

Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II. Roya y muerte descendente^{*1/} _____ JOAQUIN F LARIOS C.***, RAUL A MORENO M**

ABSTRACT

The incidence and severity of cassava rust (*Uromyces* sp.) were studied in 5 different cropping patterns during the 1974-75 growing season at Turrialba, Costa Rica. The cropping patterns studied were: cassava monoculture and cassava associated with corn, common bean, sweet potato and cassava associated with both corn and common bean. The incidence and severity of cassava die back (*Glomerella cingulata*) was also studied in cassava monoculture, cassava associated with corn and cassava associated with both corn and common bean. Each one of these last three cropping patterns were studied at two management level differing primarily in amount of fertilizers and weeding frequency.

Maximum severity and incidence values for rust were 2,8 and 67,7 per cent respectively. No statistical differences were found among treatments. In every treatment the infection rate was less than 10 units a day.

Die back was more intense in cassava monoculture under a low management level. This disease was less intense in the cropping patterns including more crops and high level of management.

Introducción

LA epidemiología es el estudio de poblaciones de patógenos en poblaciones de hospedantes y la enfermedad que resulta bajo la influencia del ambiente y la interferencia humana (4). En virtud de este concepto, algunos autores han utilizado el término epidemia como un sinónimo de progreso de una enfermedad (4, 17), así entonces, la curva de progreso de una enfermedad es la representación gráfica de una epidemia. Estas curvas han sido útiles para comparar los efectos de fungicidas (5), los efectos de la época (13), el efecto de cultivares (16) y el efecto de diferentes altitudes (12) en el desarrollo de una epidemia. Muy poco se han usado para

comparar la influencia que tienen diferentes sistemas de cultivo en el desarrollo de epidemias.

En este trabajo se analiza el progreso de dos enfermedades de la yuca, roya (*Uromyces* sp) y muerte descendente (*Glomerella cingulata*) en monocultivo y policultivo, complementándose los resultados publicados en un artículo previo (7).

Materiales y métodos

La localización, el clima y el material experimental utilizado ya se describieron (7). Los sistemas de cultivo estudiados en relación a la incidencia de roya fueron: yuca en monocultivo (Y), yuca asociada con camote (Y + C), yuca asociada con maíz (Y + M), yuca asociada con frijol (Y + F) y yuca asociada con maíz y frijol (Y + M + F). El método y periodicidad de muestreo fue muy similar al seguido con mildiu y roña (7), excepto que en cada planta se dividió el follaje en tres partes: inferior, media y superior. De cada tercio se seleccionaron aleatoriamente tres hojas, de las cuales se examinó el lóbulo medio, en donde se contó el número de uredosoros. Por comparación con diagramas (15) se estimó el número de

* Recibido para la publicación el 22 de febrero de 1977

1/ Este trabajo es parte de la tesis presentada por el autor principal como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae en el Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Universidad de Costa Rica - CATIE, Turrialba, Costa Rica

** Departamento de Parasitología Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas Apdo. Postal 773, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador C A ; y Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, respectivamente.

Cuadro 1.—Descripción de los niveles de manejo en cada sistema de cultivo en que se estudió el desarrollo de Muerte Descendente de la yuca (*Glomerella cingulata*)

Sistema	Nivel de Manejo			
	Bajo		Alto	
	Nº de desh.erba	Cantidad de fertilizante Kg/ha	Nº de desh.erba	Cantidad de fertilizante Kg/ha
Y 1/	1	300 ^{2/} + 100 ^{3/}	2	300 ^{2/} + 400 ^{3/}
Y + C	1	300 + 100	2	300 + 500
Y + M + F	1	300 + 100	2	300 + 500

1/ Y = Yuca; C = Camote; M = Maíz; + = cultivo en asociación

2/ Fórmula 15-30 B (N, P, K) a la siembra

3/ Fórmula 20-10-6-5 (N, P, K, S) a los 30 días de la siembra

uredosoros cuando éstos ya eran demasiado numerosos. A partir de los datos obtenidos se determinó la incidencia (I, porcentaje de hojas enfermas) y severidad (S, porcentaje de área foliar enferma).

