	34	32	40
Long. ostiolo (um) abx E. S.	25	22	29	19	30

1. E. L1 estación lluviosa 3. Abaxial
2. E. S. estación seca 4. Adaxial

Estos datos climáticos fueron tomados en la Estación Agrometeorológica "La Mola", situada a 6 km de la Finca Agrícola Ganadera Cariari, S.A. Las plantas empleadas fueron sembradas a doble surco, con una distancia de 2,17 m entre plantas, un metro entre hileras y 3,70 m entre hileras dobles. Todas las plantas recibieron el mismo tratamiento nutricional y de control de plagas. El tipo de suelo pertenece al subgrupo typic eutrandedpt de la Serie Old Vega. Los datos fueron tomados y las muestras colectadas cerca del momento de la floración al finalizar la época lluviosa en setiembre y octubre de 1982 y al final de la época seca en mayo y junio de 1983. El área foliar se calculó

mediante la relación: $\text{Area} = 0.86 L \times A$, donde L es la longitud y A es el ancho de la hoja (12) y el volumen, multiplicando el área foliar por el grosor de la hoja. Las muestras para calcular el tamaño de los estomas y la densidad estomática fueron tomadas a 1/3 de la longitud de la lámina a partir de la base. Se utilizó siempre la cuarta hoja.

Para microscopía de luz se fijó el material en FAA (8), se deshidrató en una serie ascendente de alcohol butílico terciario y se infiltró en parafina. Los bloques fueron seccionados a 10 μm y las secciones teñidas siguiendo la técnica de Sharman (11). Se hi-

cieron secciones paradermales y transversales. De cada espécimen se seleccionaron 10 láminas fijas con secciones paradermales y en cada una de ellas se midió la longitud de 30 estomas escogidos al azar y se contó el número de estomas en 10 campos diferentes. El área se calculó con ayuda de un micrómetro. El ancho de la hoja se midió en las secciones transversales.

Para el examen con el microscopio electrónico de barrido, se fijó el material en FAA durante 48 horas a 23 °C y se deshidrató mediante series de alcohol etílico. Los especímenes se trataron con ultrasonido durante 2 o 3 segundos para eliminar las impurezas de la lámina foliar y se llevó el material hasta el punto de secado crítico con CO₂. Los cortes se montaron en soportes de aluminio empleando cinta adhesiva y pin-

tura conductora de plata. Se colocó el material en un cobertor iónico EIKO IB-3, donde se cubrió con una película de oro. Se observó las secciones en un microscopio de rastreo Hitachi HHS-2R. Las fotografías se tomaron con película Verichrome Pan Kodak VP 120. También en este caso se contó el número de estomas en 10 campos diferentes de cada muestra. Se calculó el área muestreada mediante fotografías. El tamaño de los estomas se calculó en las fotografías.

Resultados

El Cuadro 2 resume los valores cuantitativos de los parámetros morfológicos considerados en los cinco clones de banano estudiados.

