

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

EPIFITIOLOGIA DE ALGUNAS ENFERMEDADES FOLIARES
DE LA YUCA (Manihot esculenta CRANTZ) EN DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

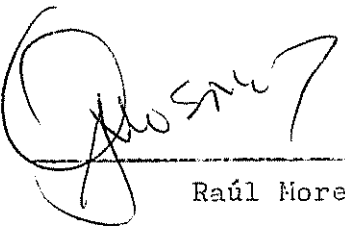
JOAQUIN FRANCISCO LARIOS CAÑAS

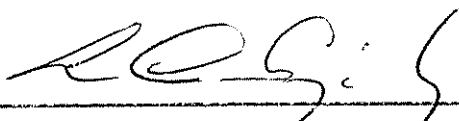
Turrialba, Costa Rica


1975

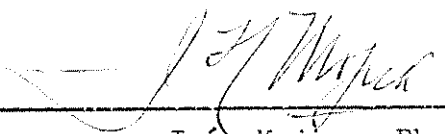
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar el grado de


Magister Scientiae

JURADO:  _____ Consejero
Raúl Moreno, Ph.D.

 _____ Comité
Luis Carlos González, Ph.D.

 _____ Comité
José Fargas, Ph.D.

 _____ Comité
Iván Mojica, Ph.D.

 _____ Comité

Coordinador
Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mi adorada esposa
Frida Mabel

A mis padres
José Sergio
y Concepción

A mi querida hija
Frida María

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus más sinceros agradecimientos al Dr. Raul Moreno, consejero principal, de quien son muchas de las ideas originales expuestas en este trabajo y de quien recibí no sólo enseñanzas y orientación, sino también amistad.

A los miembros de mi comité formado por los doctores Luis Carlos González, José Fargas e Iván Mojica por sus sugerencias y observaciones al manuscrito.

Al personal de la Unidad de Estadística y Computación del CATIE, especialmente al Ing. Víctor Quiroga quien prestó su colaboración en el análisis estadístico.

A Guillermo Salazar y Fernando López, asistentes del laboratorio de Fitopatología; a Joaquín Salazar, asistente del laboratorio de Fisiología y al resto del personal del departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE.

A mi esposa, Frida, además de su comprensión, paciencia y estímulo debo agradecerle su constante y múltiple colaboración durante mis estudios graduados.

Finalmente, agradezco a la Zona Norte del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA y a la Universidad de El Salvador el apoyo financiero e institucional que me permitió la realización de mis estudio en Turrialba.

BIOGRAFIA

El autor nació en San Salvador, El Salvador. Realizó sus estudios primarios y secundarios en los Colegios Centro América y Don Bosco de su ciudad natal y los profesionales en la Universidad de El Salvador, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1971.

De 1970 a 1972 trabajó como asistente de docencia e investigación de la cátedra de Fitopatología General. En 1972 ingresó a la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería. En ese año fue elegido miembro de la Junta Directiva de la Sociedad de Ingenieros Agrónomos de El Salvador, de cuyo Comité Editorial formó parte en el mismo período.

En 1973 reingresó a la Universidad de El Salvador para desempeñar labores docentes y de investigación en la disciplina de Fitopatología General.

En enero de 1974 fue admitido en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales bajo el Programa de la Escuela para Graduados Universidad de Costa Rica-Centro Agrnómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE); en diciembre de 1975 recibió el grado de Magister Scientiae.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Las enfermedades de la yuca	3
2.1.1 La ceniza o mildiu polvoriento	3
2.1.2 La mancha parda de la hoja	4
2.1.3 La mancha blanca de la hoja	6
2.1.4 La roña de la yuca	7
2.1.5 La roya de la yuca	8
2.2 La incidencia de enfermedades y su medición	8
2.3 El progreso y comparación de epidemias vegetales	11
2.4 Los sistemas de cultivo asociado y el desarrollo de epidemias	14
3. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Material experimental y sistemas estudiados	16
3.2 Descripción de los tratamientos	19
3.2.1 Yuca sin asociar	19
3.2.2 Yuca-camote	19
3.2.3 Yuca-maíz	20
3.2.4 Yuca-frijol	20
3.2.5 Yuca-maíz-frijol	20
3.3 Enfermedades estudiadas	21
3.3.1 Mildiu y roña de la yuca	21
3.3.2 Roya, mancha blanca y mancha parda.	24
3.3.3 Muerte descendente	24
3.3.3.1 Yuca sin asociar	26
3.3.3.2 Yuca-camote	26
3.3.3.3 Yuca-maíz-frijol	26
3.4 Variables analizadas	27
3.4.1 Variables climáticas	27
3.4.1.1 Temperatura	27

	<u>Página</u>
3.4.1.2 Lluvia	28
3.4.1.3 Humedad relativa	28
3.4.2 Variables agronómicas	28
3.4.3 Índices epidemiológicos	29
3.5 Análisis de la información	30
4. RESULTADOS	34
4.1 Aspectos generales	34
4.2 Condiciones del clima y el ataque de enfermedades	36
4.2.1 Mildiu (<u>Oidium manihotis</u>)	36
4.2.2 Roña (<u>Sphaceloma</u> sp.)	39
4.2.3 Roya (<u>Uromyces manihotis</u>)	40
4.2.4 Mancha parda (<u>Cercospora henningsii</u>)	42
4.2.5 Muerte descendente (<u>Colletotrichum</u> sp. ?)	42
4.3 El progreso de las epidemias en los sistemas de cultivo	44
4.3.1 Yuca en monocultivo	45
4.3.1.1 Mildiu	45
4.3.1.2 Roña	48
4.3.2 Yuca-camote	50
4.3.2.1 Mildiu	50
4.3.2.2 Roña	53
4.3.3 Yuca-maíz	55
4.3.3.1 Mildiu	55
4.3.3.2 Roña	57
4.3.4 Yuca-frijol	60
4.3.4.1 Mildiu	60
4.3.4.2 Roña	61
4.3.5 Yuca-maíz-frijol	64
4.3.5.1 Mildiu	64
4.3.5.2 Roña	65
4.3.6 Otras enfermedades	68
4.3.6.1 Roya	68
4.3.6.2 Mancha parda	73
4.3.6.3 Mancha blanca	75
4.3.6.4 Muerte descendente	76

		Página
5.	DISCUSION	80
6.	CONCLUSIONES	94
7.	RESUMEN	95
7a.	SUMMARY	97
8.	LITERATURA CITADA	99
9.	APENDICE	106

LISTA DE CUADROS

<u>TEXTO</u>	<u>Página</u>	
<u>Cuadro N^o</u>		
1	Densidades y distancias de siembra de los cultivos en los tratamientos	19
2	Tasas de infección del mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en dos sistemas de cultivo de la yuca	46
3	Valores de la excentricidad de las curvas de severidad en el tiempo de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) y roña (<u>Sphaceloma</u> sp.) en los sistemas de cultivo (días)	46
4	Análisis de varianza de la severidad máxima (S _{max}) alcanzada por la roña de la yuca (<u>Sphaceloma</u> sp.) en cinco sistemas de cultivo	46
5	Diferencias en severidad máxima (S _{max}) del mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) y roña de la yuca (<u>Sphaceloma</u> sp.) en cinco sistemas de cultivo	51
6	Tasas de infección logarítmica (r ₁) de la roña de la yuca (<u>Sphaceloma</u> sp.) antes y después de la dobla del maíz .	59
7	Severidad e incidencia máxima de la roya de la yuca (<u>Uromyces manihotis</u>) en 5 sistemas de cultivo	69
8	Incidencia y severidad promedio de la yuca (<u>Uromyces manihotis</u>) en el sistema de monocultivo	69
9	Incidencia y severidad de la roya (<u>Uromyces manihotis</u>) en yuca cultivada en asociación con camote	70
10	Incidencia y severidad de la roya (<u>Uromyces manihotis</u>) en yuca asociada con maíz	70

TEXTO

<u>Cuadro N^o</u>		<u>Página</u>
11	Incidencia y severidad de la roya (<u>Uromyces manihotis</u>) en yuca asociada con frijol	71
12	Incidencia y severidad de la roya (<u>Uromyces manihotis</u>) en yuca asociada con maíz y frijol	71
13	Tasas de infección logarítmica (r_1) de la roya (<u>Uromyces manihotis</u>) en los sistemas de cultivo de la yuca	74
14	Incidencia y severidad de mancha parda (<u>Cercospora henningsii</u>) y número de lesiones por lóbulo en yuca en monocultivo y policultivo	75
15	Incidencia y severidad de mancha blanca (<u>Cercospora caribaea</u>) y número de lesiones por lóbulo en yuca en monocultivo	77
16	Intensidad de daño de muerte descendente (<u>Colletotrichum</u> sp?) en tres sistemas de cultivo de la yuca - nivel de manejo bajo y alto	79

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

APENDICE

<u>Cuadro N^o</u>		<u>Página</u>
A-1	Coefficientes de correlación de mildiu con algunas variables climáticas y agronómicas en las diferentes formas de cultivo de la yuca	107
A-2	Coefficientes de correlación de la roña (<u>Sphaceloma</u> sp.) y algunas variables climáticas y agronómicas en las diferentes formas de cultivo	109

APENDICECuadro NºPágina

A-3	Coeficientes de correlación de algunas variables climáticas y agronómicas con la roya de la yuca (<u>Uromyces manihotis</u>) en 5 formas de cultivo	111
A-4	Coeficientes de correlación de algunas variables climáticas y agronómicas en 3 sistemas de cultivo con la mancha parda de la yuca (<u>Cercospora henningsii</u>)	113
A-5	Coeficientes de correlación de algunas variables agroclimáticas con la mancha blanca de la yuca (<u>Cercospora caribaea</u>) en tres sistemas de cultivo	114
A-6	Coeficientes de correlación de algunas variables agroclimáticas con la muerte descendente (<u>Colletotrichum</u> sp.?)	115

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N^o</u>		<u>Página</u>
1	Cronograma de siembra y cosecha de las 5 asociaciones de la yuca estudiada	18
2	Diagrama utilizado para estimar la proporción de área foliar afectada por mildiu (<u>Oidium manihotis</u>).....	32
3	Diagrama utilizado para estimar la proporción del área foliar afectada por la roña de la yuca (<u>Sphaceloma</u> sp.)	23
4	Condiciones de lluvia, humedad relativa, radiación solar y temperaturas máximas y mínimas que prevalecieron durante el estudio	35
5	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en un sistema de monocultivo	47
6	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (<u>Sphaceloma</u> sp.) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en un sistema de monocultivo	49
7	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en asociación con camote	52
8	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (<u>Sphaceloma</u> sp.) en yuca cultivada en asociación con camote	54
9	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en yuca cultivada en asociación con maíz	56

<u>Figura N^o</u>		<u>Página</u>
10	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (<u>Spha-celoma</u> sp.) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en asociación con maíz	58
11	Severidad e incidencia de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en el tiempo (meses) en yuca cultivada en asociación con frijol	62
12	Severidad e incidencia de roña (<u>Spha-celoma</u> sp.) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) en el tiempo (meses) cultivada en asociación con frijol	63
13	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (<u>Oidium manihotis</u>) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en la asociación Y + M + F	66
14	Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (<u>Spha-celoma</u> sp.) en yuca (<u>Manihot esculenta</u>) cultivada en la asociación Y + M + F	67

1. INTRODUCCION

La yuca (Manihot esculenta Crantz) es una planta tropical, bastante eficiente en la transformación de energía solar en nutrientes aprovechables por el hombre. Se cultiva en América y Africa Tropical principalmente, como parte de la agricultura de subsistencia. A pesar de su gran potencial agronómico, no ha sido estudiada con intensidad y se sabe comparativamente poco acerca de las plagas y enfermedades que la atacan.

Entre los factores que reducen los rendimientos de la yuca, las enfermedades se consideran frecuentemente como de poca importancia. Es posible que esta subestimación se deba a la escasez de datos experimentales de pérdidas por enfermedades. En observaciones realizadas en Turrialba y otras zonas de Costa Rica se ha constatado la existencia de enfermedades fungosas, principalmente, roña (Sphaceloma sp.), la ceniza o mildiu polvoriento de la yuca (Oidium manihotis), mancha parda de las hojas (Cercospora henningsii), mancha blanca (Cercospora caribaea) y roya (Uromyces manihotis). El ataque parece variar cuando la yuca se encuentra asociada con otros cultivos. El sistema de cultivos asociados (mixtos o intercalados) consiste en la siembra, en un mismo terreno, de dos o más especies, simultáneamente o con diferentes grados de sobreposición.

Con el fin de investigar la importancia relativa de las enfermedades de la yuca según el sistema de cultivo empleado se ha propuesto el presente trabajo con los siguientes

objetivos:

- a) Estudiar la incidencia y severidad de enfermedades foliares en la yuca por medio de curvas de progreso cuando se cultiva en monocultivo y en policultivo.
- b) Determinar el grado de importancia relativa de cada una de las enfermedades incidentes en los diferentes sistemas de cultivo en las condiciones de Turrialba.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Las enfermedades de la yuca

2.1.1 La ceniza o mildiu polvoriento de la yuca

Esta enfermedad se describió originalmente en Africa en 1913 (52) y luego en América Latina (12,70) y Asia (50). Los síntomas típicos son manchas foliares indefinidas y amarillentas. En sus inicios la enfermedad se caracteriza por la aparición de micelio blanco que crece sobre la superficie foliar, causando el arrugamiento de las hojas nuevas (23). Dentro de las zonas amarillentas, aparecen con frecuencia áreas necróticas, angulares, de color marrón pálido y de diferentes tamaños (50, 51). En algunas variedades, la enfermedad no avanza y se detiene en el estado de lesión amarillenta-indefinida. Estos síntomas pueden confundirse con aquellos inducidos por ácaros (50). Las hojas maduras son las más susceptibles al ataque del patógeno que se manifiesta preferentemente en el envés, donde se observa un polvo blanco ceniciento (23).

El agente causal ha sido llamado Oidium manihotis P. Henn. y su estado sexual Erysiphe manihotis (25). El hongo, de micelio blanco, produce numerosos haustorios sobre la epidermis del hospedante. Los conidióforos se encuentran en posición erecta; son sencillos y su parte superior aumenta en grosor a medida que se forman los conidios. Los conidios son ovoides o cilíndricos, unicelulares, hialinos, de 12-20 x 20-40 μ m y se producen

en cadenas basipetales (25, 50, 51, 71).

La severidad y pérdidas que puede ocasionar esta enfermedad durante el ciclo de cultivo no han sido determinadas.

2.1.2 La mancha parda de la hoja

Se considera ésta la enfermedad foliar más importante de la yuca porque, aparte de su amplia distribución geográfica, posee un amplio rango de hospederos. Ataca M. esculenta, M. glaziovii, M. piauhynsis y por inoculación artificial a la remolacha (25, 31, 50, 51, 60, 69). El agente causal es Cercospora henningsii y su forma perfecta es, según Chesquiere y Ghesquiere y Henrard (29, 30) citados por Lozano (50, 51) Micosphaerella manihotis Ghesquiere Henrard Von Sydow, lo cual ha sido confirmado por Chevaugeon (20). C. henningsii crece en los espacios intercelulares de las hojas y produce estromas de 2 a 6 células de espesor y de 20 a 45 μ m de diámetro. De estos estromas se producen conidióforos en fascículos densos. Los conidióforos son marrones oliváceos pálidos (semioscuros), de color y grosor uniformes, no ramificados, de punta redondeada, con una cicatriz esporal pequeña o mediana, rectos o semicurvados y de 3-5 x 10-50 μ m de tamaño; en las raras ocasiones en que alcanzan a medir 100 μ m de largo, poseen pocas septas. Los conidios son anfígenos, producidos individualmente sobre el ápice de cada conidióforo, cilíndricos, rectos o ligeramente curvados con ambas puntas redondas o con una base corta abcóica; con 2-8 septas, oliváceos

pálidos, midiendo de 4-6 x 30-60 μm con máximas de 7 x 85 μm (22, 50, 51, 60).

Hacia el haz de la hoja pueden aparecer peritecios negros (100 μm de diámetro) distribuidos en el tejido necrótico de las manchas foliares (4, 51). Las ascas son elongo-clavadas, con ocho esporas, subsésiles, de 55-72 x 10-13 μm . Las ascosporas ovoides, uniseptadas, contraídas en la septa, miden de 17-22 x 5.2-6.8 μm (22, 60).

La sintomatología de la mancha parda es de manchas foliares visibles a ambos lados de las hojas. En el haz, las manchas de color marrón surgen de manera uniforme, con borde definido y oscuro. En el envés, las lesiones tienen márgenes menos definidos y, hacia el centro, las manchas marrón tienen un fondo gris-oliváceo por la presencia de los conidióforos y conidios del hongo. Conforme crecen estas lesiones circulares, de 3-12 milímetros (mm) de diámetro, toman una forma irregular y angular, debido a que su expansión es limitada por las nervaduras principales. Las nervaduras que se encuentran dentro del área necrótica presentan un color negro. Dependiendo de la susceptibilidad de la variedad, puede aparecer un halo amarillento indefinido o un área decolorada alrededor de las lesiones. Las hojas afectadas se vuelven amarillas, se secan y después se caen. Las variedades susceptibles pueden sufrir defoliación severa y a veces total durante la estación lluviosa y calurosa (50, 51). No parecen existir datos sobre pérdidas debido a esta enfermedad, sin embargo

muchos autores no dudan en ponerla como una de las más importantes por las severas defoliaciones que produce (50).

2.1.3 La mancha blanca de la hoja

Se ha reportado desde las regiones yuqueras húmedas frías de Asia, América del Norte, Africa Tropical y América Latina (11,12,20,24,69,72). La única especie hospedante conocida es Manihot esculenta.

El agente causal, Cercospora caribaea, forma estromas pequeños sobre las lesiones de las hojas infectadas. De estos estromas se producen conidióforos en fascículos sueltos. Los conidióforos, que emergen a través de los estromas, son por lo general marrón-oliváceos, de color y diámetro uniformes; no son ramificados, pero sí con 1-15 genículas subtruncados en la punta, con cicatriz esporal larga, de 3-5 x 50-200 μ m. Los conidios hipófilos son hialinos y subhialinos, oclavados-cilíndricos, con puntas claramente redondeadas, septados 1-6, rectos o semicurvados y de 4-8 x 20-90 μ m (22, 69).

La mancha parda por lo general se presenta en zonas cálidas no muy húmedas y la mancha blanca en zonas frías-húmedas (50, 51). A juicio de Lozano y Booth (50) estas diferencias en su distribución geográfica, comunes en América Latina y Africa (12,20), son probablemente el resultado de la diferente respuesta de los respectivos agentes causales a la temperatura y a la humedad.