La incidencia de muerte descendente, que se presenta al final del período vegetativo (9 a 12 meses después de la siembra), se cuantificó mediante muestreo de 16 plantas por parcela cada 15 días aproximadamente. Los sistemas estudiados fueron los siguientes: yuca en monocultivo, yuca asociada con camote y yuca asociada con maíz y frijol. Dentro de cada tratamiento se consideraron subtratamientos consistentes en dos niveles de manejo: alto (A) y bajo (B), cuya descripción se resume en el Cuadro 1. Estos subtratamientos permitieron analizar el efecto del manejo y del grado de asociación sobre el desarrollo de esta enfermedad. Las variables que se consideraron fueron: número de tallos principales por planta, es decir número de tallos que emergen del esqueje utilizado como semilla; número de plantas con muerte descendente; número total de ramillas por planta (o puntos susceptibles a la enfermedad); número de ramillas enfermas y número de ramas primarias (tallo principal) y secundarias (ramas que surgen de la primera bifurcación del tallo principal o rama primaria), que estaban enfermas. De estos datos se derivó la intensidad de daño (ID), cuya fórmula es la siguiente:

$$ID = \frac{\sum (ra) + 4r_1 + 2r_2}{PS}$$

Donde:

- PS: Puntos susceptibles (puntos apicales)
- ra: Puntos apicales enfermos
- r₁: Ramas o tallos primarios enfermos
- r₂: Ramas secundarias enfermas

Esta fórmula se diseñó de tal forma que ponderase la importancia en productividad biológica que cada uno de los órganos dañados tiene para la planta.

Así, los tallos primarios tienen más importancia (4 r₁) que las ramas secundarias (2 r₂).

Se efectuaron análisis de correlación entre 9 variables climáticas y 5 variables agronómicas (6) con la ID, número de puntos susceptibles, por ciento de plantas afectadas y número de puntos susceptibles afectados.

Resultados y discusión

Roya

La roya se manifestó a los 75 días de edad de la yuca, registrándose numerosas plantas afectadas pero con sólo uno o dos uredosoros en algunas de sus hojas. Posteriormente, al acentuarse el período seco,

Cuadro 2.—Incidencia y severidad en el tiempo de la roya de la yuca (*Uromyces* sp.) en el sistema de monocultivo.

Edad (días)	Incidencia %	Severidad (%) promedio por estratos del follaje 1/			Promedio por planta
		Bajo	Medio	Alto	
157	60,7	—	—	—	0,018
185	65,2	—	—	—	0,07
213	41,3	4,6	0,96	0,01	1,85
240	40,6	2,68	0,25	0,00	0,98
273	57,8	7,43	1,09	0,04	2,86

1/ Determinados a partir de los 213 días de edad de la planta.

Cuadro 3.—Incidencia y severidad en el tiempo de la roya (*Uromyces* sp.) en yuca cultivada en asociación con camote.

Edad (días)	Incidencia %	Severidad (%) promedio por estratos del follaje 1/			Promedio por planta
		Bajo	Medio	Alto	
157	39,55	—	—	—	0,013
185	60,0	—	—	—	0,050
213	45,7	4,13	1,70	0,02	1,95
240	44,3	4,60	0,56	0,00	1,72
273	56,0	5,43	0,80	0,01	2,11

1/ Determinados a partir de los 213 días de edad de la planta.

la enfermedad detuvo su desarrollo y no se detectaron plantas enfermas por el método de muestreo que se siguió. A los 150-160 días de edad del cultivo y junto con el reinicio de las lluvias, la enfermedad volvió a surgir.

Al comienzo, su progreso fue lento en todos los sistemas estudiados hasta alcanzar la S máxima en casi todos los casos hacia el final del muestreo.

En los Cuadros 2, 3, 4, 5 y 6 se resume el desarrollo de la roya de la yuca en los 5 sistemas de cultivo estudiados. En los sistemas Y + M y Y + F, que se cosecharon antes de los 240 días, se realizó una sola evaluación de S por estrato del follaje (Cuadros 4 y 5). En los sistemas Y, Y + C, Y + F y Y + M + F se observa un incremento en la I a los 185 días de edad de la yuca, tal como se resume en los cuadros 2, 3, 5, y 6; este incremento coincide con la I máxima. Solo en el sistema Y + M, la I máxima se registró a los 213 días (Cuadro 4). Considerando el estrato bajo del follaje a los 273 días, el sistema de yuca en monocultivo (Cuadro 2) presentó la mayor S que corresponde a un 7,43 del área foliar afectada; en cambio el sistema Y + M + F (Cuadro 6) solo registró un 4,20 por ciento del área foliar afectada.