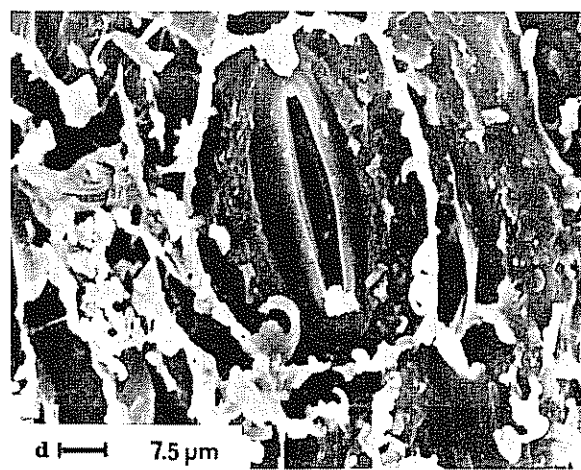
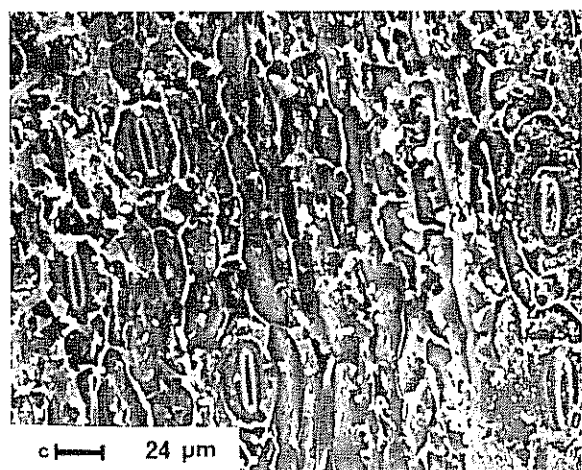
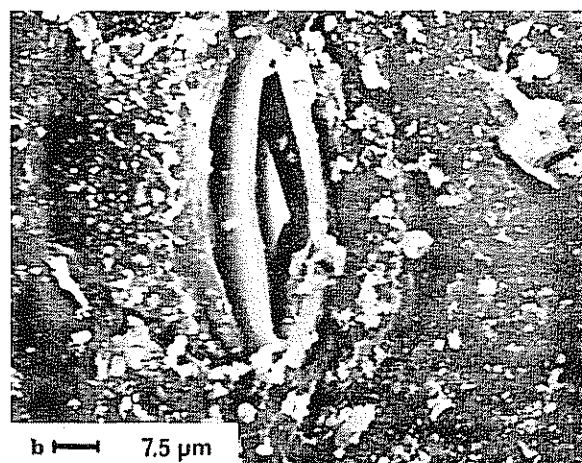
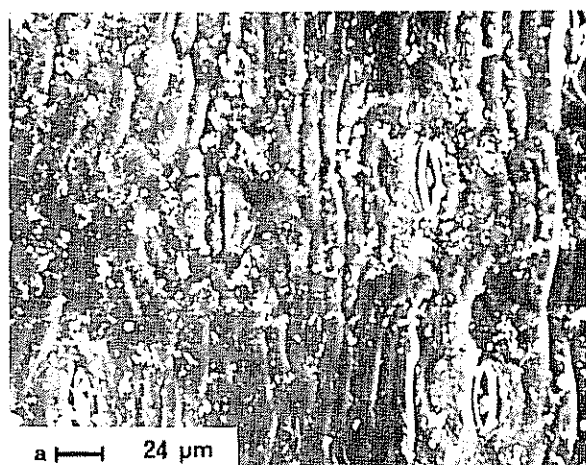


Fig. 1.
a y b Vista microscópica de los estomas del clon Gros Michel en la superficie adaxial
c y d Vista microscópica de los estomas del clon Gros Michel en la superficie abaxial

Las observaciones realizadas en el campo revelan que el número de hojas disminuye en todos los clones durante la época seca. El área foliar de los clones es similar en la época lluviosa excepto en el clon Dwarf Cavendish que registró un valor inferior. La cuantificación del área foliar durante la época seca reveló un descenso en todos los clones. Dwarf Cavendish (54%), Lacatán (48%) y Giant Cavendish (46%) registraron las mayores reducciones de área foliar. El clon Robusta mostró una disminución de 40% y el Gros Michel una muy leve de 11%. El grosor de la hoja osciló desde 0.54 mm en Lacatán y Gros Michel hasta 0.87 mm en el Giant Cavendish durante la época lluviosa. En época seca estos valores se redujeron; Giant Cavendish y Robusta sufrieron los mayores descensos (69 y 61% respectivamente); Dwarf Cavendish en 50%, Gros Michel en 49% y Lacatán en 28%. Las hojas más carno-

sas son las que exhiben una reducción mayor. El volumen foliar, como es obvio, es mayor en época lluviosa e inferior en época seca.

Las hojas son anfiestomáticas (Figuras 1 a 5) y no se observó diferencias estructurales notables en los diferentes clones. Algunas aparentes diferencias en las figuras responden a menor o mayor grado de apertura del ostiolo. La cera epicuticular es mayor en el envés. El número de estomas por mm^2 es distinto en cada uno de los clones y las superficies adaxial y abaxial se caracterizan por tener una densidad estomática diferentes (ver Cuadro 2). La superficie adaxial tiene un número de estomas mucho menor que la superficie abaxial, excepto en el clon Giant Cavendish que muestra una densidad estomática adaxial excepcionalmente elevada. Durante la época seca, el número de