2.1.4 La roña de la yuca

Esta enfermedad de la yuca ha sido reportada recientemente causando epifitias en varias regiones de Colombia (13, 49, 50, 51). Los síntomas de esta enfermedad, en Turrialba, coinciden con los descritos por Bitancourt y Jenkins (7) en Brasil, quienes citan a Sphaceloma manihoticola Bitancourt y Jenkins como agente causal. Lozano (49) reporta esta enfermedad como nueva en Colombia y cita al hongo del género Taphrina sp. como agente causal. Ese mismo año (48) atribuyó la enfermedad a un virus, luego (51) reportó a un ascomiceto inferior como agente causal. Más recientemente ha sido indicado Sphaceloma sp. como responsable de inducir tal enfermedad en Colombia (14).

La enfermedad se presenta durante la estación lluviosa y la producción, en plantas muy atacadas, se reduce considerablemente (50, 51). Los síntomas más conspicuos son un elongamiento exagerado de los entrenudos de los tallos jóvenes, los cuales tienen apariencia delgada y débil (12, 49). Las plantas atacadas son mucho más altas que las sanas; los tallos jóvenes, los pecíolos y las hojas enfermas frecuentemente muestran deformación, asociada con la presencia de chancros con forma de huso y que se encuentran en lo largo de las nervaduras principales y secundarias de las hojas, en los pecíolos y a lo largo del tallo. Las hojas jóvenes generalmente no se desarrollan completamente; puede ocurrir necrosis parcial o total de las hojas

enfermas y sobrevenirse una considerable defoliación. En los tallos, los chancros pueden ser difusos y tomar la apariencia de daño causado por áfidos (49, 50, 51).

2.1.5 La roya de la yuca

Esta afección, reportada únicamente de Brasil (2, 56, 58) y Colombia (50, 51), se presenta en períodos cálidos y secos (56). Según Normanha (56), a veces puede ocasionar un tipo de superbrotamiento en el ápice del tallo. En Colombia infecta hojas, pecíolos y tallos jóvenes en zonas altas y frías (50, 51) lo cual contradice las observaciones reportadas de Brasil. La enfermedad se manifiesta como pequeñas pústulas pulverulentas, ferruginosas y eruptivas. En condiciones favorables puede causar un amarillamiento de la planta, principalmente cuando ataca el pecíolo de las hojas, llegando a producir su secamiento (2). Asociado a Uromyces manihotis, Amaral (2) encontró en Brasil un hongo del género Gloesporium favoreciendo el secamiento de la zona atacada.

2.2 La incidencia de enfermedades y su medición

El desarrollo de la medición de enfermedades, llamada también "fitopatometría" empezó más bien tarde en la historia de la patología vegetal (45, 47) y aún hoy día está tomando forma, con sus propios métodos de medición y reglas. Asuntos como la terminología, confiabilidad y métodos de estimación son todavía motivo de controversias. Así, el manual de Métodos de Estimación de Pérdidas de cosechas de la FAO (27) utiliza el

término "intensidad" indistintamente, ya sea significando incidencia o severidad. Para Chester (18) intensidad es la cantidad de enfermedad presente en una planta, en un campo o en una región geográfica, sin referencia al daño causado. Para James y Shih () severidad es el porcentaje de área foliar o tejido vegetal afectada con respecto al área total e incidencia es el porcentaje de unidades vegetales infectadas del total de unidades evaluadas. Estos dos términos son los que se siguen en el presente trabajo ya que permiten la uniformidad de métodos de estimación más fácilmente, además de que en epidemiología es la proporción de área o unidades enfermas la que interesa como una aproximación de la cantidad de patógeno presente (66). Los métodos desarrollados para estimar la severidad de enfermedades reflejan los diversos intereses que tiene el investigador, entre los cuales tenemos estimación de pérdidas de cosechas, epidemiología o resistencia a enfermedades. La medición de enfermedades ha sido a menudo tomada como un sinónimo de "estimación de pérdidas". Esto es erróneo (46), aunque es cierto que los datos que se obtienen de la medición de enfermedades es uno de los medios para estimar reducciones en el rendimiento. Sin embargo, el principal propósito de la medición de enfermedades es mejorar el conocimiento integral de las enfermedades de las plantas registradas o reportadas, haciéndolo no solamente cualitativo, sino también mucho más cuantitativo (46). Los datos obtenidos en el tiempo nos dicen el daño real que ha sido causado por una

enfermedad y cuanto de este dño ha variado de año a año. Es, entonces, un medio eficaz de determinar la importancia relativa de una enfermedad.

En el caso de la yuca, es notable la falta de información sobre la importancia, epidemiología y control de las enfermedades que la afectan. En general, las publicaciones mencionan solamente la existencia de diferentes patógenos (50, 51) e indican que las enfermedades en yuca son de menor importancia. Informes más recientes (12, 13, 36, 49, 50, 51, 52, 53) en que se registran serias epidemias, demuestran que la falta de estudio sobre la patología de esta planta es lo que ha provocado la subestimación de daños por enfermedades en la yuca, en los pocos casos en que estimaciones de algún tipo han sido hechas.

Son pocos los trabajos en que se han usado métodos para medir cuantitativamente la severidad de una enfermedad de la yuca. Los que existen (12, 13, 36) han sido utilizados principalmente como un indicador de resistencia (reacción del hospedero), lo cual no es el factor de principal interés en estudios de pérdidas, epifitología y control de enfermedades por otros medios que no sean por alteración de la susceptibilidad de la planta **hospedante** (18). La intensidad o severidad es una medida de la cantidad de enfermedad presente sin necesariamente hacer referencia a la reacción del hospedante. El tipo de

reacción es una medida de la respuesta del hospedero, de interés primario en ensayos de control de enfermedades por resistencia, en estudios de especialización de patógenos y en pruebas de reacción de variedades (18).

Dentro de los coeficientes o índices de intensidad de enfermedad, uno de los más extensamente usados, según Chester (18) ha sido el "Índice de infección de McKinney", el cual considera el porcentaje de ataque por la frecuencia de plantas en cada grado sobre el número de plantas u órganos examinados (18, 26). Este índice, al igual que muchos otros índices y métodos de medir enfermedades ha sido usado en muchas enfermedades y con diferentes modificaciones. Un problema no resuelto, entre otros, es la ponderación de los varios síntomas de una enfermedad en relación al progreso de la epidemia y las pérdidas inducidas.

2.3 El progreso y comparación de epidemias vegetales

Según Kranz (43), la curva de progreso de una enfermedad es el diagrama de una epidemia que matemáticamente es la variable dependiente, expresando, cada curva de progreso de una enfermedad los efectos variados del patógeno, hospedante, ambiente e interferencias humanas dentro del cuadrángulo de la enfermedad y dentro de los efectos del tiempo. Las curvas de progreso resultan de medir la cantidad o proporción de una enfermedad de varias maneras (44, 45, 46, 47, 64) en varias

fechas a partir del punto de inicio de la epidemia. Principalmente es la severidad (proporción de tejido afectado) o frecuencia de la enfermedad (proporción de unidades vegetales afectadas) la que se mide o estima.

Hay varios tipos de curvas de progreso: acumulativas o curvas de frecuencia de tasas de crecimiento. La más usada es la acumulativa, que describe adecuadamente la cantidad aditiva de enfermedad en todas las fechas y consecuentemente el curso de una epidemia en el tiempo. Según Van der Plank (66, 67) esta es por lo general de tipo sigmoide. Baker (5) la divide en 4 fases: a) fase logarítmica, b) fase sinérgica (o exponencial) c) la de pendiente transicional y d) la de plateau. Van der Plank (66) ha basado su teoría y métodos de análisis epidemiológico en las curvas de tipo acumulativo, unilaterales (con únicamente etapa de crecimiento). Curvas bilaterales (43) que representan el crecimiento y decrecimiento de la epidemia han sido poco reportadas y las que han sido publicadas en su mayoría son de forma de campana (41, 43). En las plantas cultivadas anuales es corriente que la cosecha no permite que la epidemia manifieste su fase de decrecimiento, lo cual no obstante ocurre si ésta es dejada intacta (28).

En la comparación de epidemias, Kranz (43) distingue dos métodos principales: a) comparación inmediata, o b) clasificación (no en el sentido de la taxonomía). Los criterios y métodos de comparación deben ser cuantitativos e igualmente

aplicables a todas las epidemias incluidas en la comparación. Las curvas de progreso tienen un ámbito limitado de variación, lo cual puede permitir su comparación por medios cualitativos. Así se tienen epidemias anuales y perennes según su duración con varias formas intermedias como endemias y pandemias (28). Van der Plank (65) clasificó las epidemias según su fuente de inóculo inicial en primarias y secundarias; por su tasa de reproducción en enfermedades de "interés simple" e "interés compuesto"; y según el área cubierta en epidemias generales y focales.

Entre los métodos cuantitativos de comparación, las curvas unilaterales de progreso de las enfermedades permiten las siguientes comparaciones: a) punto de inicio, b) tasa de crecimiento, c) pendientes, d) severidad o incidencia máxima de la enfermedad. Otro criterio para la comparación de epidemias son las tasas de infección logarítmica y tasas de infección aparente, r_1 y r de Van der Plank (62, 66). Varios tipos de análisis de regresión han sido el método más frecuente por el cual las líneas de progreso de las enfermedades se han comparado. El grado de similitud o de semejanza de dos epidemias se expresa por los coeficientes de regresión. En curvas bilaterales se emplea la excentricidad, la duración entre la severidad máxima y la extinción de la enfermedad, y la duración para la reaparición de la enfermedad cuando ésta ocurre (43)

Uno de los méritos de éstos métodos que emplean análisis de regresión es que las curvas que mantienen su forma básica en diversas circunstancias pueden ser agrupadas y usadas para predicción a través de modelos epidémicos.

2.4 Los sistemas de cultivo asociado y el desarrollo de epidemias

Hasta donde se ha investigado, no hay informes de la epidemiología de enfermedades en yuca asociada con algún otro cultivo. En base a las alteraciones microclimáticas debidas al cultivo asociado, podrían hacerse algunas apreciaciones y especulaciones en relación a la incidencia de enfermedades pero no se encuentran datos de este tipo. Existe mucha literatura acerca del macro y microclima y el desarrollo de enfermedades (73, 77) en monocultivos, pero esta información puede no ser muy útil debido a la interacción modificadora de las especies cultivadas en forma asociada. Es muy probable que la velocidad del viento y la luz son reducidas en los policultivos y que esto incrementa la humedad microambiental, lo cual tendería a favorecer el desarrollo de algunos patógenos foliares y desfavorecer otros.

La siembra de especies en policultivo equivale en la gran mayoría de casos a sembrar especies susceptibles entre especies inmunes. Esto podría ser más cierto en el caso de patógenos especializados, como las royas. Según Van der Plank (65), el sembrar plantas de la misma especie una junta a la otra puede ser una condición necesaria para que una epidemia se inicie.

El mismo autor menciona algunos pocos ejemplos en que el cultivo mixto se ha usado para atenuar la incidencia de enfermedades, como son las barreras de maíz, girasol, avena y cáñamo (35).

Según Zadoks (78) y Van der Plank (66) entre mayor es la distancia entre susceptibles, más lenta es la velocidad de la epidemia. Es decir, que la frecuencia del hospedante que puede ser expresada como el número de hospedantes individuales susceptibles (susceptos) por unidad de área o por el porcentaje de área foliar susceptible en el follaje etc., determina la tasa de desarrollo de una epidemia. De aquí que una baja frecuencia de hospedantes puede ocasionar una menor población del patógeno, las cuales pueden explicar parcialmente porqué epidemias severas en las vegetaciones mixtas son raras (78). Anderson (4) citado por Zadoks (78) hace notar que las enfermedades eran raras en los huertos indígenas de Guatemala que tenían cultivos típicos mixtos. El principio de frecuencia reducida de susceptibles es aplicado en los cultivares compuestos o variedades multilíneas de los cereales (8) y puede por tanto también ser aplicado en el caso de cultivos asociados.

3. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se efectuó en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica, a una altura aproximada de 600 metros sobre el nivel del mar. El clima es húmedo caliente, con una temperatura media mensual de 22,3 C (media máxima 27,1 C y media mínima 17,0 C). La precipitación media anual es de 2682 mm y hay 251 días promedio con lluvia por año; el brillo solar diario promedio es de 4,5 horas y la humedad relativa promedio diaria es de 88 por ciento.

3.1 Material experimental y sistemas estudiados

Se midió el grado de ataque de las siguientes enfermedades: mildiu o ceniza (Oidium manihotis P. Henn.), roña (Sphaceloma sp.), roya (Uromyces manihotis Henn), mancha parda de la hoja (Cercospora henningsii Allescher), mancha blanca (Cercospora caribaea Chupp y Ciferri) y muerte descendente (Colletotrichum sp. ?) en plantas de yuca que se encontraban en monocultivo y en asociación con otras especies en el Experimento Central de Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico (63). Este Experimento incluye las siguientes especies y variedades: yuca (Manihot esculenta Crantz var. Valencia), camote (Ipomoea batatas L. var. C-15), frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Santo Tomás Negro y maíz (Zea mays L.) var. Tuxpeño Crema 1. Se estudiaron únicamente los tratamientos con el nivel de

manejo alto (A), excepto en el caso de la muerte descendente, en el cual se incluyeron los niveles de manejo alto y bajo (B).

En la figura 1 se describe gráficamente el diseño de los sistemas de cultivo en los que se estudió el efecto de las asociaciones sobre el grado de ataque de diferentes patógenos.

Cada parcela medía 9 x 10 m y los 5 tratamientos (sistemas) se repitieron 4 veces. La distancia de siembra, al igual que las densidades, se mantuvieron constantes y se resumen en el Cuadro 1. Las prácticas culturales fueron uniformes con excepción de la fertilización, que se aumentó de acuerdo a la presión de uso del suelo de los diferentes diseños. Dentro de cada parcela se marcaron 16 plantas del centro y se registraron, siempre en la misma planta, las enfermedades a intervalos regulares de aproximadamente 20 días. La primera medición se realizó a los 27 días de emergencias de la yuca y la última a los 273 días, con excepción de la muerte descendente que se concluyó a los 285 días. Todas las plantas recibieron a los 10 días de edad una aplicación de Kocide a razón de 2,38 g/litro, Sevin 1,88 g/litro y Extravón 0,63 ml/litro para asegurar el establecimiento normal de cada sistema.

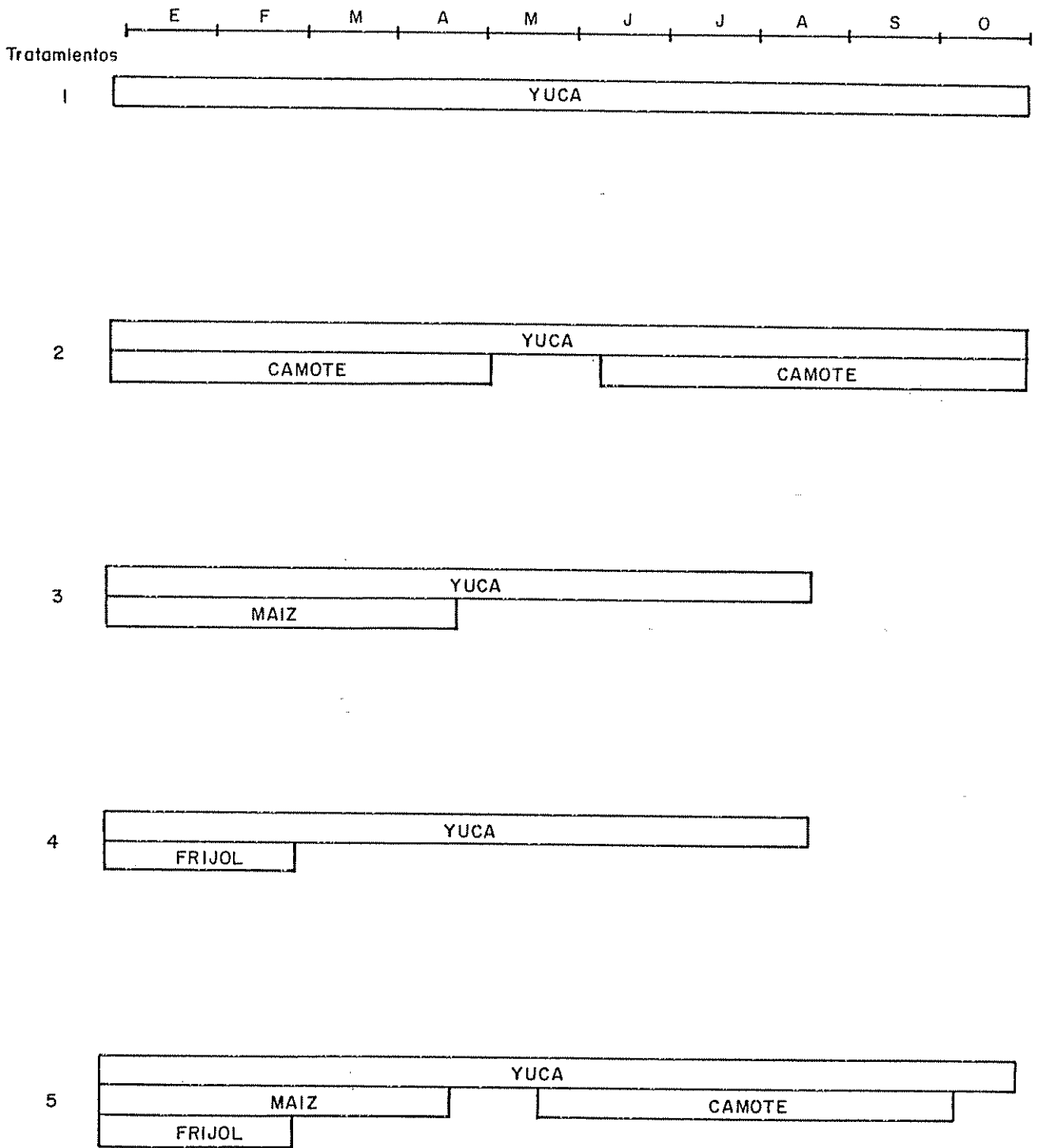


Fig 1 Cronograma de siembra y cosecha de las 5 asociaciones de cultivo de la yuca estudiada

Cuadro 1. Densidades y distancias de siembra de los cultivos en los tratamientos.

Cultivo	densidad (planta/hectárea)	distanciamiento (m)
Frijol	100.000	0,50 x 0,20
Maíz	40.000	1,0 x 0,5
Camote	50.000	0,50 x 0,40
Yuca	20.000	1,0 x 0,50

3.2 Descripción de los tratamientos

3.2.1 Yuca sin asociar (Y)

La siembra se efectuó el 19-22 noviembre y se cosechó a los 11 meses de edad aproximadamente. La fertilización fue de 300 kg/ha de 15-30-8 a la siembra y 400 kg/ha de 20-10-6-5 a los 30 días de la siembra; se efectuaron 2 limpiezas de malas hierbas.

3.2.2 Yuca-camote (Y + C)

La yuca y el camote se sembraron simultáneamente alternándose 2 surcos de camote con uno de yuca. El camote se cosechó a los 115 días y se intercaló una segunda siembra de camote a los 150 días, cosechándose 184 días después.