Cuadro 4.—Incidencia y severidad en el tiempo de la roya (*Uromyces* sp.) en yuca asociada con maíz

Edad (días)	Incidencia %	Severidad (%) promedio por estratos del follaje 1/			Promedio por planta
		Bajo	Medio	Alto	
157	29,2	—	—	—	0,01
185	45,0	—	—	—	0,03
213	52,6	3,6	1,4	0,06	1,68

1/ Determinados a partir de los 213 días de edad de la planta

Cuadro 5.—Incidencia y severidad en el tiempo de la roya (*Uromyces* sp.) en yuca asociada con frijol

Edad (días)	Incidencia %	Severidad (%) promedio por estratos del follaje 1/			Promedio por planta
		Bajo	Medio	Alto	
157	38,3	—	—	—	0,01
185	56,6	—	—	—	0,05
213	50,7	4,76	0,83	0,01	1,86

1/ Determinados a partir de los 213 días de edad de la planta

Cuadro 6.—Incidencia y severidad en el tiempo de la roya (*Uromyces* sp.) en yuca asociada con maíz y frijol.

Edad (días)	Incidencia %	Severidad (%) promedio por estratos del follaje 1/			Promedio por planta
		Bajo	Medio	Alto	
157	32,5	—	—	—	0,01
185	49,2	—	—	—	0,05
213	36,8	1,60	0,41	0,01	0,68
240	45,1	2,86	0,55	0,00	1,17
273	47,2	4,20	0,48	0,01	1,56

1/ Determinados a partir de los 213 días de edad de la planta

En general, en todos los sistemas de cultivo, la incidencia de la roya presenta valores altos que contrastan con los valores bajos de la severidad.

Las estimaciones efectuadas en los estratos bajo, medio y alto del follaje demostraron que en el cultivar 'Valencia', el estrato bajo estima con mayor sensibilidad las fluctuaciones en S. Esto fue corroborado por los coeficientes de correlación entre variables, de los cuales el más alto (0,98**) se registró entre las variables severidad general en la planta y severidad en el estrato bajo.

En la Figura 1, se han representado los valores de severidad transformados a la forma logística recomendada por van der Plank (17) en función del tiempo, obteniéndose las ecuaciones de regresión lineales.

Las tasas de infección (Cuadro 7) fueron comparativamente bajas. En otras royas se han reportado tasas de 0,40 por unidad por día (18). Esto podría deberse

Cuadro 7.—Tasas de infección de roya (*Uromyces* sp.) y sus coeficientes de regresión en 5 sistemas de cultivo de la yuca

Sistema de cultivo	Tasas de infección b/	Coefficientes de regresión
Y a/	0,045	90,4
Y + C	0,050	81,4
Y + M	0,101	94,8
Y + F	0,096	96,0
Y + M + F	0,050	90,0

a/ Y = Yuca; C = Camote; M = Maíz; F = Frijol + — cultivo en asociación

b/ Las tasas de infección aparente (r de Van der Plank) se calcularon por medio de análisis de regresión del % severidad transformado a la forma logística versus tiempo