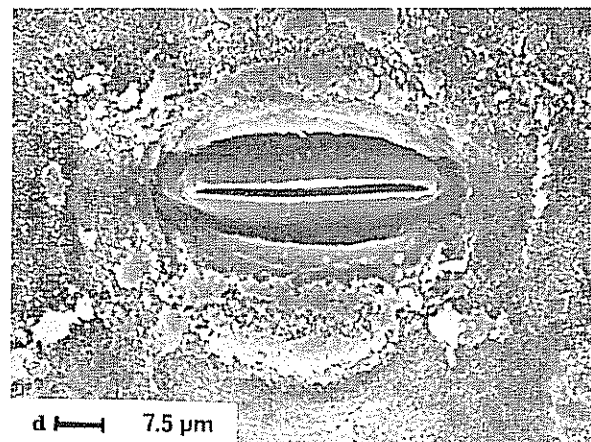
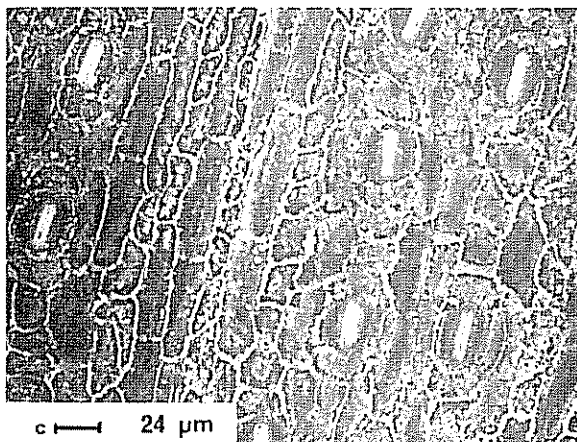
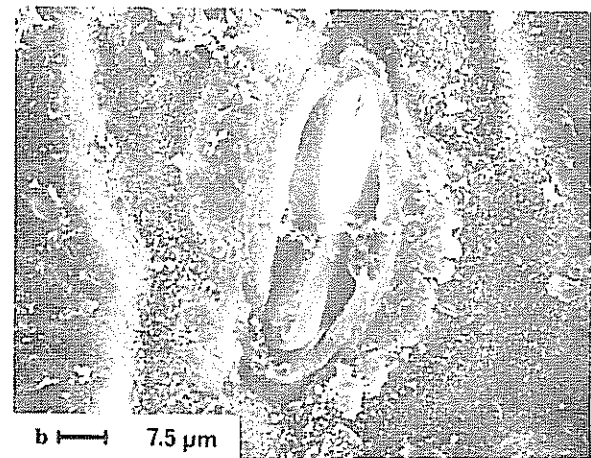
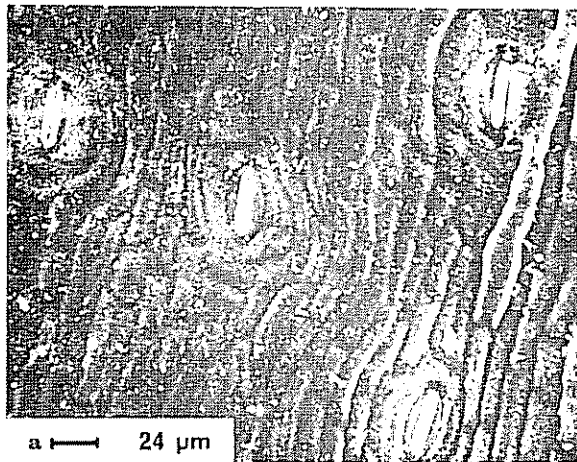


Fig. 2
a y b Vista microscópica de los estomas del clon Dwarf Cavendish en la superficie adaxial.
c y d Vista microscópica de los estomas del clon Dwarf Cavendish en la superficie abaxial.