La fertilización fue de 300 kg/ha de 10-30-8, a la

siembra y como segunda fertilización 500 kg/ha de 20-10-6-5 a los 30 días. Se aplicó Turadán al suelo en dosis recomendadas por el fabricante. El segundo cultivo de camote se fertilizó en igual forma y se cosechó simultáneamente con la yuca. Se aplicó aldrín al 25 por ciento al suelo antes de la segunda siembra de camote. Durante todo el ciclo se trató de controlar el barrenador del tallo del camote, con Parathion y diazinón, los crisomélidos y los cortadores con sevin y DDTOX, respectivamente.

3.2.3 Yuca-maíz (Y + M)

La yuca y el maíz se sembraron simultáneamente en surcos alternos el 18-22 de noviembre. Recibieron una fertilización inicial de 300 kg/ha de 10-30-8. A los 30 días se aplicaron 500 kg/ha de 20-10-6-5. El maíz se cosechó a los 130 días y la yuca a los 250 días.

3.2.4 Yuca-frijol (Y + F)

La yuca y el frijol se sembraron asociados alternándose dos surcos de frijol con uno de yuca el 18-22 de noviembre. Se aplicaron a la siembra 300 kg/ha de 10-30-8 y al mes 500 kg/ha de 20-10-6-5. La yuca se cosechó a los 250 días y el frijol a los 70 días.

3.2.5 Yuca-maíz-frijol (Y + M + F)

El frijol, la yuca y el maíz se sembraron juntos alternándose un surco de maíz entre dos surcos de frijol, los

cuales a su vez se intercalaron entre dos surcos de yuca. Una vez cosechados el frijol (70 días) y el maíz (130 días), se dejó un breve barbecho de 30 días y luego se le intercaló camote entre la yuca el 2-5 de mayo.

La primera fertilización consistió de 300 kg/ha de 10-30-8. La segunda aplicación fue de 500 kg/ha de 20-10-6-5 para los cultivos asociados un mes después de la siembra y de 400 kg/ha del mismo fertilizante para la asociación yuca-camote.

3.3 Enfermedades estudiadas

3.3.1 Mildiu y roña de la yuca

Las enfermedades mildiu y roña se midieron en cada una de las 16 plantas que fueron seleccionadas aleatoriamente de cada parcela (repetición). Estas fueron las mismas plantas que se marcaron en el primer muestreo y que durante el ciclo de la planta se le midiera cada 20 días aproximadamente el número total de hojas por planta, número de hojas visiblemente afectadas por cada enfermedad y el por ciento promedio de área foliar enferma por mildiu y por roña. El "área afectada" incluye las lesiones y cualquier clorosis asociada, directamente atribuible a cada enfermedad. Se usaron patrones tomados de hojas naturalmente infectadas tipificando el modelo de cada enfermedad para hacer las estimaciones de daño (figura 2 y 3).

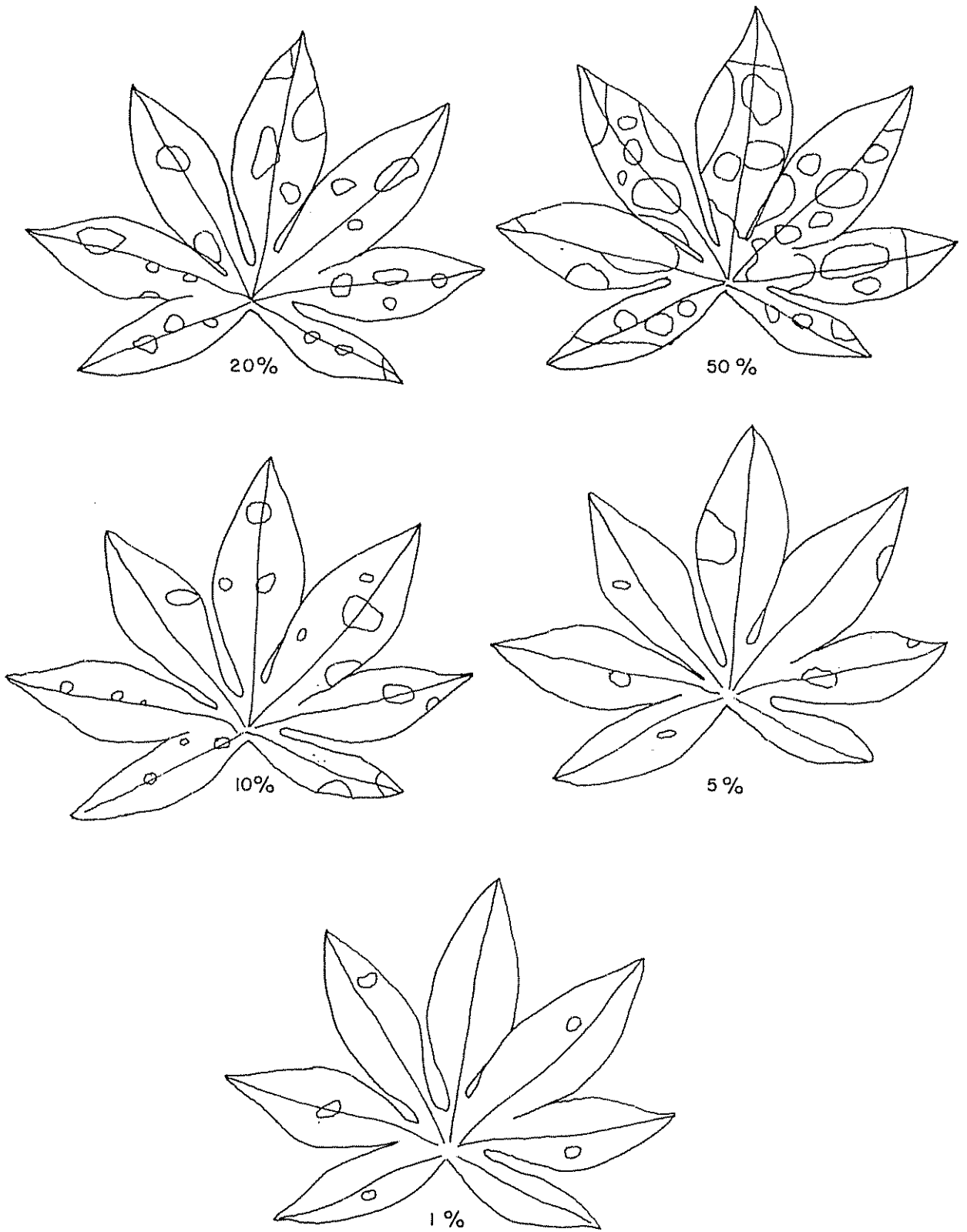


Fig. 2 Diagrama utilizado para estimar la proporción del área foliar afectada por mildiu (*Oidium manihotis*) en yuca

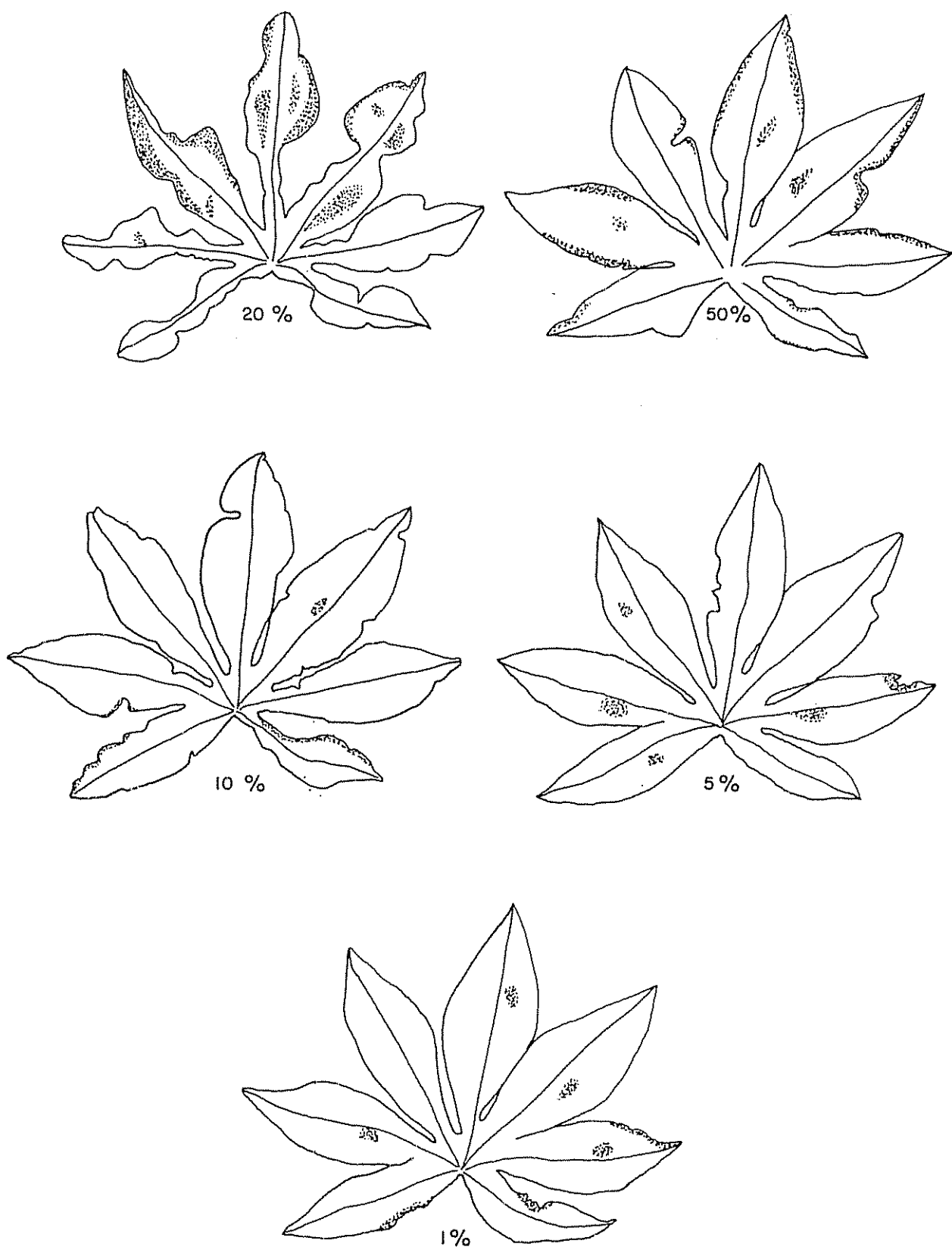


Fig 3 Diagrama utilizado para estimar la proporción del área foliar afectada por la roña de la yuca (*Sphaceloma* sp)

No se registraron los tejidos muertos o cloróticos que no fueran claramente atribuibles a cada enfermedad.

3.3.2 Roya, mancha blanca y mancha parda de la hoja

El método y periodicidad del muestreo para estas enfermedades fue muy similar al empleado para el mildiu y la roña, excepto que en cada planta se dividió el follaje en tres tercios: inferior, medio y superior. De cada tercio se seleccionaron aleatoriamente tres hojas, de las cuales se examinó el lóbulo medio, contándose el número de uredosoros o manchas por lóbulo. En los muestreos de roya se utilizaron diagramas (59) para estimar el número de uredosoros cuando ya estos eran demasiado numerosos. Posteriormente, se encontró el equivalente de número de pústulas en los diagramas mencionados. A partir de los datos obtenidos, se determinó la incidencia (I) y severidad (S) de cada enfermedad. La incidencia se definió como el número de hojas infectadas expresada como porcentaje. La severidad se calculó dividiendo la suma del porcentaje de área afectada por una enfermedad por el número total de hojas en la muestra, estuvieran o no infectadas (37, 38).

3.3.3 Muerte descendente

Esta enfermedad, que se presenta al final del período vegetativo (9 a 12 meses después de la siembra), se cuantificó mediante el muestreo de 16 plantas por parcela cada 15

días aproximadamente. Los tratamientos estudiados fueron los siguientes: yuca sin asociar, yuca asociada con camote y yuca asociada con maíz y frijol (figura 1). Las asociaciones + maíz y yuca + frijol no se estudiaron debido a que se cosecharon antes que el resto de asociaciones (a los 250 días) y no llegaron a mostrar daño por muerte descendente. Dentro de cada tratamiento se tuvieron subtratamientos consistentes en 2 niveles de manejo: alto (A) y bajo (B). Estos subtratamientos o subparcelas permitieron analizar el efecto del manejo sobre la incidencia de esta enfermedad, a la vez que se evaluaba el efecto del grado de asociación. Varios casos de muerte descendente en yuca (19) y en otros cultivos (9,10) presentan una estrecha relación o son causados por patógenos o déficit de nutrimentos, ya sea solos o combinados. Las variables "respuesta" que se consideraron fueron: número de tallos 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, PS), número de ramillas enfermas y número de ramas primarias (tallo principal) y secundarias enfermas (ramas que surgen de la primera bifurcación del tallo principal o rama primaria). La fórmula empleada para obtener la intensidad de daño (ID) es la siguiente:

$$ID = \frac{\Sigma(r_a) + 4r_1 + 2r_2}{PS}$$

donde: PS : puntos susceptibles (puntos apicales)

r_a : puntos apicales enfermos

r_1 : ramas o tallos primarios enfermos

r_2 : ramas secundarias enfermas

Esta fórmula se diseñó de tal forma que pondera la importancia biológica (productividad) que cada uno de los órganos dañados tiene para la planta. Así, los tallos primarios tienen más importancia ($4r_1$) que las ramas secundarias ($2r_2$).

La descripción de los sistemas en que se estudió la incidencia de muerte descendente, excluyendo los sistemas con nivel de manejo alto por haberse descrito antes, es la siguiente:

3.3.3.1 Yuca sin asociar (Y)

La siembra se efectuó del 19 al 22 de noviembre y se cosechó a los 330 días de edad aproximadamente. La fertilización para el nivel de manejo bajo (B) fue de 300 kg/ha de 15-30-8 a la siembra y 100 kg/ha de 20-10-6-5 30 días después de la siembra. Solamente recibió una limpia de malas hierbas.

3.3.3.2 Yuca-camote (Y + C)

La yuca y el camote se sembraron simultáneamente. El camote se cosechó a los 135 días y se intercaló una segunda siembra de camote a los 5 meses, cosechándose a los 180 días. La fertilización para el manejo B fue de 300 kg/ha de 15-30-8 a la siembra y como segunda fertilización 100 kg/ha de 20-10-6-5. El segundo cultivo de camote se fertilizó en igual forma y se cosechó simultáneamente con la yuca.

3.3.3.3 Yuca-maíz-frijol (Y + M + F)

El frijol, la yuca y el maíz se sembraron simultánea-

mente del 18 al 22 de noviembre y se cultivaron asociados. Una vez cosechados el frijol (70 días) y el maíz (130 días), se dejó un breve barbecho de 30 días y luego se le intercaló camote entre la yuca en mayo. La primera fertilización consistió de 300 kg/ha de 15-30-8. La segunda aplicación fue de 200 kg/ha de 20-10-6-5 para los cultivos asociados 30 días después de la siembra.

3.4 Variables Analizadas

Las variables analizadas pueden clasificarse en variables climáticas, agronómicas e índices epidemiológicos. Su análisis se efectuó en la forma siguiente:

3.4.1 Variables climáticas

3.4.1.1 Temperatura

- a. Temperatura promedio por día
- b. Sumatoria de las desviaciones de la temperatura por debajo de la temperatura promedio (21,1C) para los meses de muestreo ($-d_{\bar{x}}$) multiplicadas por la frecuencia (f) con que se presentaron estas desviaciones entre muestreos sucesivos. Se simboliza por la fórmula $\sum(-d_{\bar{x}}) \cdot f$.
- c. Sumatoria de las desviaciones de la temperatura por encima de la temperatura media ($d_{\bar{x}}$) del ciclo de la

yuca en el año (21,10) multiplicadas por la frecuencia (f). Se simboliza por la fórmula $\sum(d_{\bar{x}}) \cdot f$.

3.4.1.2 Lluvia

- a. Lluvia acumulada entre muestreos sucesivos
- b. Lluvia media diaria entre muestreos sucesivos
- c. Porcentaje de días con lluvia mayor o igual a 5 mm entre muestreos sucesivos.

3.4.1.3 Humedad relativa (HR)

- a. Porcentaje de HR promedio entre muestreos
- b. Sumatoria de las desviaciones de la HR por debajo de la HR promedio (88,2 por ciento) del ciclo del cultivo ($-d_{\bar{x}}$) multiplicadas por la frecuencia (f) con que se registró entre muestreos sucesivos: $\sum(-d_{\bar{x}}) \cdot f$.
- c. Sumatoria de las desviaciones de la HR por encima de 88,2 por ciento ($d_{\bar{x}}$) multiplicadas por la frecuencia (f) con que se registraron entre muestreos sucesivos.

3.4.2 Variables agronómicas

- a. Tensión de humedad del suelo^{1/}
- b. Edad del cultivo de yuca en días.
- c. Número de hojas promedio por planta (NH).
- d. Sistema de cultivo, desde monocultivo hasta policultivo de Y + M + F

^{1/} Tafur, N. Datos de tesis sin publicar. 1975.

3.4.3 Índices epidemiológicos

3.4.3.1 Mildiu, roña y roya

- a. Incidencia (I), calculada como el porcentaje de hojas enfermas.
- b. Severidad (S), calculada como el porcentaje de área foliar enferma.
- c. Número de hojas enfermas (NHE) por planta.

3.4.3.2 Mancha parda y mancha blanca

- a. Número de manchas por lóbulo (M)
- b. Incidencia

Estos datos se analizaron en relación con cada una de las enfermedades de las hojas, es decir, mildiu, roña, roya, mancha parda y mancha blanca.

Con relación a muerte descendente se tomaron las mismas variables, con excepción de los índices epidemiológicos debido a la naturaleza distinta de los síntomas.

Los "índices epidemiológicos" analizados en la enfermedad muerte descendente fueron: número de tallos por planta, número total de ramillas por planta o puntos susceptibles a la enfermedad (PS), puntos susceptibles afectados (PSA), plantas afectadas en por ciento y por ciento de intensidad de daño (ID).

Todos estos datos se tabularon para cada periodo entre muestreos sucesivos y su análisis se efectuó entre las enfermedades especificadas.

3.5 Análisis de la información

Con los datos antes mencionados se realizaron los siguientes análisis:

a) Pruebas de diferencia de medias de las severidades máximas (S_{max}) observadas en cada sistema y en cada una de las enfermedades.

$$H_0 : \underline{u}_1 = \underline{u}_2, \underline{u}_3, \dots \underline{u}_n$$

$$H_a : \underline{u}_1 \neq \underline{u}_2, \underline{u}_3, \dots \underline{u}_n$$

donde:

H_0 = Hipótesis nula

H_a = Hipótesis alterna

\underline{u}_1 = Promedio de la S_{max} en el monocultivo de yuca.

donde: $\underline{u}_2, \underline{u}_3, \dots \underline{u}_n$ = Promedio de los S_{max} en los sistemas de cultivo asociado
(Y + C, Y + F, Y + M, Y + M + F)

Se seleccionó la S_{max} debido a que ésta, según algunos autores (43), es una de las características de las epidemias analizadas como curvas de progreso, de mayor importancia

epidemiológica.

b) Tasas de infección logarítmica (r_1).