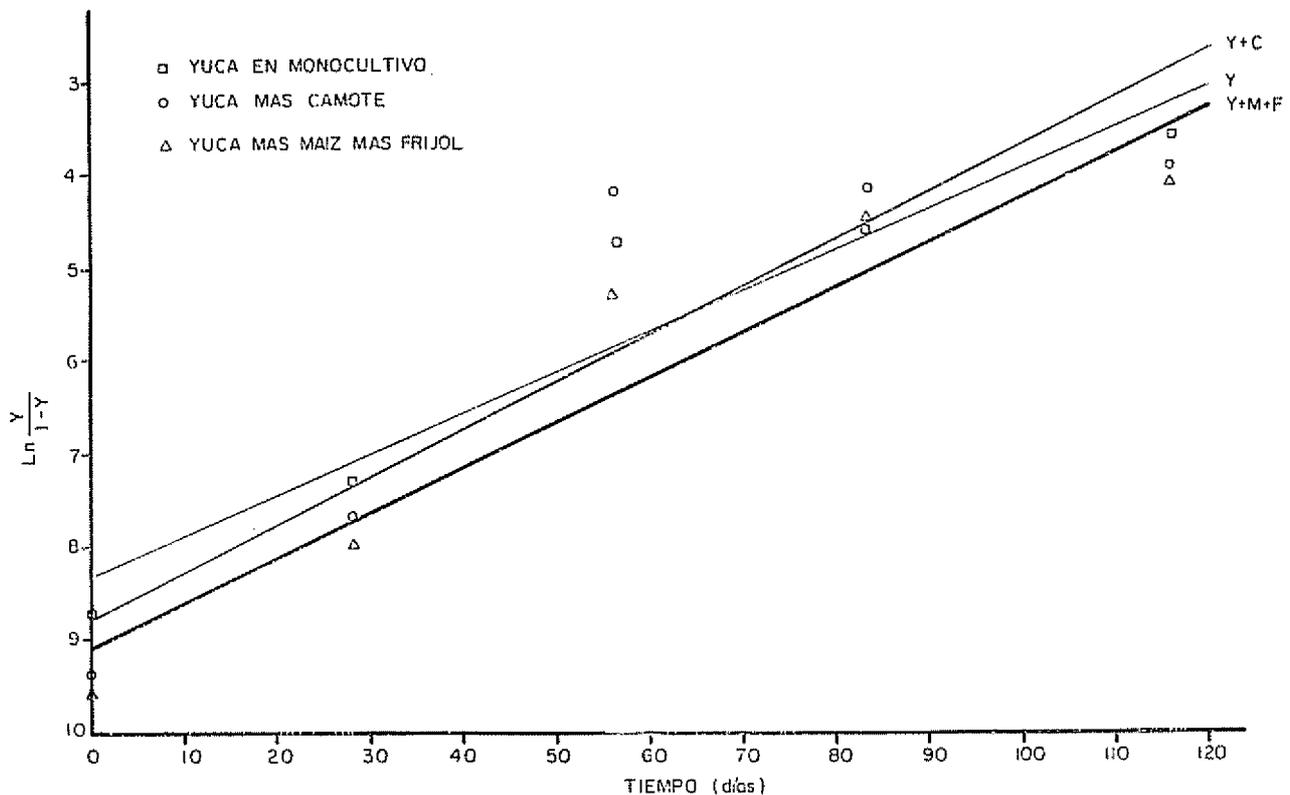


Fig. 1—Severidad de la roya de la yuca (*Uromyces sp.*) en sistemas de cultivo. Los datos de severidad han sido transformados a va-

lores logísticos. El primer valor corresponde al muestreo efectuado a los 157 días después de la siembra, tiempo en el cual se detectó la enfermedad.

a limitaciones impuestas por el ambiente o por la resistencia del hospedante al desarrollo de la enfermedad. Ambos pueden provocar reducciones de la tasa de infección (17). Del análisis de correlación se obtuvo que la S se vió asociada con la lluvia y la humedad relativa en forma positiva pero con la temperatura promedio y las desviaciones de ésta por debajo de la media, en forma negativa. De estos factores el único que posiblemente pudo haber sido limitante es el de las temperaturas bajas ya que la correlación negativa ($-0,70^{**}$) con la temperatura promedio así lo indica (6). Sin embargo, en observaciones efectuadas en la misma época en clones de yuca susceptibles de la colección de variedades del CATIE se observaron abundantes pústulas en todas las partes verdes de la planta. Por lo tanto es muy posible que la resistencia del cultivar 'Valencia' a las especies o razas de roya de la yuca presentes en Turrialba, sea la responsable de la reducción de la tasa de infección. La incidencia no tuvo una relación muy definida con el desarrollo de la severidad de la roya. No obstante esta aparente falta de relación entre ambas variables, se determinó una correlación significativa de 0,28, lo que indica que efectivamente estuvieron asociadas.

Las tasas de infección obtenidas de la S de los diferentes estratos del follaje dieron valores muy bajos con respecto al promedio por planta. Es preferible

en estudios futuros tomar la planta como un todo para el cálculo de la tasa de infección.

La roya no mostró diferencias significativas entre sistemas debido probablemente a que en la época en que se presentó la enfermedad, todos los cultivos asociados a la yuca ya habían sido cosechados, con excepción del camote que se intercaló antes de la cosecha de la yuca (7). Los resultados obtenidos en relación con el clima son similares a los encontrados en Colombia donde la roya se desarrolla mejor en zonas más bien frías (8, 9) pero no concuerdan con los informes de Brasil (13). Estas aparentes contradicciones pueden explicarse por la posible existencia de varias especies de *Uromyces* patogénicas a yuca. Algunas especies se presentan sólo en zonas en donde la temperatura es moderada; en cambio, otras especies se manifiestan en épocas y zonas cálidas (10). El estudio taxonómico de las especies de roya de la yuca del mundo aclararía estos resultados distintos que ahora son difíciles de explicar.