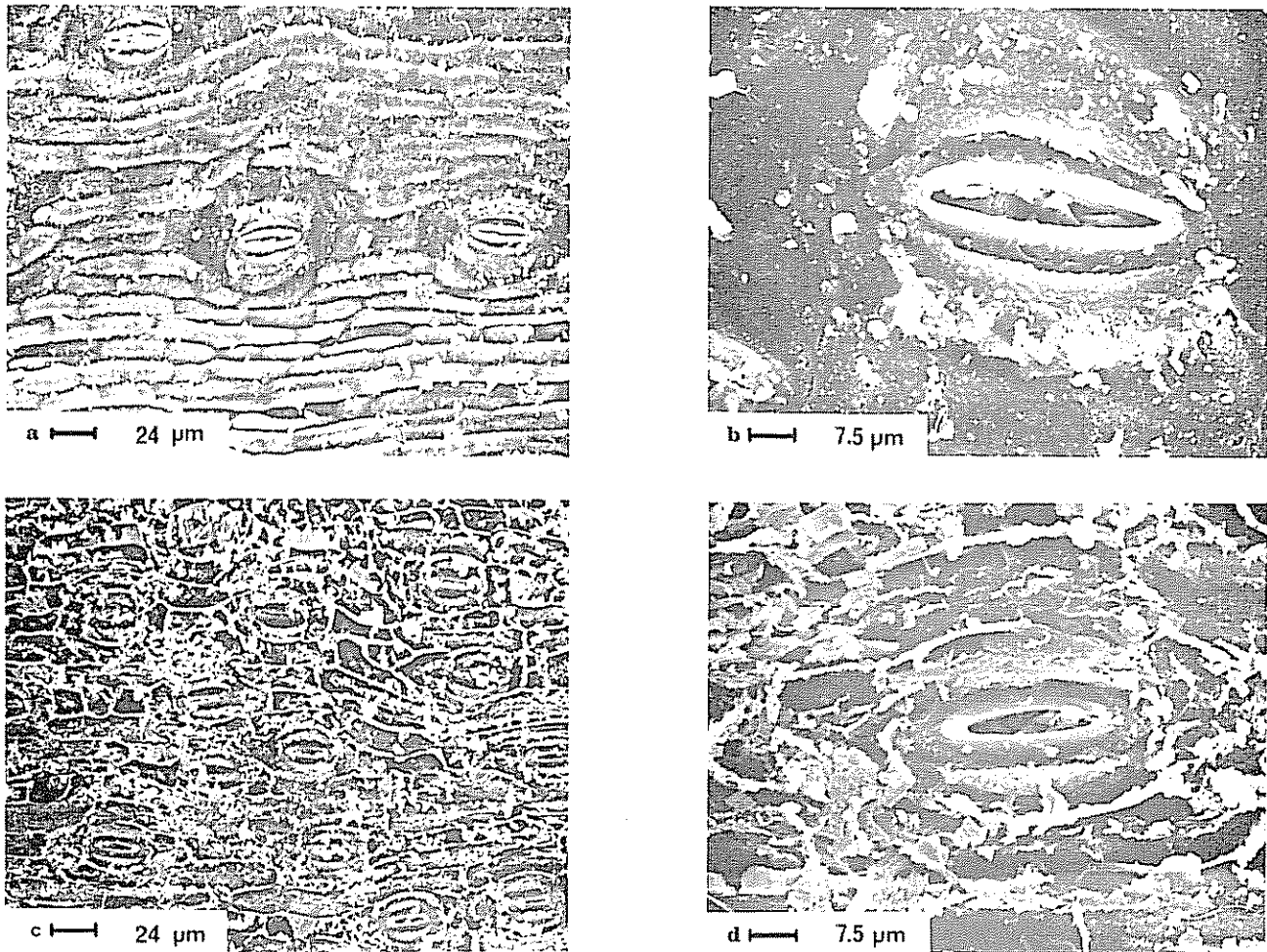


Fig 3
 a y b Vista microscópica de los estomas del clon Lacatán en la superficie adaxial
 c y d Vista microscópica de los estomas del clon Lacatán en la superficie abaxial

estomas por área decrece en ambas superficies. La longitud del ostiolo varía en cada clon: los estomas de la superficie adaxial tienen un ostiolo mayor que aquellos localizados en la superficie abaxial. El tamaño del ostiolo es bastante estable, registrándose una leve disminución del mismo sólo en el clon Robusta. La deposición de cera epicuticular sobre los estomas de Giant Cavendish dificultó el conteo con el microscopio de barrido electrónico.

Discusión

Los resultados obtenidos revelaron que el crecimiento del sistema foliar es influenciado por las condiciones climáticas de la estación seca. El leve descenso de la temperatura no explica la reducción y variación estructural de las hojas que se encontró; el nivel de la temperatura siempre osciló entre el rango de

temperaturas óptimas para el desarrollo de la planta y su follaje (12, 17). Por el contrario, la precipitación disminuyó en forma drástica y las plantas sufrieron los efectos de la limitación de agua.