Se obtuvieron las tasas de infección logarítmica (65,66,68) de la roña y de la roya de la yuca.

Estas se obtienen por la fórmula:

$$r_1 = \frac{2,3}{t_2 - t_1} \log \frac{x_2}{x_1}$$

donde:

2,3 = constante

t_1 = tiempo inicial

t_2 = tiempo final

x_1 = proporción de área foliar enferma (S) al tiempo t_1

x_2 = proporción de área foliar enferma (S) al tiempo t_2

log = logaritmo base 10.

c) Análisis de variancia

Se efectuaron análisis de variancia de las severidades máximas alcanzadas en cada una de las enfermedades.

4. Correlaciones

Se determinó el grado de asociación de las variables con la S, I, por ciento de intensidad de daño, número

de manchas por lóbulos y demás índices obtenidos según el tipo de enfermedad y detallados anteriormente.

La fórmula general está dada por:

$$R = D_{S_{ii}}^{-1/2} (x^1 x) D_{S_{ii}}^{-1/2}$$

donde:

R = Matriz de correlación

$x^1 x$ = Matriz de la suma de productos y cuadrados corregidos.

$D_{S_{ii}}^{-1/2}$ = Matriz diagonal cuyos elementos son inversos de la raíz cuadrada de la diagonal $x^1 x$.

Se formaron matrices de correlación para cada enfermedad y, cuando hubo suficiente número de muestreos, se formaron también matrices para cada sistema de cultivo.

5. Regresiones

Se obtuvieron regresiones entre la incidencia y la edad del cultivo de yuca y entre la severidad y la edad de la planta. Las regresiones se probaron ajustar a las funciones siguientes:

$$\text{Lineal: } y_i = b_0 + b_1 x_i$$

$$\text{Cuadrática: } y_i = b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2$$

$$\text{Logarítmica: } y_i = b_0 x_i^{b_1}$$

$$\text{Geométrica: } y_i = b_0 b_1^{x_i}$$

$$\text{Raíz cuadrática: } y_i = b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^{0,5}$$

$$\text{Gamma: } y_i = b_0 e^{-b_1 x_i} x_i^{b_2}$$

donde:

y_i = Variable de respuesta (I ó S)

x_i = Variable aleatoria

b_0, e = Constantes

b_1 = Tasa lineal

b_2 = Tasa logarítmica o cuadrática

Los coeficientes de la función gamma se estimaron por el progreso iterativo.

4. RESULTADOS

4.1 Aspectos generales

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el período de este estudio se representan en la fig. 4. En general puede decirse que el clima fue normal considerando como año normal aquel en que cada uno de sus meses presenta valores del clima dentro de una faja de probalidades del 90 por ciento. El factor lluvia estuvo dentro de estos límites dados por Amézquita para las condiciones de Turrialba (3). El resto de factores relevantes para este estudio, como temperatura y humedad relativa varían poco de año en año. Los cambios relevantes del clima en el período de estudio fueron de intensa lluvia al inicio del período (noviembre - diciembre), gradual intensificación de la sequía hasta llegar marzo y abril, reinicio de las lluvias en mayo, aumentando continuamente hasta llegar a un máximo en setiembre (418 mm). El comportamiento de los sistemas estuvo muy relacionado con estos períodos climáticos. Así los sistemas que incluían Y+M sufrieron defoliación en marzo - abril probablemente por la mayor competencia por agua. Las plantas de yuca de estos sistemas fueron dominados por el maíz y tuvieron un crecimiento muy inferior a los del resto. El siguiente sistema en orden de competencia interespecífica fue el de Y + C y con menor competencia Y y Y + F. Entre

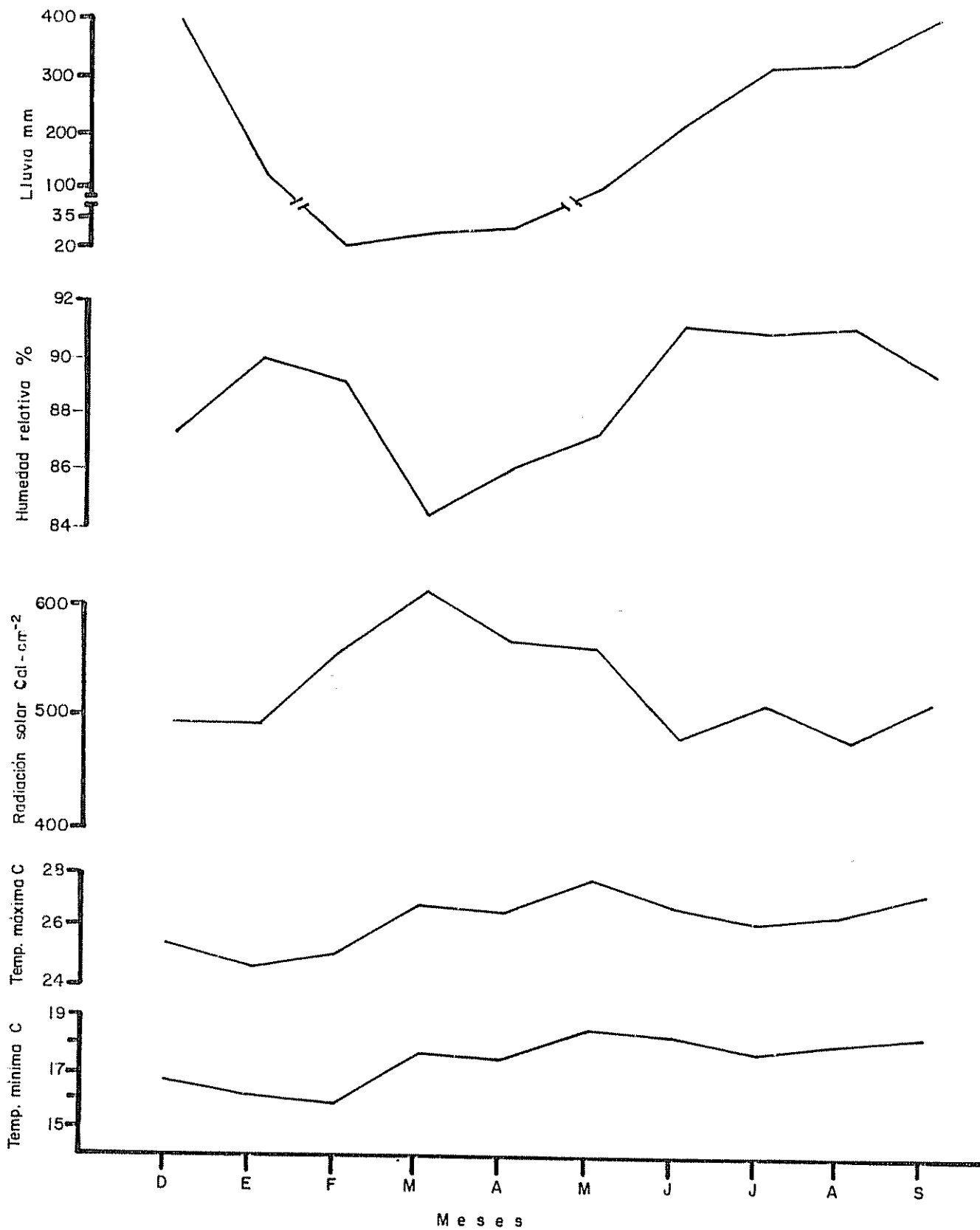


Fig. 4 Condiciones de lluvia, humedad relativa, radiación solar y temperaturas máximas y mínimas que prevalecieron durante el estudio

últimos no se apreciaron diferencias para la variable número de hojas por planta.

4.2 Condiciones del clima y el ataque de enfermedades

El análisis de correlación efectuado entre algunas variables climáticas y la incidencia y severidad de las enfermedades detectadas permitió, con una aceptable consistencia, discriminar cuales fueron las características climáticas relevante para cada tratamiento y cada enfermedad. También se hizo una correlación general incluyendo todos los datos de todos los tratamientos en relación con cada enfermedad. Esto fue posible debido a que, en general, las mismas enfermedades atacaron a la yuca en los 5 sistemas estudiados.

4.2.1 Mildiu (Oidium manihotis)

El ataque de esta enfermedad (incidencia y severidad) estuvo correlacionada, significativa y consistentemente en forma negativa con las siguientes variables (cuadro A-1): edad, temperatura promedio por día, las desviaciones de la humedad relativa por sobre el promedio, días con lluvia ≥ 5 mm y hojas promedio por planta. Se encontró que la I y S del mildiu estuvo asociada positivamente con la suma de las desviaciones de la temperatura por debajo del promedio y con el número de hojas enfermas por planta. El análisis considerando los datos de todos los tratamientos permitió detectar las correlaciones significativas con más sensibilidad. Es notable que las significan-

cias obtenidas al analizar separadamente cada tratamiento se mantuvieron o se volvieron altamente significativas al incluir los datos de todos los tratamientos (correlación general). Se obtuvieron algunos resultados esperados para este tipo de enfermedades, como por ejemplo en el caso de las desviaciones de la temperatura y la humedad. Se encontró que la incidencia de la enfermedad estuvo asociada negativamente con la temperatura promedio diaria y con las desviaciones de la temperatura por encima de la media y positivamente con las desviaciones por debajo de la temperatura media ($r = 0,43^{**}$), lo cual sugiere que existe una tendencia de la enfermedad a proliferar en ambiente no muy cálido. La humedad relativa diaria y las desviaciones de ésta por encima del promedio estuvieron negativamente asociadas, es decir, en las condiciones en que se desarrolló el cultivo, la enfermedad se vio favorecida con una alta significancia por la humedad relativa baja, situación que es muy frecuente en enfermedades causados por el género Oidium (76); aunque existen excepciones (62). Estos datos están fundamentados por las correlaciones, también negativas, de I y S con la precipitación promedio por día y con los días con lluvia ≥ 5 mm, dejando pocas dudas acerca de las condiciones que favorecieron el desarrollo de la enfermedad. La correlación negativa altamente significativa de las hojas promedio por planta con la I y S puede deberse a que el aumentar el número

de hojas, la humedad relativa en la parte inferior sube a niveles inapropiados para el patógeno. Se observó durante los muestreos que el mildiu se restringía a atacar las hojas inferiores, adultas y muy rara vez se encontró en hojas muy jóvenes, a excepción de las plantas con altos porcentajes de mildiu en las asociaciones Y + M y Y + M + F. En estas asociaciones, parece ser que incide otro factor no registrado, el cual puede ser la luz.

La succión del agua del suelo dio correlaciones positivas significativas con NHE, en los sistemas de Y y Y + F.

Los resultados restantes no permiten interpretación alguna ya que no se definen en ningún sentido (positivo o significativo).

El grado de asociación (desde monocultivo a Y + M + F), no estuvo correlacionado con el ataque de mildiu, lo que indica que esta enfermedad no sigue ninguna tendencia con los sistemas probados. Este es un resultado producto de los datos de todo el año agrícola, así que no puede desestimarse la posibilidad de que en la parte inicial de la epidemia exista significancia.

Las correlaciones más altas fueron las de la I con la S, con valores desde 0,89** en el sistema de Y y todos los datos, hasta 0,96** en Y + M. Las hojas enfermas por planta correlacionaron positivamente con la I y S (desde 0,65* y 0,36

en Y + F hasta 0,92** y 0,80** en Y respectivamente, (Cuadro A-1).

Del análisis de correlación del mildiu polvoriento de la yuca podría resumirse que, en las condiciones en que se desarrolló el cultivo, el progreso de la epidemia estuvo asociada positivamente con las desviaciones de temperatura por debajo de la media. En cambio los factores climáticos que producen más humedad (en sus varias formas: lluvia, humedad relativa) coincidieron con la disminución de la epidemia en una forma no debida al azar.

4.2.2 Roña (Sphaceloma sp.)

La roña se presentó en su máxima intensidad en la época seca (marzo), iniciándose a mediados de diciembre y finalizando la curva de la epidemia hasta el fin del ciclo del cultivo. Los síntomas más con pícuos y frecuentes se observan en las hojas jóvenes, al contrario del mildiu que ataca con más frecuencia en las hojas adultas del tercio inferior de la planta.

Las variables más altamente correlacionadas con la roña (Cuadro A-2) fueron la edad de la planta, el número de hojas enfermas (NHE) por planta y con la I. Con la S no hubo significación estadística en ninguno de los sistemas. La temperatura promedio diaria y las desviaciones de la temperatura por sobre la media fueron alta y consistentemente correlacio-

nadas con las 3 variables que corresponden a la enfermedad (NHE, I y S), en forma positiva. La edad estuvo asociada significativamente con NHE e I, siendo siempre la correlación positiva pero no con S. Igual situación se observó con el número de hojas promedio, lo cual corrobora el resultado ya que, a más edad, mayor número de hojas por planta y en ambos casos, más hojas enfermas y mayor I. La severidad no estuvo asociada a estas variables debido a que probablemente tiene requisitos distintos para aumentar. Es decir que la I y NHE estuvieron vinculadas al crecimiento (edad) y número de hojas de la yuca pero el aumento en área foliar enferma estuvo en poco o nada asociada a esas variables. La asociación de la yuca cultivada con camote, frijol y/o maíz no presentó ninguna significancia. La I y S generaron coeficientes de 0.62* (Y + C) a 0,75** (Y), los cuales son más bajos que los obtenidos con el mildiu polvoriento.

4.2.3 Roya (Uromyces manihotis henn.)

Esta enfermedad se desarrolló en forma acentuada en el tercio inferior del follaje, disminuyendo su incidencia y severidad hacia el ápice del tallo. Los factores básicos del clima que según Chester (17) inciden en el desarrollo de las royas, estuvieron muy correlacionadas con el ataque de U. manihotis. Factores, como lluvia, humedad relativa y temperatura, expresados en diversas formas en el análisis, se compor-

taron homogéneamente en todos los tratamientos, indicando poca modificación del clima o susceptibilidad de la hospedera por efecto del multicultivo. La edad, lluvia acumulada, lluvia promedio diaria y la humedad relativa promedio, correlacionaron positiva y significativamente con la S, pero no con I (Cuadro A-3). Estos resultados concuerdan bien con los de otras enfermedades causadas por el mismo género (79) y con los de la misma especie (50). La no correlación con la incidencia se debe a que el número de hojas enfermas no aumenta con períodos lluviosos por la baja diseminación de las esporas de roya en períodos húmedos (34). La correlación positiva de la edad, lluvia acumulada, lluvia promedio diaria y humedad relativa promedio con la severidad, probablemente se deba a que, en condiciones de mucha lluvia y humedad relativa, la roya se disemina más dentro de cada hoja ya infectada que entre hojas. La S correlacionó significativamente con las desviaciones de la temperatura por debajo de la media ($r = 0,58^{**}$) y por encima de la media ($r = -0,49^{**}$). Estos datos son similares a los reportados de Colombia en que la roya se desarrolla mejor en zonas más bien frías (50, 51) pero no concuerdan con los informes de Brasil (56). Los días con lluvia, por las razones expuestas antes, correlacionaron bien con la S pero no con la I, a excepción del sistema Y + M y Y + M + F. La correlación entre I y S fue baja ($r = 0,28^{**}$) aunque significativa. El grado de asociación de

los cultivos no correlacionó con I ni S.

4.2.4 Mancha Parda (C. henningsii)

En esta enfermedad únicamente se reportan datos correspondientes a los tratamientos Y, Y + C y Y + M + F porque los tratamientos Y + M y Y + F se cosecharon antes (fig. 1). Esto no permitió obtener los datos necesarios para el análisis de correlación. La enfermedad se inició más tarde que las anteriores (mayo) dejando poco tiempo para su muestreo. El resto de tratamientos se cosecharon la primer semana de noviembre y ninguno de los factores analizados estuvo asociado con la I y número de manchas por lóbulo (M). La I con M dio como coeficiente de correlación 0,76**, siendo ésta significancia constante para Y ($r = 0,89^{**}$) y Y + M + F ($r = 0,91^{**}$, Cuadro A-4). Estos resultados pueden interpretarse como que no se presentaron las condiciones más favorables para el desarrollo del patógeno.

4.2.5 Muerte Descendente

La muerte descendente se presentó en los últimos meses del ciclo del cultivo (agosto - octubre), comenzando el ataque en forma visible a fines de agosto. Como todas las enfermedades de este tipo, comienza por los puntos apicales y desciende hacia la base de las ramillas, deteniendo a veces su avance en la base de éstas si es madera bien formada. Sin embargo cuando las ramillas aún están verdes, la enfermedad continúa

avanzando. Las variables que se consideraron estimaban mejor el grado de daño de la enfermedad dieron una buena apreciación con excelente consistencia (Cuadro A-6). El porcentaje de plantas afectadas (PA), los puntos susceptibles afectados (PSA) y la intensidad de daño (ID) probaron estar altamente correlacionados, arrojando coeficientes positivos de significancia hasta de 0.1 por ciento de probabilidad en la relación de plantas afectadas con puntos susceptibles afectados, intensidad de daño igual que con el número de tallos principales por planta, que dio un r de $-0,57^{***}$ con puntos susceptibles. Esta última está negativamente asociada con puntos susceptibles afectados ($r = -0,65^{***}$) y con plantas afectadas ($r = -0,65^{***}$). Es decir, a más tallos por planta menos puntos susceptibles, más plantas afectadas y más intensidad de daño. Estos resultados se ven reforzados por las correlaciones negativas del número de puntos susceptibles con plantas afectadas, puntos susceptibles afectados e intensidad de daño ($-0,65^{***}$, $-0,62^{***}$ y $-0,38^{***}$) respectivamente.

Los menores daños por muerte descendente se registraron en los sistemas de cultivo asociado (más especies en el sistema, menos enfermedad). La asociación de yuca con camote, maíz y frijol fue beneficiosa para la yuca, ya que la muerte descendente disminuyó (la correlación de asociación de cultivos - intensidad de daño dio $-0,93^{***}$). Es decir que a más espe-

cies o más presión de uso del suelo se produjeron menos ramillas muertas.

En cuanto al nivel de manejo, hubo menos plantas afectadas en el nivel de manejo bajo ($r = -0,64^{***}$) pero más intensidad de daño al aumentar la fertilización y deshierbos. Es decir, que con manejo más intensivo la enfermedad también se vuelve más dañina en las plantas que ataque, aunque el número de éstas tiende a descender.

Como se esperaba, hubo más intensidad de daño y más puntos susceptibles afectados al aumentar la edad de la planta ($r = 0,78^{***}$ y $r = 0,56^{***}$ respectivamente).