Muerte Descendente

La muerte descendente se detectó en los últimos meses del ciclo del cultivo, es decir, entre agosto y octubre. Como todas las enfermedades de este tipo,

Cuadro 8—Intensidad de daños de muerte descendente (*Glomerella cingulata*) en tres sistemas de cultivo de la yuca - nivel de manejo bajo

Sistema	edad (días)	Plantas afectadas (%)	Intensidad de daño (%)	Número de puntos susceptibles afectados
Y 1/2	280	29,7	9,28	10,25
	298	43,8	13,10	15,25
	314	40,68	9,95	12,00
	333	51,75	16,35	22,25
Y + C	280	0,0	0,0	0,00
	298	0,0	0,0	0,00
	314	0,0	0,0	0,00
	333	3,15	3,88	0,50
Y + M + F	280	3,12	4,65	0,50
	298	1,57	1,12	0,25
	314	1,57	1,08	0,25
	333	7,85	9,35	1,50

1/2 Y = Yuca; C = Camote; M = Maíz; F = Frijol; + = cultivo en asociación

comienza en forma de necrosis por los puntos apicales y desciende hacia la base de las ramillas; generalmente su avance se detiene en la base de éstas si es madera bien formada. Si las ramillas aún están verdes, la enfermedad continúa avanzando.

Los menores daños por muerte descendente se registraron en los sistemas de cultivo asociado (más especies en el sistema, menos enfermedad). La correlación entre asociación de cultivos e ID dió 0,93^{**}.

Es decir, a más especies o más presión de uso del suelo, se produjeron menos ramillas muertas (Cuadros 8 y 9). En cuanto al efecto del nivel de manejo, hubo menos plantas afectadas en el nivel de manejo bajo ($r = -0,64^{**}$) pero más ID al aumentar la fertilización y deshierbas. Con manejo más intensivo, la enfermedad fue más dañina en las plantas que afectó, aunque el número de éstas tendió a disminuir. Si no se considera la importancia del daño en cada una de las plantas afectadas, se tendría más enfermedad en el nivel de manejo alto, pero al ponderar el daño en cada planta con la fórmula empleada, se tiene que las afecciones en el nivel B son de mayor importancia que en el nivel A, tal como se aprecia en los

Cuadros 8 y 9. Hubo mayor ID y más puntos susceptibles afectados según aumenta la edad de la planta, al igual que una mayor incidencia. Según Chevaugéon (2), la deficiencia de potasio en yuca puede provocar muerte de las partes apicales, luego de lo cual aparece *Gloeosporium manihotis* en las ramas, pecíolos y hojas, necrosando las áreas infectadas. La deficiencia de potasio en los suelos del área experimental ha sido confirmada por Mojica (11). Chevaugéon (2) estudió el efecto del agotamiento del suelo por el cultivo continuo en Costa de Marfil, África, sobre el por ciento de ramas necróticas en 16 clones, encontrando correlación entre la baja fertilidad y la incidencia de muerte descendente. Los síntomas de muerte descendente observados en el campo son similares a los causados por *Gloeosporium* (2, 3).

Dentro de las condiciones experimentales y como resultados de estos estudios (6, 7) se puede dar el siguiente orden de importancia de las enfermedades foliares de la yuca en Turrialba: Mildiu polvoriento (*Oidium manihotis*), roña (*Sphaeceloma* sp.), roya (*Uromyces* sp.) y muerte descendente (*Glomerella cingulata*). Las manchas foliares por *Cercospora* spp. fueron de intensidad inapreciable.