Gros Michel fue el clon que mejor resistió el déficit hídrico: el área foliar se redujo en sólo 11%. Lamentablemente el cultivo de este clon se abandonó en la década de los 60, debido a su susceptibilidad a la enfermedad de Panamá. En el grupo Cavendish, el Lacatán exhibió caracteres interesantes: el área foliar disminuyó en 40% pero el grosor de la hoja se redujo sólo en 28%, lo que dio como resultado un descenso del volumen foliar inferior al de los otros clones. El Giant Cavendish resultó muy sensible a la variación de las condiciones hídricas mostrando, durante la época seca, una marcada reducción en el número de las hojas y en el volumen foliar.

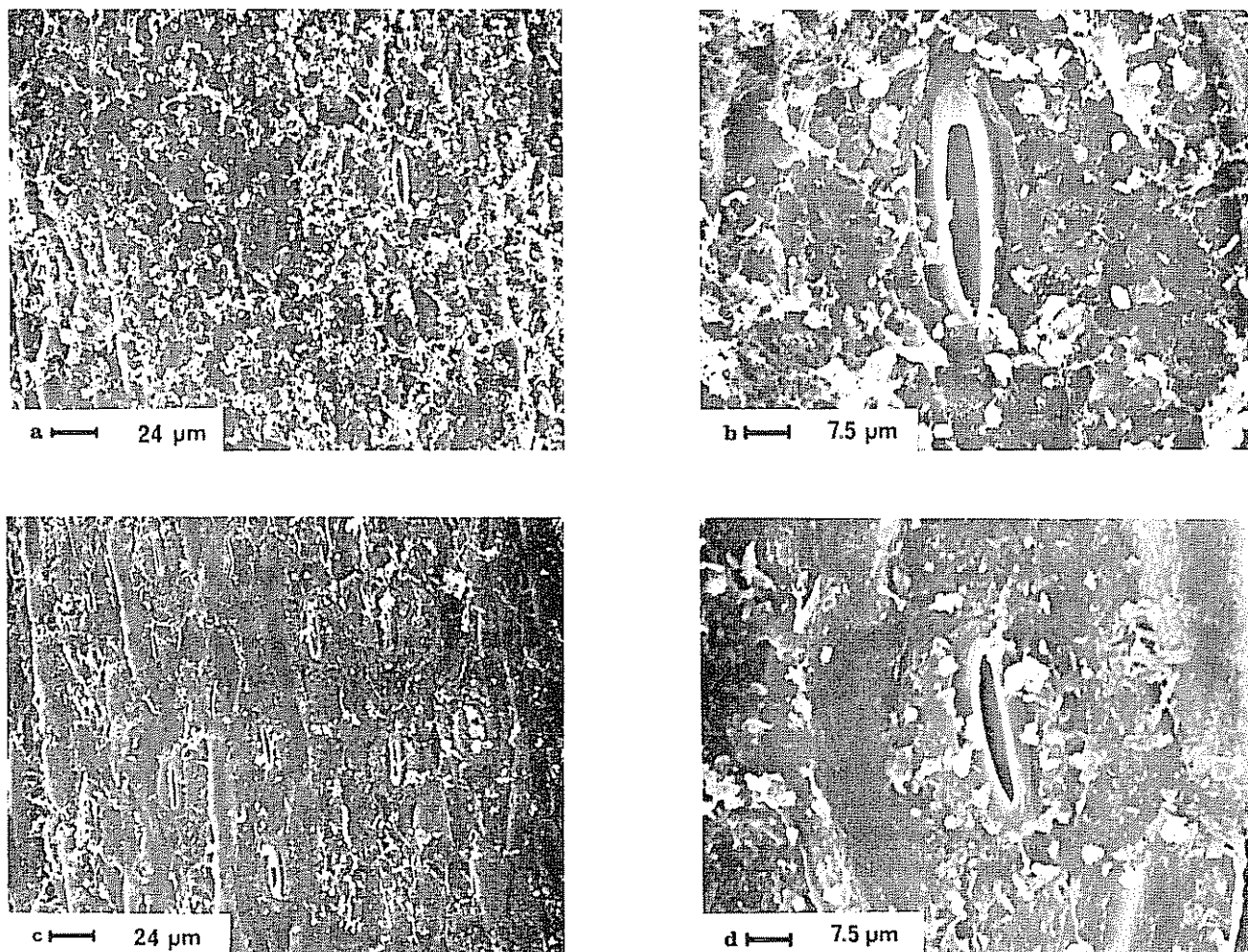


Fig 4
 a y b Vista microscópica de los estomas del clon Giant Cavendish en la superficie adaxial
 c y d Vista microscópica de los estomas del clon Giant Cavendish en la superficie abaxial