De los factores climáticos, la lluvia acumulada y la lluvia promedio por día fluctuaron en forma asociada con los puntos susceptibles afectados ($-0,99^{***}$ y $-0,22^*$) y con intensidad de daño ($-0,90^{***}$ y $-0,50^{***}$), siendo evidentemente más importante la lluvia acumulada. Las desviaciones de la temperatura por debajo de la media produjo correlaciones positivas significativas pero algo bajas ($r = 0,24^*$), por lo que el dato no es muy confiable.

4.3 El progreso de las epidemias en los sistemas de cultivo

El mildiu y la roña fueron las enfermedades que primero se presentaron en los diferentes sistemas de cultivo. Dichas enfermedades se desarrollaron en forma similar pero con

severidad distinta. La finalización de ambas epidemias no coincidió. El mildiu dejó de ser detectable en el muestreo número 11, aproximadamente a los 9 meses de edad pudiéndose detectar únicamente hasta el mes de agosto en todos los sistemas. El resto de enfermedades no alcanzó niveles muy altos de severidad, aunque sí de incidencia.

4.3.1 Yuca en monocultivo

4.3.1.1 Mildiu (O. manihotis)

El mildiu tuvo un crecimiento acelerado al inicio de su ataque, alcanzando entre los 60 a 70 días de edad de la planta su Smax que arrojó un valor de 17,65 por ciento (Cuadro 3) estadísticamente igual al de Y+C, Y+F y Y+M+F. La tasa de infección para este sistema fue de 0,46 unidades/semana (Cuadro 2). Luego de llegar a su Smax la enfermedad redujo su S rápidamente (fig. 5). Ni la I ni el número de hojas enfermas/planta (NHE) tuvo este descenso pronunciado. El NHE por el contrario continuó aumentando aunque muy ligeramente de 10,85 a 11,1 y 11,0 hojas en marzo y abril, manteniéndose sin bajar de 9,5 hojas hasta mayo; en junio disminuyó a 4,7, precisamente en el mes de más cantidad de lluvia durante el período experimental. La Imax se registró en el mismo período que de la Smax; con 43,7 por ciento no tuvo un descenso tan pronunciado con la S; su evolución se asemejó más a la seguida por las hojas enfermas por planta. Su disminución luego del Imax se produjo

Cuadro 2. Tasas de infección del mildiu (Oidium manihotis) en los sistemas de cultivo de la yuca

<u>Sistema</u>	Tasa de infección <u>1/</u>
Y	0,066
Y + C	0,055
Y + M	0,071
Y + N	0,038
Y + M + F	0.071

1/ Por unidades por día

Cuadro 3. Valores de la excentricidad de las curvas de severidad en el tiempo de mildiu (Oidium manihotis) y roña (Sphaceloma sp.) en los sistemas de cultivo (en días)

<u>Sistema</u>	<u>Mildiu</u>	<u>Roña</u>
Y	184	240
Y + C	158	246
Y + M	130	183
Y + F	200	213
Y + M + F	200	225
General <u>1/</u>	175	250

1/ Considerando los datos de todos los sistemas

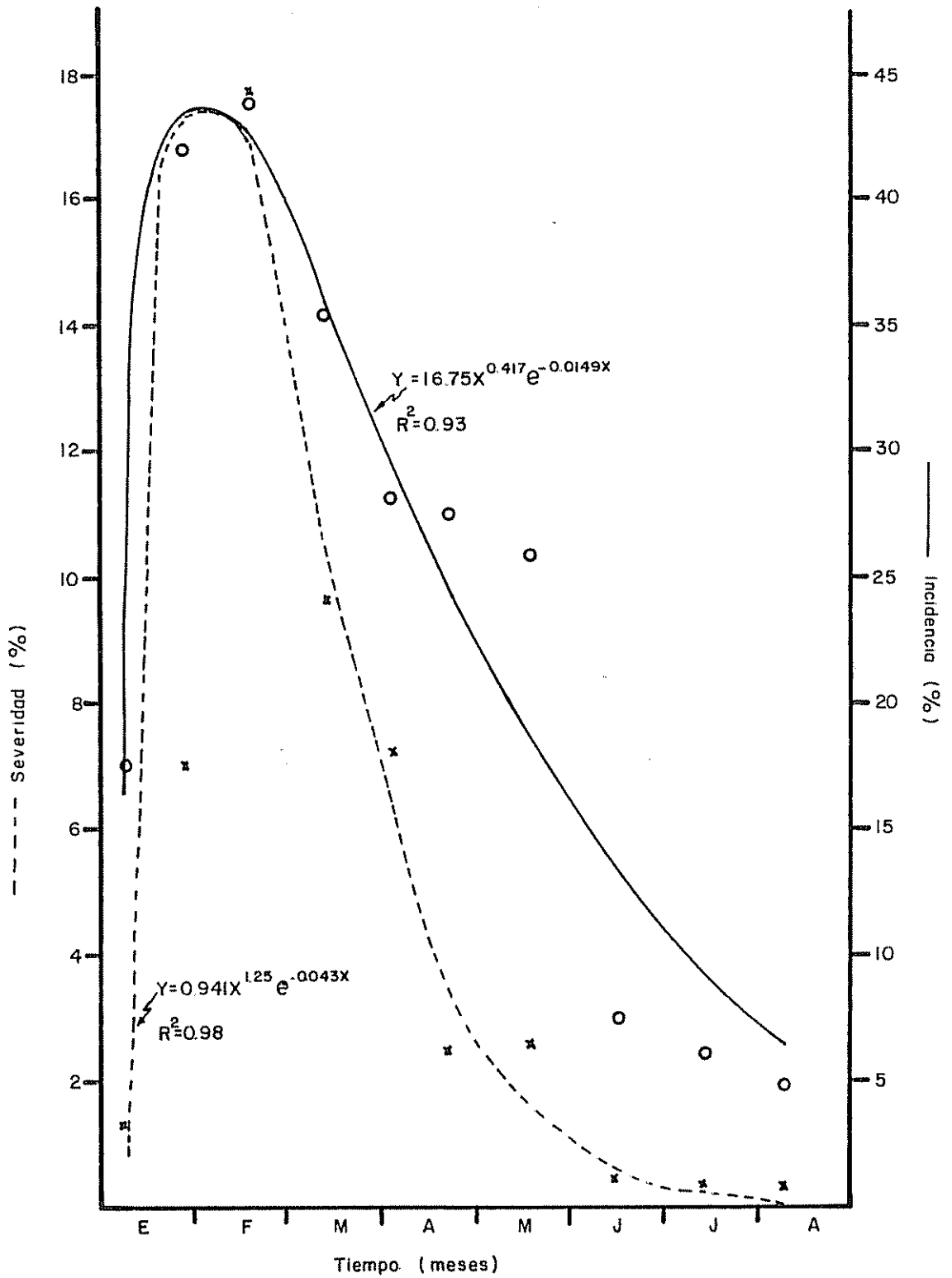


Fig 5 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (*Oidium manihotis*) en yuca (*Manihot esculenta*) cultivada en un sistema de monocultivo

más bien como consecuencia del aumento de hojas totales por planta que como consecuencia de la reducción en el número de hojas enfermas, hasta el mes de mayo en que empezó a dar muestras de declinación.

De las funciones probadas para ajustar el progreso de la enfermedad en Y, la función gama fue la que dio mejor representación de la S e I en el tiempo (fig. 5). Los ajustes logrados fueron 98 por ciento para S y de 93 por ciento para I en el tiempo. La excentricidad tuvo un valor de 184 días (Cuadro 3).

4.3.1.2 Roña (Sphaceloma sp)

La roña en Y tuvo una S_{max} de 7,29 por ciento a los 11 días de edad del cultivo, con una I correspondiente a la misma fecha de 32,5 por ciento. La I_{max} se observó a los 157 días de edad del cultivo, con un valor de 37,8 (fig. 6). En esta enfermedad, el número de hojas afectadas por planta se mantuvo a partir de los 93 días entre los valores 6,7 y 6,6 (último muestreo) con el máximo de 15,3 hojas afectadas/planta a los 185 días de edad. Es probable entonces que el número total de hojas por planta al aumentar en este tratamiento más que en cualquier otro, atenuó los valores de la I y en menor grado los de la S, lo que indica además que la enfermedad estuvo siempre reinfectando la planta con alguna independencia del clima. Esto lo ilustra mejor el valor de la excentricidad

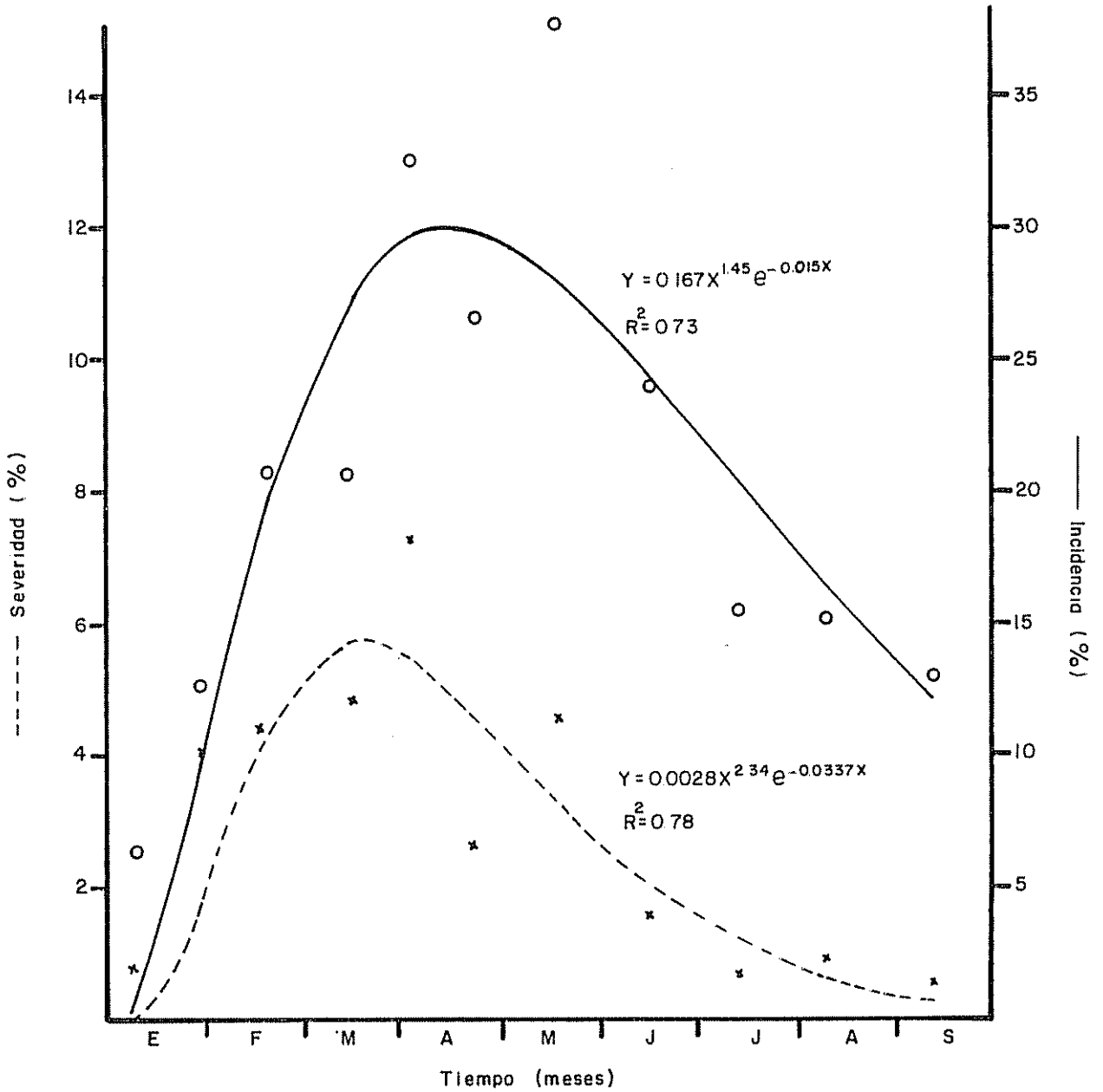


Fig. 6 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (*Sphaceloma* sp) en yuca (*Manihot esculenta*) cultivada en un sistema de monocultivo

obtenido en la ecuación de regresión que fue de 246 días, valor más alto que el obtenido en mildiu.

Del análisis estadístico, prueba de Duncan y diferencia de medias (Cuadro 4 y 5) se desprende que no hubo diferencias significativas para las Smax de roña.

El progreso de la roña en el tiempo se representa adecuadamente por la función gamma (fig. 6) tanto para la I como para la S. Los coeficientes de determinación, en su orden, fueron 73 y 78 por ciento. La excentricidad (en S) fue 240 días (Cuadro 3).

4.3.2 Yuca-camote

4.3.2.1 Mildiu (O. manihotis)

Con una Smax de 13,8 por ciento y una Imax de 39,45 por ciento desarrolladas en 48 días desde la emergencia de las plántulas, el mildiu en Y+C, no se diferenció estadísticamente de los sistemas Y y Y+F (Cuadro 5). La I y S marcharon en forma paralela (fig. 7) a través de toda la estación de crecimiento. Su duración fue de aproximadamente 240 días, (diciembre - agosto), período en que fue detectable. El mínimo de la I fue de 4,5 por ciento al final de la epidemia. El número de hojas enfermas por planta, tuvo una fluctuación similar, aunque el mayor número de hojas enfermas por planta no coincidió en su tiempo de lectura con la edad a que se encontraron la Imax y Smax ya que no fue sino hasta los 68 días que se determinó

Cuadro 4. Análisis de varianza de la severidad máxima (Smax) alcanzada por la roña de la yuca (Sphaceloma sp.) en cinco sistemas de cultivo

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	3	114,16	38,05	9,857*
Tratamientos	4	13,01	3,25	0,843 ^{N.S.}
Error	12	46,32	3,86	
Total	19	175,50		

Cuadro 5. Diferencias en severidad máxima (Smax) del mildiu (Oidium manihotis) y roña de la yuca (Sphaceloma sp.) en cinco sistemas de cultivo

Tratamiento	Mildiu ^{1/} (%)	Roña ^{2/} (%)	Diferencia (%)
Y	17,65 ^b	7,28	10,37
Y + C	12,50 ^b	6,52	5,98
Y + M	27,34 ^a	8,75	18,59
Y + F	10,20 ^b	7,06	3,14
Y + M + F	19,27 ^b ^{3/}	8,20	11,07

1/ Promedio de 4 repeticiones

Cifras con letras iguales no son diferentes al 5% de probabilidad

2/ No hubo diferencias significativas entre tratamientos

3/ Por prueba de "t" es diferente estadísticamente al resto de tratamientos e igual a Y + M.

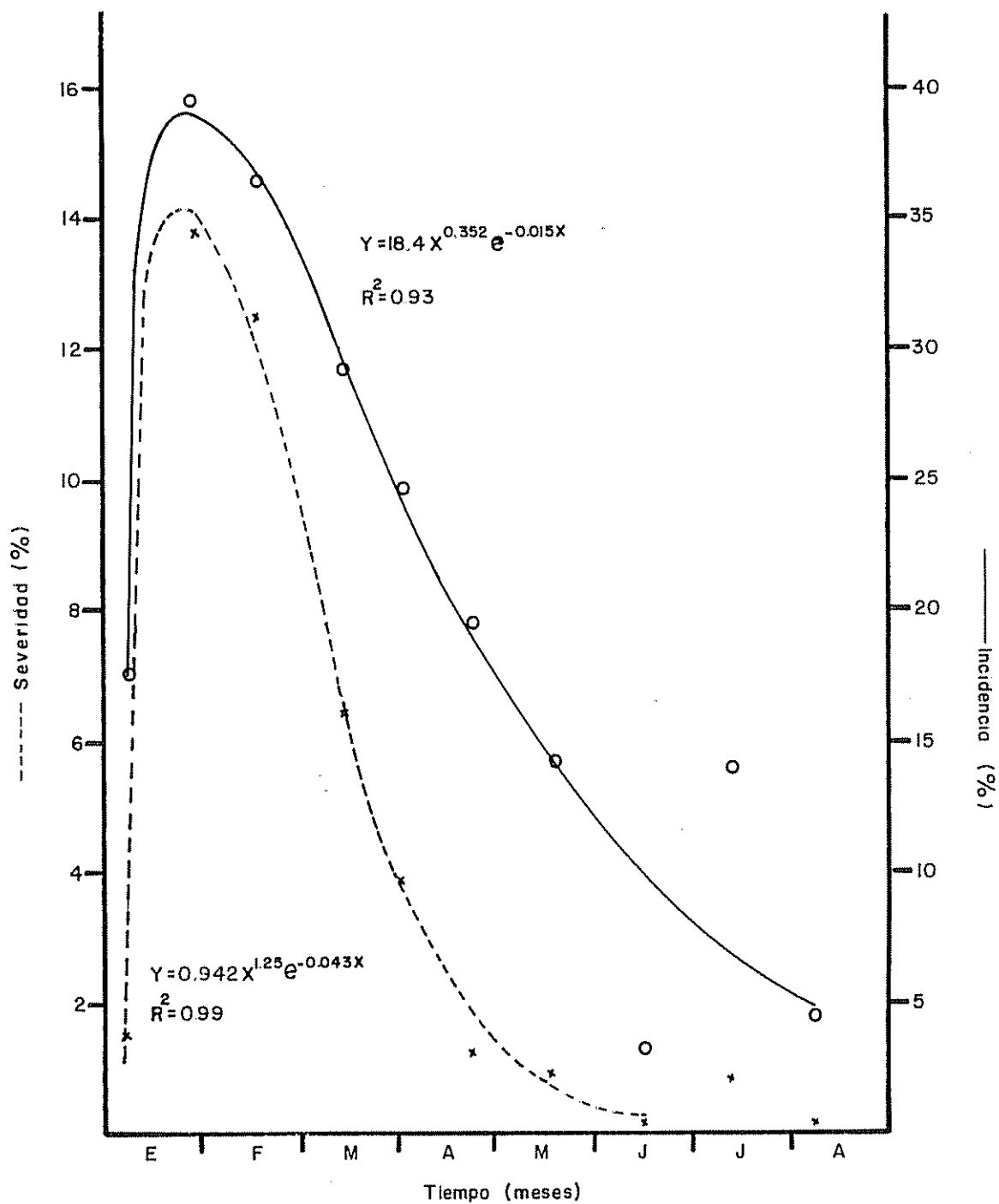


Fig. 7 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (Oidium manihotis) en yuca (Manihot esculenta) cultivada en asociación con camote

dicho valor. En cambio, la I_{max} y S_{max} se registraron a los 48 días proximadamente. El descenso más notable de la epidemia se efectuó entre los meses de mayo a junio.