Cuadro 9—Intensidad de daño de muerte descendente (*Glomerella cingulata*) en tres sistemas de cultivo de la yuca - nivel de manejo alto

Sistema	edad (días)	Plantas afectadas (%)	Intensidad de daño (%)	Número de puntos susceptibles afectados
Y 1/2	280	23,45	7,28	9,25
	298	37,53	9,53	13,25
	314	43,78	9,03	16,75
	333	57,83	11,55	22,50
Y + C	280	0,00	0,00	0,00
	298	3,15	0,68	0,50
	314	1,58	0,88	1,00
	333	7,85	2,35	2,50
Y + M + F	280	9,40	2,65	2,50
	298	7,85	2,35	1,75
	314	18,78	4,05	4,50
	333	21,90	7,50	9,25

1/2 Y = Yuca; C = Camote; M = Maíz; F = Frijol; + = cultivo en asociación

Resumen

La incidencia y la severidad de la roya (*Uromyces* sp) de la yuca se estudió en 5 sistemas de cultivo durante la estación de crecimiento de 1974-75 en Turrialba, Costa Rica. Los sistemas que se estudiaron fueron: yuca en monocultivo, yuca en asociación con maíz, con frijol, con camote y con maíz y frijol. También se estudió la incidencia y severidad de la muerte descendente (*Glomerella cingulata*) en los sistemas yuca en monocultivo, yuca asociada con maíz y yuca asociada con maíz y frijol. Cada uno de estos sistemas se estudió en dos grados de manejo que diferían principalmente en fertilización y número de deshierbas.

Los resultados obtenidos en roya, dieron valores de máxima severidad inferiores al 2,8 por ciento y de incidencia máxima no mayores del 67,7 por ciento, sin encontrarse diferencias apreciables entre sistemas. Las tasas de infección calculadas fueron en todos los casos, menores de 0,10 unidades por día.

La enfermedad de la muerte descendente fue más intensa en el sistema de monocultivo con nivel de manejo bajo y menos intensa en el sistema con más presión de uso del suelo. Se sugiere que dicha enfermedad está asociada a factores nutricionales.

Literatura citada

- 1 COURS, G. Amélioration des plantes: le manioc. Recherches Agronomiques de Madagascar. 2. C. R. 1953. *Review of Applied Mycology* 34(8): 509-1955.
- 2 CHEVAUGEON, J. Maladies cryptogamiques du manioc en Côte d'Ivoire. I. Observations préliminaires sur la nécrose des sommets. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France* 29 (1-2): 3-9. 1950.
- 3 ————. Sur l'existence chez des plantes arborescentes d'affectations cryptogamiques à temps de latence indéfinie. *Review of Applied Mycology* 36(11):713-1957.
- 4 KRANZ, J. Comparison of epidemics. *Annual Review of Phytopathology* 12:355-374. 1974.
- 5 LARGE, F. C. Field trials of copper fungicides for the control of potato blight I. foliage protection and yield. *Annals of Applied Biology* 32:319-329. 1915.
- 6 LARIOS, J. F. Epifitiología de algunas enfermedades foliares de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en diferentes sistemas de cultivo. Tesis M. S. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 115 p.
- 7 ———— y MORENO, R. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. I. Roña y mildiú polvoriento. *Turrialba* 26(4):389-398. 1976.
- 8 LOZANO, J. C. y BOOTH, R. H. Enfermedades de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Folleto Técnico N° 5. 1974. 48 p.
- 9 ———— y BOOTH, R. H. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *PANS (Londres)* 20: 30-54. 1971.
- 10 ————, BELLOTTI, A., VAN SCHOONHOVEN, A., HOWELER, R., DOLL, J., HOWELL, D. y BATES, T. Problemas en cultivos de la yuca. Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie GS-16. 1976. 127 p.
- 11 MOJICA, F. J. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis M. S. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 116 p.
- 12 MULLINGE, S. K. Effect of altitude on the distribution of the fungus causing coffee berry disease in Kenya. *Annals of Applied Biology* 67:93-98. 1971.
- 13 NORMANHA, E. S. General aspects of cassava root production in Brazil. In International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, 2nd. Proceedings Hawaii, 1970. University of Hawaii, 1970. pp. 61-63.
- 14 NUTMAN, F. J., y ROBERT, F. M. Seasonal variation in the sporulation capacity of the fungus causing coffee berry disease. *Annals of Applied Biology* 64: 85-99. 1969.
- 15 PETERSON, R. E., CAMPBELL, A. B. y HANNAH, A. E. Diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research Section C* 26:496-500. 1948.
- 16 IORIYAMA, K. Recent progress of studies on horizontal resistance in rice breeding for blast resistance in Japan. In Morris, S. (ed.) Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice, Octubre 1971, Cali, Colombia, CIAT. 1975. pp. 65-100.
- 17 VAN DER PLANK, J. E. Plant diseases: Epidemics and control. New York, Academic Press, 1963. 349 p.
- 18 ————. Disease resistance in plants. New York, Academic Press, 1968. 206 p.