El número de estomas por área fue diferente en cada clon y disminuyó durante la época seca; sin embargo, el tamaño del ostiolo es bastante estable. La alta densidad estomática del Giant Cavendish en la haz da como resultado que el número total de estomas sea bastante mayor que en los otros clones y podría explicar, en parte, el hecho de que resulte más susceptible a la Sigatoka. Conociendo la preferencia de la Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella muscicola*) por el extremo distal del semilimbo que se abre primero y de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis* var. *difformis*) por la zona cercana a la vena media y a la vaina pulvinolar, sería recomendable hacer un muestreo de la densidad estomática del margen o borde foliar hacia la vena media y del extremo distal al proximal de la lámina. Es sabido que los hongos causantes de esas enfermedades penetran vía los estomas (7).

Aunque la producción del clon Giant Cavendish es excelente en las condiciones adecuadas, su marcada sensibilidad a los cambios hídricos y a la Sigatoka, le convierten en una planta que requiere numerosos cuidados y sugiere la conveniencia de establecer un buen programa de fitomejoramiento del cultivo.

Resumen

En este trabajo se estudió la variación estacional del área y volumen foliar de cinco clones de banano. En el análisis estructural siempre se empleó la cuarta hoja. También se estudió la variación en densidad estomática y longitud del ostiolo. Durante la estación