El modelo que mejor se adaptó al desarrollo de la enfermedad en el tiempo fue la función gamma, tanto para S como para I . La bondad de sus ajustes fue de 99 y 92 por ciento respectivamente que son de los mejores logrados en el experimento, (fig. 7). La excentricidad de la curva de S en el tiempo fue 158 días (Cuadro 3).

4.3.2.2 Roña

En el sistema Y+C, la roña tuvo un valor S_{max} más bajo, 6,5 por ciento (fig. 8), y también la menor I_{max} , 26,9 por ciento. Estos valores se registraron en fechas muy distintas: la S_{max} se determinó a los 111 días; la I_{max} a los 157 días de edad del cultivo. El registro de número de hojas enfermas por planta, a partir de los 111 días nunca fue menor de 5,2 hojas enfermas/planta (excluyendo el dato de muestreo del mes de mayo). Si se considera que la S_{max} se logró cuando la planta tenía un promedio de 6 hojas (hojas sanas más hojas-enfermas), se verá que la S fue disminuyendo con el tiempo (después del S_{max}), debido más bien al aumento en el número de hojas por plantas que debido a la ausencia del patógeno o de nuevas lesiones. Así, el mayor número de hojas enfermas promedio por planta fue de 6,3 a los 213 días de edad del cultivo. Esto corresponde

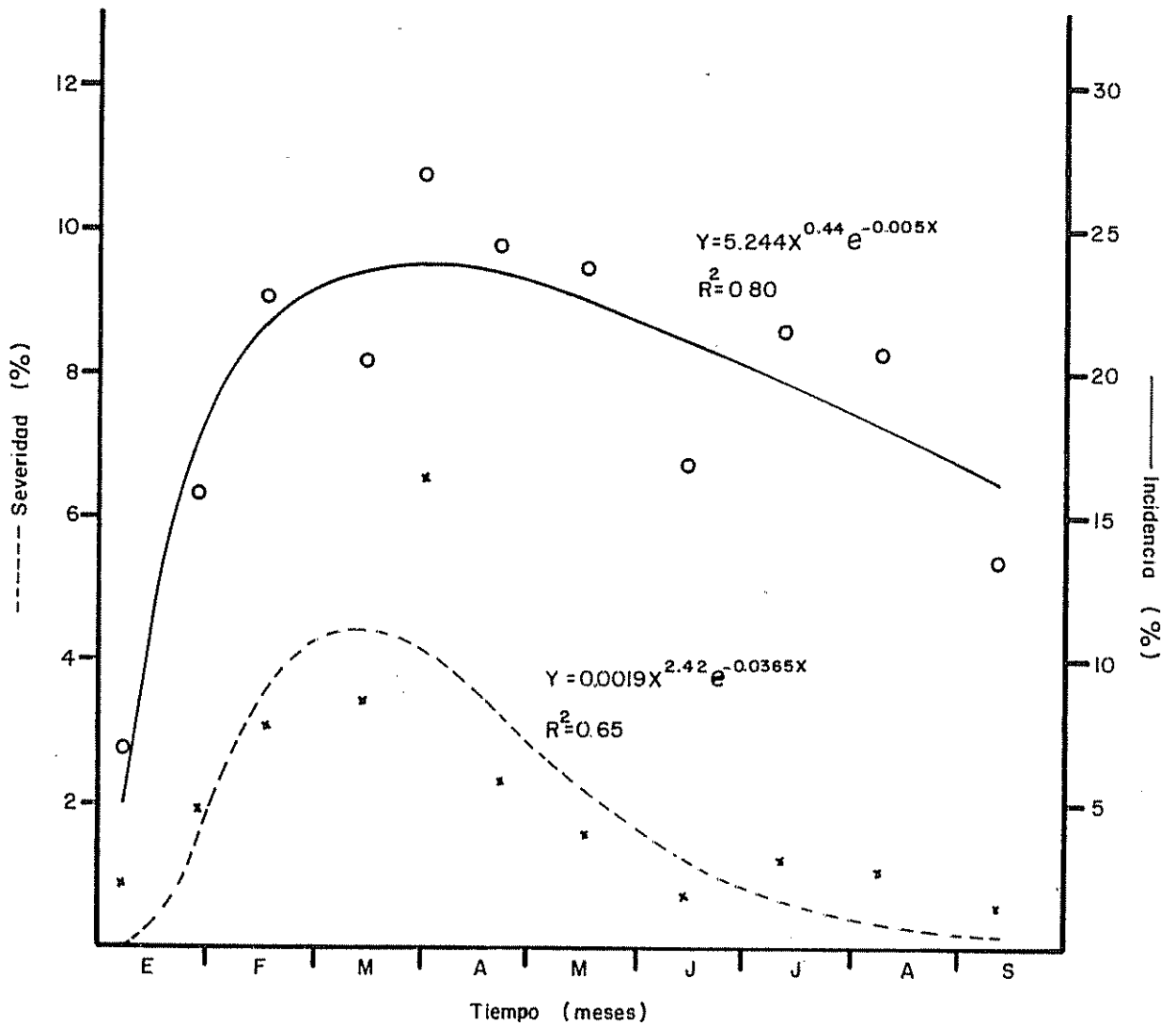


Fig. 8 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña Sphaceloma sp en yuca cultivada en asociación con camote

al mes de julio en lo cual se registró la mayor precipitación en el período experimental, sin incluir a setiembre (fig. 4).

El modelo que mejor se ajustó al fenómeno fue el modelo gamma, que dio un coeficiente de determinación de 79 por ciento para la I y de 64,7 por ciento para la S. La excentricidad dio un valor de 246 días (Cuadro 3).

4.3.3 Yuca-maíz

4.3.3.1 Mildiu

En el sistema Y+M se alcanzó una S_{max} de 27,3 por ciento que fue la más alta de todos los tratamientos y resultó significativamente diferente de los tratamientos Y, Y+C y Y+F es decir los que no incluían maíz (Cuadros 3 y 4). La máxima incidencia fue de 54,32 por ciento, que también es la mayor de los 5 sistemas, se presentó a los 68 días de edad del cultivo y tuvo un valor de 54,3 por ciento (fig. 9). Tanto S como I desarrollaron sus máximos valores a los 68 días, sin que hubiese repeticiones que tuvieran sus máximos en otra edad. En términos absolutos, el número mayor de hojas enfermas por planta (9,21 hojas) se alcanzó a los 48 días de edad del cultivo. En esta asociación el número total de hojas por planta se vio severamente reducido por efecto de varios factores; entre otros alta competencia entre el maíz y la yuca, la sequía, el ataque de mildiu y poca luminosidad disponible para la yuca que se vio superada por el crecimiento más rápido del maíz. Entre los

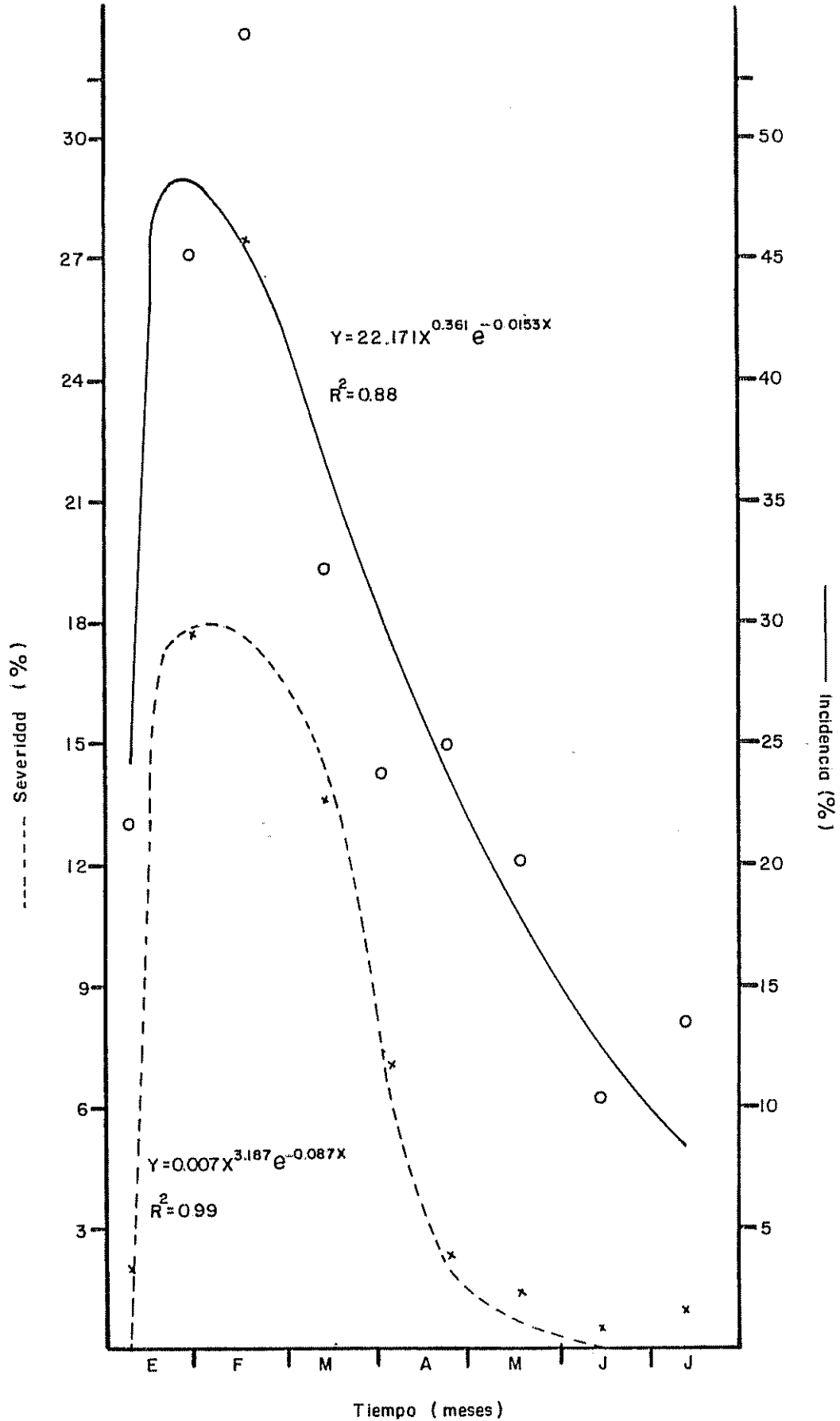


Fig.9 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de (Oidium manihotis) en yuca cultivada en asociación con maíz

48-68 días, la yuca disminuyó el número de hojas por planta de 20,15 a 15,98. Por lo tanto, los valores I y S se aumentaron indirectamente.

El progreso de esta enfermedad se ajustó bien al modelo gamma, tanto en su incidencia como su severidad (fig. 9). Los ajustes fueron, respectivamente, de 88,4 y 98,7 por ciento lo cual no deja dudas acerca de su bondad. La regresión de la severidad con el tiempo dio una excentricidad de 130 días (Cuadro 3).

4.3.3.2 Roña

Los puntos máximos de severidad e incidencia para esta enfermedad se registraron a los 111 y 157 días de edad del cultivo, respectivamente, con porcentaje de 8,75 para S y 40,38 para I en promedio (fig. 10). Ambos valores son los más altos dentro de los sistemas probados. La variabilidad de esta enfermedad en la asociación YM fue notable en cuanto a valores máximos se refiere. Los Imax se presentaron a los 111 a 133 días. Tal como se observa en la fig. 10, la Roña mantuvo una I no menor de 20 por ciento desde el día 111 hasta la cosecha (213 días), lo que indica que el patógeno continuó infectando nuevas hojas, no importando los cambios de clima o de otro tipo. En cambio la severidad generó una curva unimodal típica (fig. 10) con su máximo perfectamente definido y sus

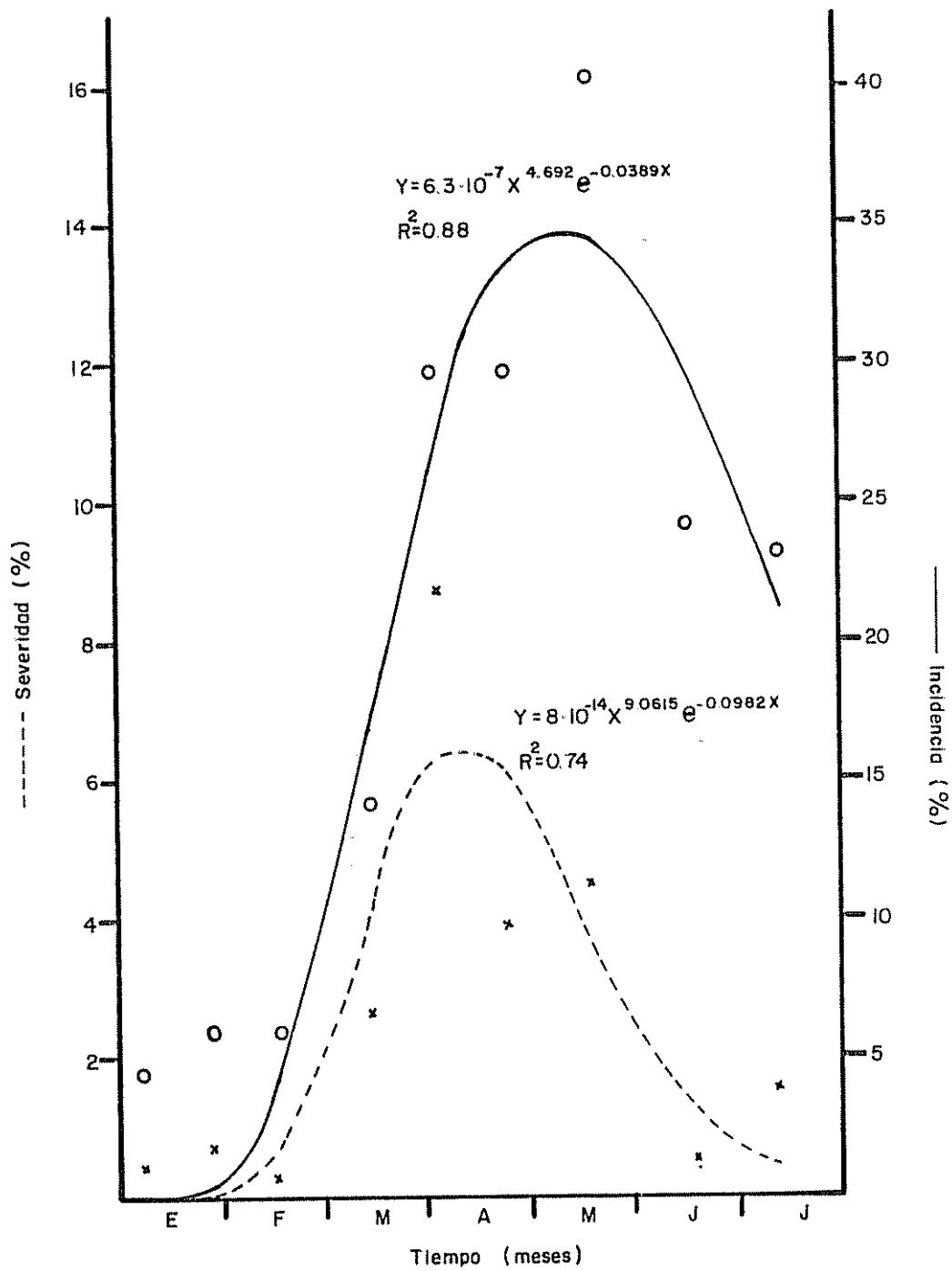


Fig. 10 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (*Sphaceloma* sp.) en yuca (*Manihot esculenta*) cultivada en asociación con maíz

puntos mínimos tendiendo a ser asintóticos al eje del tiempo. El punto de Smax se alcanzó a los 15 días de la deshoja y dobla del maíz. En vista de esto, se calcularon los valores de la tasa de infección hasta el muestreo previo a la dobla del maíz y hasta el muestreo posterior para determinar la magnitud del cambio sufrido (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasas de infección logarítmica (r_l) de la roña de yuca (Sphaceloma sp.) antes y después de la dobla del maíz asociado.

Sistema	ra_l	rd_l
Yuca	0,027	0,026
Y + M	0,027	0,035
Y + M + F	0,041	0,048

l / ra: tasa de infección inicial; desde el primer muestreo hasta el muestreo previo a la dobla del maíz.

rd: tasa de infección final; desde el último muestreo previo a la dobla del maíz hasta el primer muestreo luego de la dobla de maíz.

Los resultados muestran la diferencia existente

entre los períodos mencionados, con incrementos positivos para la Y asociada con maíz y decrementos para la yuca en monocultivo, aunque este decremento es pequeño y prácticamente se puede considerar que la tasa se mantuvo igual. Como el único factor alterado en los 3 sistemas era el maíz asociado a 2 de ellos, podría atribuirsele algún tipo de relación entre ambos fenómenos. Este hecho tuvo gran significado en el desarrollo de la roña en los sistemas de cultivo, ya que la dobla y cosecha del maíz aparentemente eliminó, o al menos disminuyó, el efecto protector que el maíz había estado ejerciendo sobre la yuca en relación al ataque de roña. La lectura de S previos a la dobla, fueron más bajos con respecto a los del resto (fig. 10). Las curvas de progreso de S o I se ajustaron bien a la función gamma (fig. 10) con un 73,7 y 88,4 por ciento, en su orden, explicado por dicha regresión. La excentricidad de la curva esperada de S en el tiempo fue de 183 días (Cuadro 3).

4.3.4 Yuca-frijol

4.3.4.1 Mildiu

En la asociación YF el mildiu se inició, al igual que en el resto de tratamientos, al comienzo del crecimiento (20-30 días de la emergencia aproximadamente) y concluyó hasta el momento de la cosecha (agosto). La $S_{mín}$ registrada fue de 0,89 por ciento con una S_{max} de 10,2 por ciento en el mes de febrero, a los 65-75 días de edad de la planta aproximadamente

(fig. 11). En esta misma edad se tuvo la I_{max} (59,45 por ciento). Los valores de la asociación $Y+F$ y $Y+C$ son muy similares (Cuadro 5) y estadísticamente no se registraron diferencias entre ellos. Esto es de esperar, si se considera que $Y+C$ y $Y+F$ son tipos de asociación fisiológicamente muy similares al monocultivo; en ellos la Y actúa como cultivo dominante y el frijol y el camote como cultivos dominados. La evolución de la I y S en el tiempo fueron muy paralelas (fig. 11). El número de hojas enfermas máximo por planta alcanzó a 9,9 en el mes de abril, a los 130-140 días de edad del cultivo, unos 70 días después de obtenerse la S_{max} y la I_{max} .

El modelo gamma se ajustó muy bien a los progresos de la enfermedad, tanto en I como en S , con coeficientes de determinación de 83,5 y 90,1 por ciento. La excentricidad de la curva de S fue de 200 días, aproximadamente (Cuadro 3).

4.3.4.2 Roña (Sphaceloma sp.)

Al igual que el mildiu, esta enfermedad estuvo presente en el cultivo durante todo su ciclo. La S_{max} se registró entre los 105-115 días de la emergencia. El valor de S_{max} alcanzado fue de 7,06 por ciento, con un mínimo de 0,62 por ciento al inicio del ciclo, sin diferencias estadísticamente válidas con el resto de tratamientos (Cuadro 4 y 5). La I_{max} se alcanzó a los 155-165 días de edad (fig. 12), con 34,87 por ciento, al comienzo de la época más lluviosa. El desarrollo

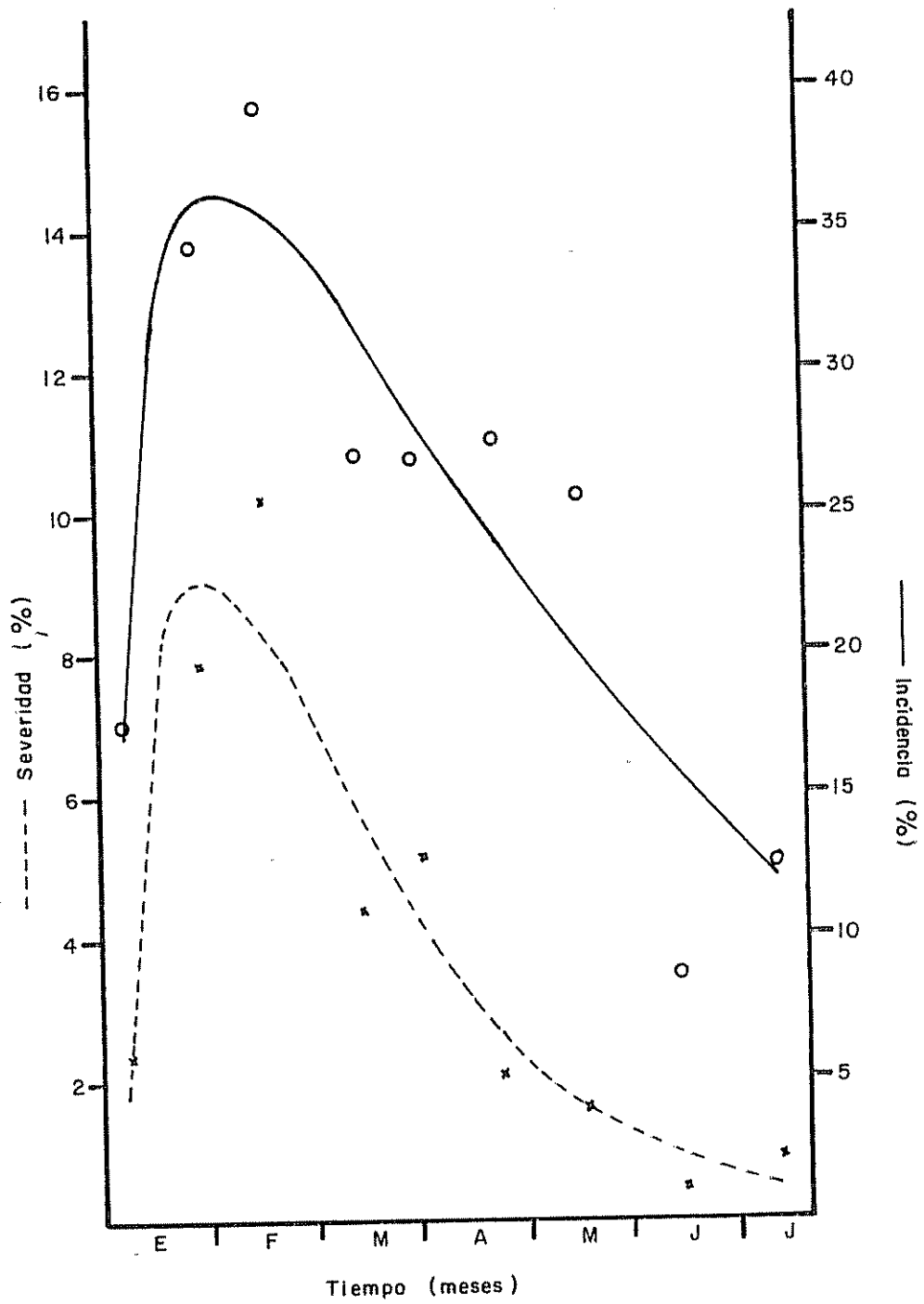


Fig. II Severidad e incidencia de mildiu (*Oidium manihotis*) en el tiempo (meses) en yuca cultivada en asociación con frijol

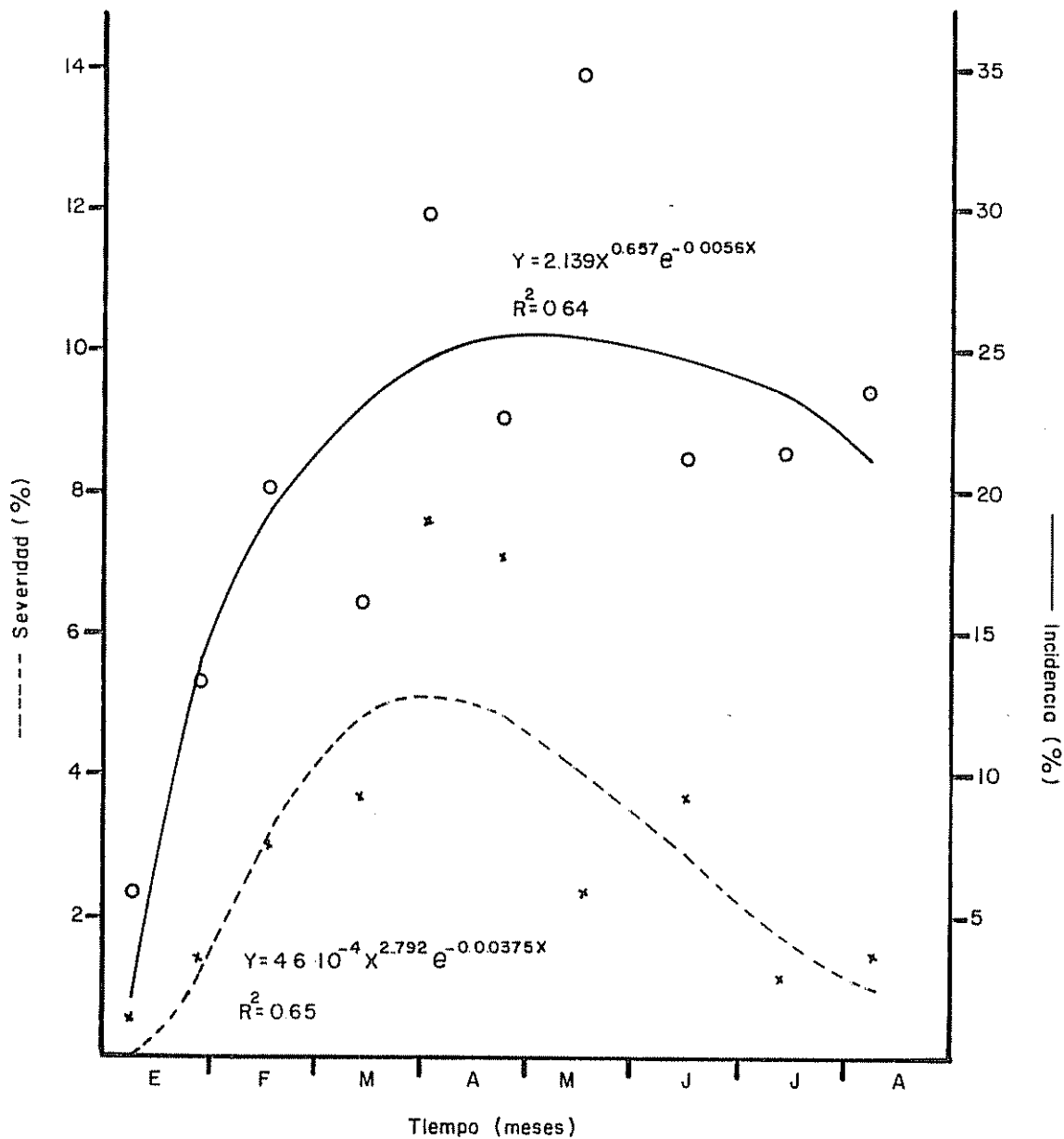


Fig.12 Severidad e incidencia de roña (Sphaceloma sp) en yuca (Manihot esculenta) en el tiempo (meses) cultivada en asociación con frijol

de la enfermedad fue algo irregular debido a una elevación de la S al inicio del período más lluvioso (mayo). Puede afirmarse que la similitud con otros sistemas en cuanto a la "forma" o modelo epidémico se debe a que el frijol no afectó a la enfermedad; ya que es un cultivo de rápido desarrollo y ciclo muy corto, comparado con yuca que tiene un ciclo de 9 - 12 meses. El número de hojas enfermas tuvo su valor máximo también al inicio del período lluvioso (mayo), resultando en 12,45 hojas enfermas por planta. A fines de julio, había disminuido a 9,28 hojas, es decir, una leve reducción que produjo una I para el mismo período de 21,28 por ciento y una S de 11,47 por ciento. A partir de la I_{max} y la S_{max}, la I nunca fue menor de 21 por ciento hasta llegar a la cosecha (agosto).

De las funciones probadas, la que mejor ajustó fue la gamma con coeficientes de regresión de 64,4 por ciento para la I y 64,8 por ciento para la S y una excentricidad de 213 días (Cuadro 3).

4.3.5 Yuca-maíz-frijol

4.3.5.1 Mildiu

El mildiu inició su ataque a los 15 - 25 días de edad del cultivo. Afectó a la yuca hasta los 230 días de edad de la planta. En este tratamiento, la S_{max} fue de 19,27 por ciento, valor más alto después del de Y+M entre los cuales no hubo diferencias significativas (Cuadro 4). La S_{mín} detectada

fue de 0,33 por ciento en el mes de agosto (fig. 13). A los 65 - 75 días de edad, se observó la S_{max} , la I_{max} (15,25 por ciento) y el número más alto de hojas enfermas por planta. A partir de este punto, la I y S fueron descendiendo, no así el número de hojas enfermas por planta que estuvo fluctuando entre 4,7 y 7,7 hasta el mes de agosto en que bajó a 1,92. En este sistema, las plántulas sufrieron más por la sequía debido al mayor número de plantas (63) por unidad de área, lo que hacía la competencia por agua más crítica. Por ésta y otras razones, el número total de hojas se redujo de 16,5 a los 48 días de edad a sólo 15,1 a los 68 días. Otra de las razones fue el efecto mismo de la enfermedad, la menor radiación por el efecto de la sombra del maíz y la competencia por nutrimentos entre los 3 cultivos.

La función gamma se adaptó muy bien al fenómeno con coeficientes de determinación de 79,4 por ciento para S y de 90,4 por ciento para I . La excentricidad obtenida en la ecuación de S fue de 200 días (Cuadro 3).

4.3.5.2 Roña

Esta enfermedad mantuvo un patrón similar al obtenido para $Y+M$, como se puede observar en los coeficientes de la función ajustada (fig. 14). La enfermedad se inició a fines de diciembre, concluyendo hasta la cosecha. La S_{max} se alcanzó a los 105 - 115 días, arrojando un valor de 8,2 por ciento,

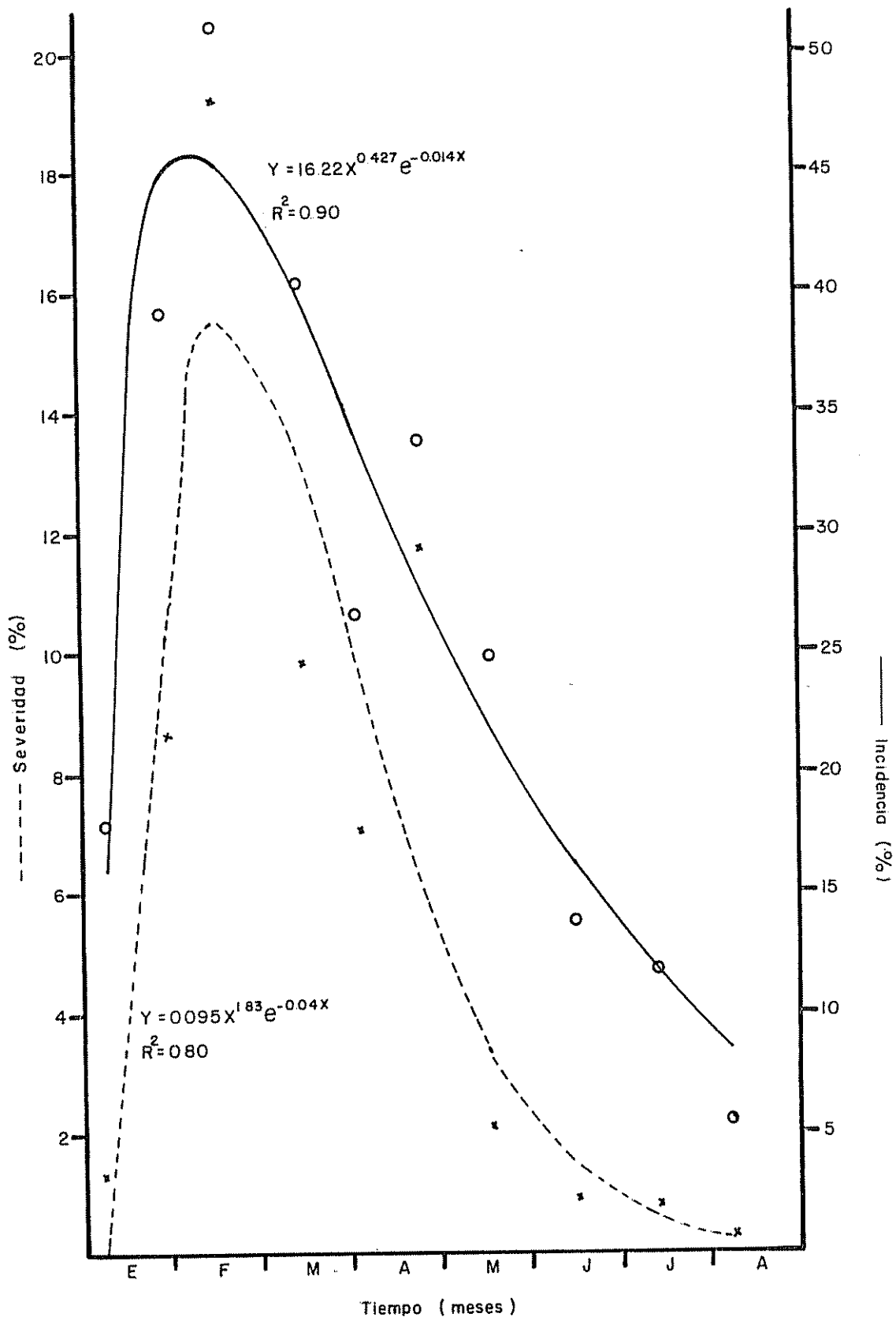


Fig 13 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de mildiu (Oidium manihotis en yuca (Manihot esculenta) cultivada en la asociación Y+M+F

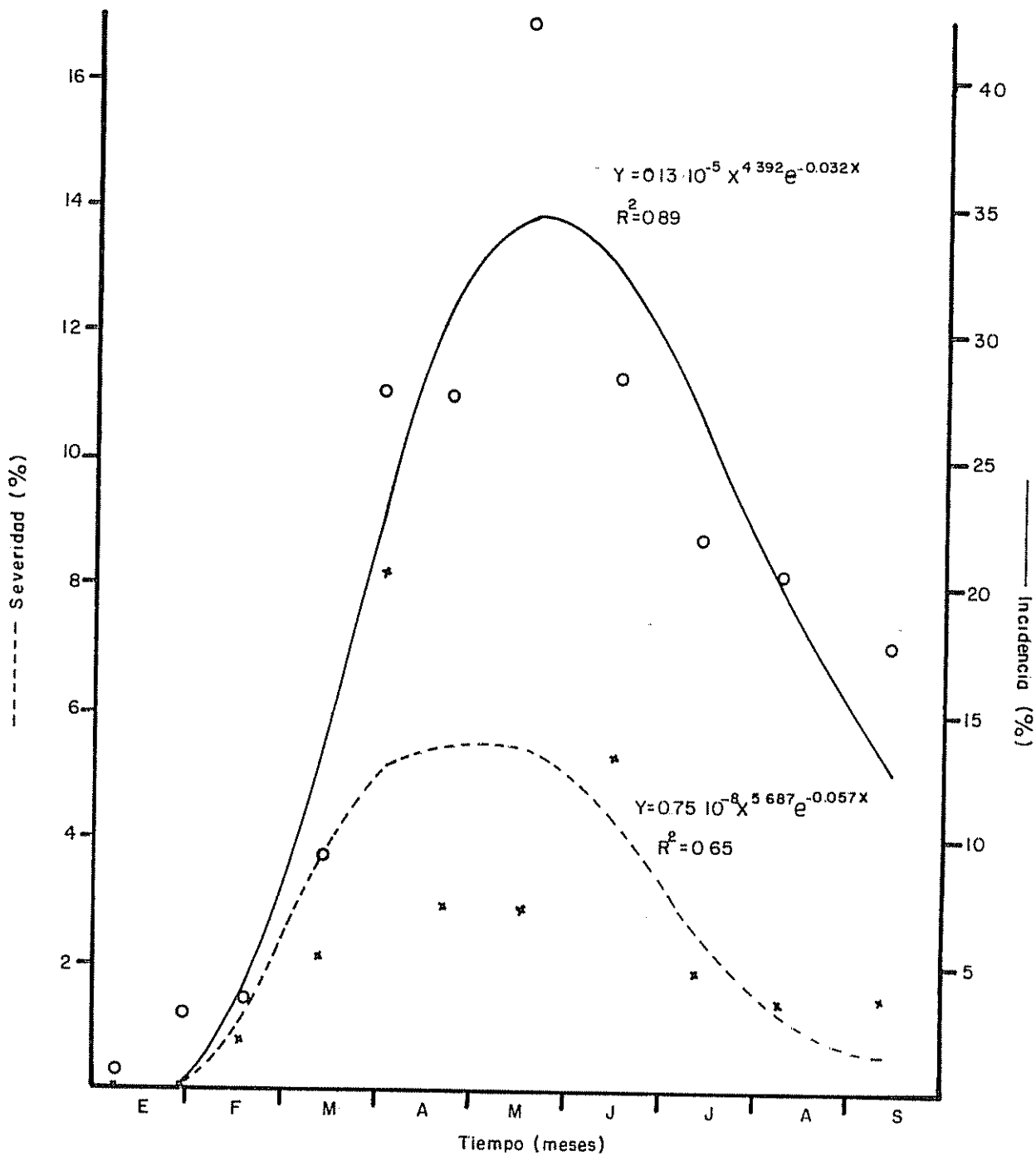


Fig. 14 Severidad e incidencia en el tiempo (meses) de roña (*Sphaceloma* sp.) en yuca (*Manihot esculenta*) cultivada en la asociación Y+M+F

que junto con el de la roña en Y+M son los más altos en los 5 sistemas probados. Tal como se detalló antes, el doblamiento del maíz estuvo asociada estrechamente con el desarrollo posterior de la enfermedad (Cuadro 7). La I_{max} se observó a los 155 - 165 días (mayo) con 42,25 por ciento, con un mínimo observado de 0,97 a los 20 días de edad. El número máximo de hojas enfermas se tuvo a los 180 - 190 días, mucho más tarde que los máximos de S e I, coincidiendo siempre con la época más lluviosa.