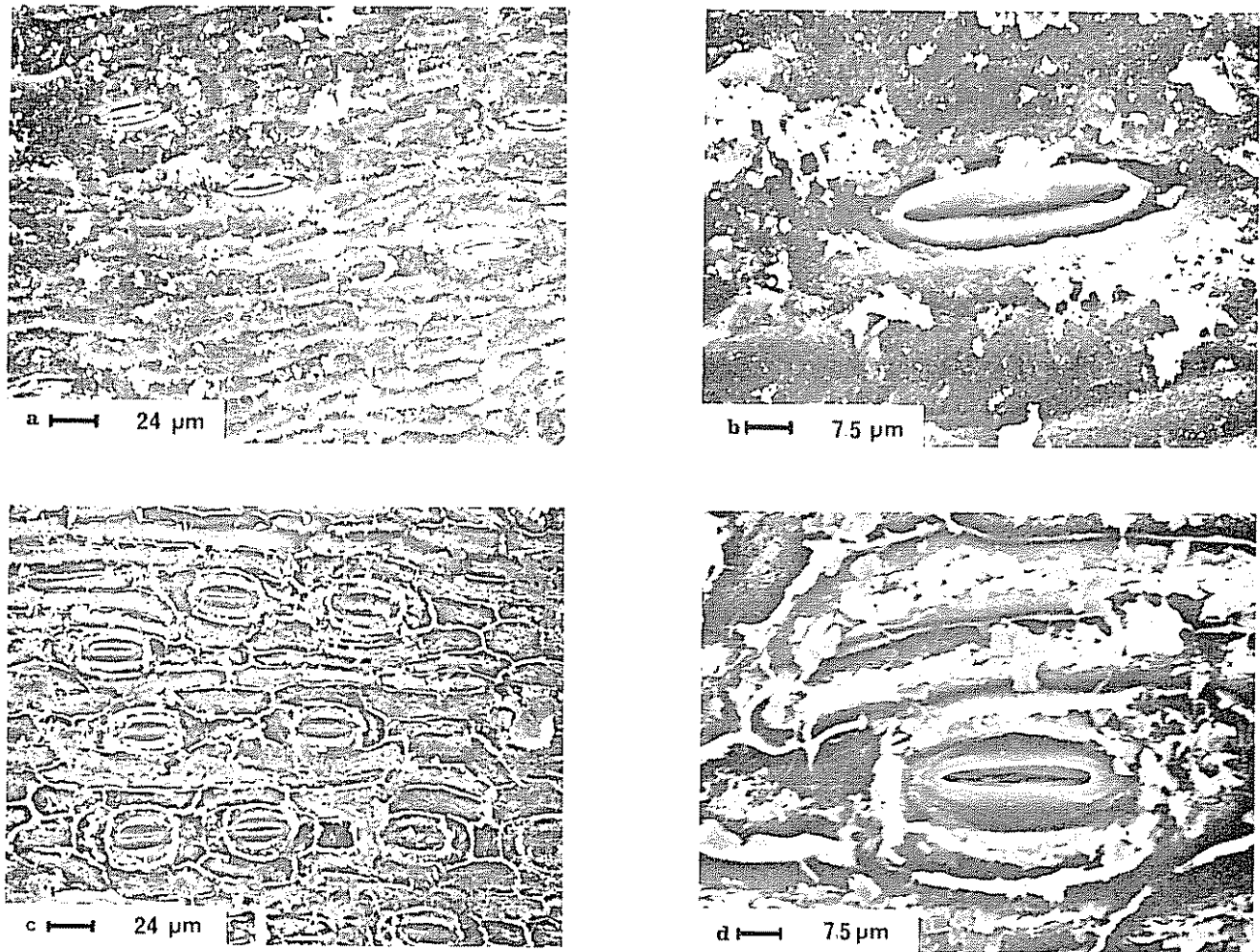


Fig 5

a y b Vista microscópica de los estomas del clon Robusta en la superficie adaxial

c y d Vista microscópica de los estomas del clon Robusta en la superficie abaxial

seca disminuyó el área y volumen foliar en todos los clones. También se redujo la densidad estomática; no obstante, la longitud del ostiolo se mantuvo estable. El déficit hídrico parece ser el factor determinante en los cambios registrados.

Literatura citada

1. AUBERT, B. Particularités anatomiques liés au comportement hydrique des bananiers. *Fruits* 28: 589-604. 1973.
2. BARKER, W. G. Growth and development of the banana plant. Gross leaf emergence. *Annals of Botany* 33: 523-535. 1969.
3. BORGES, O. L. Tamaño y densidad de estomas en clones cultivados y especies silvestres de *Musa*. *Agronomía Tropical* 21: 139-143. 1971.
4. GANTRY, J. Etude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température. *Fruits* 28: 499-515. 1973.
5. GREEN, G. C. y KUHNE, F. A. Growth of the banana plant in relation to winter air temperature fluctuations. *Agroplantae* 1: 157-162. 1969.
6. GREEN, G. C. y KUHNE, F. A. The response of banana foliar growth to widely fluctuating air temperatures. *Agroplantae* 2: 105-107. 1970.
7. GONZALEZ, L. C. Introducción a la Fitopatología. San José IICA. 1976. 148 p.

8. JOHANSEN, D. A. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Co. 1940. 523 p.
9. LASSOUDIÈRE, A. Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier "Poyo" en Côte d'Ivoire. 3^{ème} Partie. Le faux - tronc et le système foliaire. Fruits 33: 373-412. 1978.
10. OPPENHEIMER, CH. The influence of climatic factors on banana growing in Israel. Publications National University, Institute of Agriculture Rehovot Ser. No. 350-B. 1960.
11. SHARMAN, B. C. Tannic acid and iron alum with sufranin and orange G in studies of the shoot apex. Stain Technology 18: 105-111. 1943.
12. SIMMONDS, N. W. Bananas London, Longmans 1966. 539 p.
13. SKUTCH, A. F. Anatomy of leaf of banana, *Musa sapientum* L. var. hort. "Gross Michel". Botanical Gazette 84: 337-91. 1927.
14. TOMLINSON, P. B. Anatomy of the monocotyledons III. Commelinales - Zingiberales. Oxford, Charendon Press. 1969.
15. TURNER, D. W. Daily variation in banana leaf growth. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry 10:231-234. 1970.
16. TURNER, D. W. Effects of climate on rate of banana leaf production. Tropical Agricultural (Trinidad) 48: 283-287. 1971.
17. TURNER, D. W. y E. LAHAV. The growth of banana plants in relation to temperature. Australian Journal of Plant Physiology 10:45-53. 1983.