La función de mejor ajuste fue la función gamma con coeficientes de 88,4 por ciento para I y de 64,9 por ciento para S. La excentricidad de esta última función de 225 días.

4.3.6 Otras enfermedades

4.3.6.1 Roya

Esta enfermedad presentó valores muy altos de I en todos los tratamientos (Cuadro 8 a 12), pero sus S_{max} no pasaron del 3 por ciento. El sistema de Y en monocultivo fue más afectado con 2,85 por ciento, en cambio el sistema Y+M+F fue menos afectado con un valor de 1,17 por ciento. Las estimaciones efectuadas en los estratos bajo, medio y alto demostraron que en la var. Valencia, el estrato bajo estima mejor la severidad general de la enfermedad. Esto fue corroborado por el análisis de correlación, en el cual se obtuvieron coeficientes de 0,98 para la correlación de las variables severidad general

de la planta y severidad en el estrato bajo.

Cuadro 7. Severidad e Incidencia máxima de la roya de la yuca (Uromyces manihotis) en 5 sistemas de cultivo.

Tratamiento	Smax General	Severidad máxima				Imax
		E S T R A T O				
		Bajo	Medio	Alto		
Y	2,85	7,43	1,09	0,04	67,7	
Y + C	2,11	5,43	1,69	0,02	60,0	
Y + M	1,86	*	*	*	52,6	
Y + F	1,67	*	*	*	56,6	
Y + M + F	1,17	4,20	0,55	0,04	47,2	

* No determinados debido a que se cosechó a los 8 meses

Cuadro 8. Incidencia y severidad promedio de la roya de la yuca (Uromyces manihotis) en el sistema de monocultivo

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

1/ Determinados a partir del muestreo a la edad de 213 días.

Cuadro 9. Incidencia y severidad de la roya (Uromyces manihoti) en yuca cultivada en asociación con camote.

Edad (días)	Incidencia (%)	S e v e r i d a d (%)			
		Promedio	Promedio por estratos del follaje <u>1/</u>		
			Bajo	Medio	Alto
157	39,55	0,013	-	-	-
185	60,0	0,050	-	-	-
213	45,7	1,95	4,13	1,70	0,02
240	44,3	1,72	4,60	0,56	0,00
273	56,0	2,11	5,4	0,89	0,01

1/ Determinados a partir del muestreo a la edad de 213 días.

Cuadro 10. Incidencia y severidad de la roya (Uromyces manihoti) en yuca asociada con maíz.

Edad (días)	Incidencia (%)	S e v e r i d a d (%)			
		Promedio	Promedio por estratos del follaje <u>1/</u>		
			Bajo	Medio	Alto
157	29,2	0,01	*	*	*
185	45,0	0,03	*	*	*
213	52,6	1,67	3,6	1,4	0,06

* No determinados

Cuadro 11. Incidencia y severidad de la roya (Uromyces manihotidis) en yuca asociada con frijol.

Edad (días)	S e v e r i d a d (%)				
	Incidencia (%)	Promedio	Estrato del follaje		
			Bajo	Medio	Alto
157	38,28	0,01	*	*	*
185	56,6	0,05	*	*	*
213	50,7	1,86	4,76	0,83	0,01

* No determinados.

Cuadro 12. Incidencia y severidad de la roya (Uromyces manihotidis) en yuca asociación con maíz y frijol.

Edad (días)	S e v e r i d a d (%)				
	Incidencia (%)	Promedio	Promedio por estratos del follaje ^{1/}		
			Bajo	Medio	Alto
157	60,7	0,02	-	-	-
185	65,2	0,07	-	-	-
213	41,3	1,86	4,60	0,96	0,01
240	40,6	0,98	2,68	0,25	0,0
273	57,8	2,86	7,43	1,09	0,04

La I_{max} fue semejante en los 5 sistemas; la edad más frecuente de su registro fue de 185 días (en Y, Y + C, Y + F y Y + M + F). Estos I_{max} no correspondieron a la S_{max}; es decir que hubo muchas hojas infectadas pero no prosperaron las infecciones al grado de aumentar el número de lesiones por hoja.

La época de la primera aparición de la roya fue en febrero (75 días de edad de la yuca), pero aunque se encontraron muchas plantas con una o dos uredosoros en alguna de sus hojas, la enfermedad no se desarrolló. En marzo se manifestó al máximo el período seco. Posteriormente, la enfermedad desapareció para resurgir a mediados de mayo (150 - 160 días de edad del cultivo). Su progreso fue lento hasta alcanzar un valor cercano al de su S_{max} en los últimos muestreos. Se notó que las S_{max} de todos los tratamientos coincidieron con los sistemas que más tiempo permanecieron en el campo (Y, Y + C), a excepción de la asociación Y + M + F que registró el valor más bajo (1,17 por ciento) así, los S_{max} se observaron en todos los sistemas, a la edad aproximada de la yuca de 265 - 275 días. Otra característica observable en los datos es que la S en el tiempo de todos los tratamientos presentan 2 picos que vuelven bimodales dichas curvas. El segundo pico lo presentan a la edad de 215 días de edad de la yuca (mes de julio).

La incidencia no tuvo una relación muy definida con el desarrollo de la severidad de la roya. Los valores de I

para cada S fueron muy altos (Cuadros 8 a 12) no obstante esta aparente falta de relación entre ambas variables, hubo correlación positiva de 0,28*, lo que indica que efectivamente estuvieron asociadas.

Las tasas de infección logarítmica (r_1) fueron muy similares para todos los sistemas (Cuadro 13) y fueron comparativamente bajas. Los estratos bajo y medio dan mucha heterogeneidad y no fueron adecuados para calcular dichas tasas.

4.3.6.2 Mancha parda

La mancha parda comenzó tarde en la estación de crecimiento. Se manifestó a los 180 - 190 días de edad de la yuca (Cuadro 14). Debido a esto, en los tratamientos cosechados en agosto (Y + M, Y + F), únicamente se pudieron tomar dos datos, a los 185 y 213 días. Con variaciones casi imperceptibles, esta enfermedad prácticamente no se presentó en el estrato alto (Cuadro 14). La I tuvo un desarrollo muy similar; los valores más bajos y más altos de S coincidieron con las correspondientes I mayores y menores, de aquí que se obtuvieran coeficientes de correlación positivos y altamente significativos entre las dos variables (Cuadro A-5).

La enfermedad estuvo en su máximo a los 240 días de edad del cultivo en los sistemas Y + C y Y + M + F. Estos últimos dos sistemas es bien probable que si no se hubiesen cosechado a los 9 meses de edad aproximadamente, hubieran

llegado a tener igual o similar cantidad de enfermedad. El grado de ataque de la enfermedad fue muy leve. Si se hacen aproximaciones de la S equivalente al número de manchas promedio por lóbulo, se tendrían severidades inferiores al 1,0 por ciento, ya que cada mancha tiene un diámetro máximo de 1,0 cm y el área de una hoja adulta de yuca de la variedad valencia es por lo general mayor de 100 cm².

Cuadro 13. Tasas de infección logarítmicas (r_1) de la roya (Uromyces manihotis) en los sistemas de cultivo de la yuca^{1/}

Sistema	Por planta	Por estratos del follaje	
		Bajo	Medio
Y	0,083	0,008	0,002
Y + C	0,089	0,004	-0,01
Y + M	0,091	--	--
Y + F	0,093	--	--
Y + M + F	0,081	0,008	0,002

4.3.6.3 Mancha blanca

La mancha blanca inició su ataque en el mismo período de la mancha parda. El número de manchas por lóbulo fue mayor que en el de la mancha parda, lo cual no indica que

Cuadro 14. Incidencia y severidad de mancha parda (Cercospora henningsii) y número de lesiones por lóbulo en yuca en monocultivo y policultivo.

Tratamiento	Edad (días)	Incidencia (%)	Prom/planta	Severidad (%)		
				Estrato del follaje		
				Bajo	Medio	Alto
Y	185	9,10	0,19	-	-	-
	213	8,47	0,16	0,46	0,03	0,0
	240	10,5	0,21	0,57	0,0	0,0
	267	10,75	0,58	0,31	0,05	0,01
Y + C	185	12,05	0,19	-	-	-
	213	10,40	0,20	0,34	0,03	0,0
	240	16,18	0,65	1,66	0,30	0,0
	267	14,72	0,25	0,64	0,08	0,03
Y + M	185	11,13	0,25	-	-	-
	213	13,18	0,35	0,81	0,17	-
Y + F	185	12,25	0,30	-	-	-
	213	11,45	0,21	0,58	0,05	-
Y + M + F	185	9,37	0,18	-	-	-
	213	8,32	0,15	0,39	0,05	-
	240	13,2	0,35	0,84	0,21	-
	267	13,3	0,29	0,45	0,33	0,09

necesariamente haya producido mayor daño; la mancha blanca produce lesiones más pequeñas que los de mancha parda. El número de manchas promedio por lóbulo no alcanzó valores mayores de 0,99 (en Y + F), fluctuando los máximos de cada sistema entre 0,67 (Y + H) a 0,99 (Y + F) (Cuadro 15). La I tuvo exactamente el mismo orden, tanto en valores máximos como en sus mínimos. Al igual que en el resto de enfermedades, se obtuvo una estrecha y altamente significativa asociación entre la I y el número de manchas promedio por lóbulo (NML). Similar deducción se puede hacer de los datos de NML en los diferentes estratos de la planta.

Es indudable que la enfermedad se empezó a registrar cuando estaba en su máximo, el cual como se ve en los valores del cuadro 15 no son relevantes ya que si se hace una aproximación a la S que representan no llegan al 1 por ciento. Se pensó que esta enfermedad, reportada entre las más dañinas de la yuca (20, 50, 51) alcanzaría más altos promedios.

4.3.6.4 Muerte descendente

La incidencia de muerte descendente se estudió en las asociaciones Y, Y + C y Y + H + I en 2 niveles de manejo. Se pudieron obtener los datos del cuadro 16. La enfermedad se comenzó a observar en el mes de agosto y fue en aumento hasta la cosecha. Se desprende de los datos, que la enfermedad tuvo un incremento en los 3 índices empleados: número de puntos

Cuadro 15. Incidencia y severidad de mancha blanca (cercospora caribaea) y número de lesiones por lóbulo en monocultivos y policultivo.

Tratamiento	Edad (días)	Incidencia %	Número de manchas por lóbulo Prom/planta	Estrato del follaje		
				Bajo	Bajo	Alto
Y	185	28,05	0,82	-	-	-
	213	19,98	0,45	0,97	0,36	0,03
	240	13,38	0,26	0,68	0,09	0,00
	267	4,00	0,05	0,10	0,04	0,0
Y + C	185	25,33	0,70	-	-	-
	213	16,15	0,46	0,77	0,23	0,0
	240	18,75	0,37	0,92	0,11	0,0
	267	4,51	0,07	0,17	0,06	0,0
Y + M	185	20,5	0,67	-	-	-
	213	23,82	0,57	1,42	0,29	0,0
Y + F	185	29,38	0,99	-	-	-
	213	19,42	0,400	0,94	0,27	0,20
Y + M + F	185	21,90	0,74	-	-	-
	213	17,35	0,34	0,85	0,72	0,02
	240	13,7	0,30	0,75	0,14	0,01
	267	2,63	0,02	0,06	0,02	0,0

susceptibles afectados, porcentaje de plantas afectadas e intensidad de daño en el tiempo. Se obtuvo también un incremento de daño a medida que el sistema incluye más cultivos asociados y una diferencia menos clara entre los 2 niveles de manejo que podrían interpretarse así: hubo una ligera diferencia entre el número de puntos susceptibles afectados, con cantidades mayores en el nivel de manejo A; igual es la tendencia en el porcentaje de plantas afectadas, pero las diferencias son más evidentes en Y + C y Y + M + F pero no relevante en Y. La tendencia se invierte en el porcentaje de intensidad de daño, en que el nivel de manejo B tuvo valores algo mayores que el nivel A: es decir que, si no se considera la importancia del daño en cada una de las plantas afectadas, se tiene mayor enfermedad en el nivel de manejo A, pero al ponderar el daño en cada planta (ver fórmula de intensidad de daño y explicación en materiales y métodos) se encuentra que las afecciones en el nivel B son de mayor importancia que en el nivel A. Esto indica que la fórmula utilizada para medir la intensidad de daño cumplió la función para la cual se diseñó y debería perfeccionarse en estudios futuros.

Cuadro 16. Intensidad de daño de muerte descendente (Colletri-
chum sp ?) en tres sistemas de cultivo de la yuca -
nivel de manejo bajo y alto.

Sistema	Nivel de manejo ^{1/}	Edad (días)	Número de puntos susceptibles afectados	Plantas afectadas %	Intensidad de daño %
Y	B	280	10,25	29,7	9,28
		298	15,25	43,8	13,10
		314	12,00	40,68	9,95
		333	22,25	54,73	16,35
Y + C	B	280	0,0	0,0	0,0
		298	0,0	0,0	0,0
		314	0,0	0,0	0,0
		333	0,5	3,15	3,88
Y + M + F	B	280	0,50	3,12	4,65
		298	0,25	1,57	1,12
		314	0,25	1,57	1,08
		333	1,50	7,85	9,35
Y	A	280	9,25	23,45	7,28
		298	13,25	37,53	9,53
		314	16,75	43,78	9,03
		333	22,50	57,83	11,55
Y + C	A	280	0,0	0,0	0,0
		298	0,50	3,15	0,68
		314	1,00	1,58	0,88
		333	2,50	7,83	2,35
Y + M + F	A	280	2,50	9,40	2,65
		298	1,75	7,85	2,33
		314	4,50	18,78	4,05
		333	9,25	21,9	7,50

5. DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran la importancia relativa de cada una de las 6 enfermedades que se detectaron en la época de crecimiento diciembre-octubre en Turrialba. Clasificadas estas enfermedades según su severidad e intensidad máxima alcanzada, el orden de importancia, de mayor a menor, sería mildiu, roña, roya, mancha parda y mancha blanca. Este orden aproximado podría ser modificado de acuerdo al criterio que se siga para la clasificación y de acuerdo a estudios más detallados y específicos. La muerte descendente fue la enfermedad que tuvo el gradiente más alto de daño entre los sistemas de cultivo, por lo que en la clasificación dada antes no es posible incluirla, además de que la naturaleza de la enfermedad es muy diferente; atacó las ramillas y no la lámina foliar, de allí que la comparación es difícil de establecer. El criterio para asignar la importancia de cada una de las enfermedades depende de los fines que se tenga en cuenta. Si el criterio es la estimación de pérdidas, el orden dado anteriormente puede variar. La roña atacó menos área foliar pero se radicó principalmente en las hojas jóvenes (tercio superior de la planta). El mildiu, roya, mancha parda y mancha blanca atacaron los estratos medio e inferior. En este caso tendría que considerarse más bien la fisiología de la producción de la

yuca. En cereales (cebada), es sabido que las dos hojas terminales aportan hasta un 75 por ciento de la materia seca del grano (33, 74). Por esta razón, las estimaciones de pérdidas por enfermedades que se hacen en cereales se basan en la medición de las enfermedades en las hojas terminales (42). En cambio en cultivos de raíces éstas estimaciones tienen que hacerse a lo largo de todo el ciclo del cultivo y la cantidad de enfermedad se refiere al cultivo como un todo (64, 40). Esto indica que en yuca y cultivos de fisiología similar, la edad o estado de crecimiento en que las enfermedades se presentan es decisivo para el rendimiento. En el caso de la roña los máximos de S se registraron al inicio del engrosamiento de las raíces (marzo-abril)^{1/}. Este hecho unido a que ataca las hojas jóvenes aumentaría su importancia relativa.

Bajo el criterio estrictamente epidemiológico (proporción de tejido enfermo), el mildiu sería la enfermedad de mayor relevancia. Este criterio indicaría también que hubo diferencias significativas en cantidad de enfermedad presente en cada sistema de cultivo (Cuadros 4 y 5).

El método de medir el desarrollo de las epidemias a través de severidad, incidencia y número de hojas enfermas ("índices epidemiológicos") fue adecuado dentro de ciertas

¹ Gallegos, R. Datos de tesis sin publicar.

limitaciones especificadas adelante. Su utilización para cuantificar la proporción de tejido hospedero susceptible afectado permitió, por comparación, controlar cualquier error grave de medición, dio más detalles acerca de la epidemia y ofreció datos adecuados para explicar mejor los fenómenos. Utilizados junto con el análisis de correlación, indicaron cuales variables mantenían una asociación consistente con la evolución de la enfermedad. La I permitió además establecer diferencias que son características para cada enfermedad, así, la roya tuvo valores muy altos de I en relación a los valores correspondientes de S. El número total de hojas por planta era necesario para el cálculo de la I y la S pero también suministró información que sirvió para explicar algunas posibles razones del desarrollo de las epidemias, especialmente en los casos de roña y mildiu.

Las asociaciones de cultivo analizadas no fueron probablemente las más adecuadas para detectar diferencias en el desarrollo de las enfermedades foliares en yuca. Debido a que en la mayoría de los casos la yuca actuó como cultivo dominante en todo el ciclo del cultivo, el efecto de los cultivos dominados (frijol, camoté) se redujo al aspecto de nutrición de la yuca, aunque este factor fue atenuado en gran parte por medio de la fertilización creciente según la presión de uso del suelo. El microclima aéreo puede decirse que no fue modificado

sustancialmente, excluyendo los primeros 3-4 meses de cultivo en las asociaciones que incluyeron Y + M, que constituyeron solo un 40 por ciento del tiempo que la yuca permaneció en el campo. El siguiente sistema que puede decirse modificó el microclima es el de Y + C. El camote cubrió el suelo casi completamente, posiblemente pudo así aumentarse la humedad debido a la evapotranspiración de esta planta. Sin embargo, el efecto de estas modificaciones no pudo ser detectado estadísticamente en los resultados de las mediciones de las enfermedades. Esto puede deberse a la sensibilidad o imprecisión de los métodos o a que el factor no fue modificado lo suficiente como para que influenciara el desarrollo de las enfermedades.

Las asociaciones de Y + M favorecieron el desarrollo de mildiu y roña. Las plantas de yuca presentaron en esas asociaciones mayor área foliar enferma. Es decir que cada hoja, una vez realizada la penetración por el hongo, tuvo mejores condiciones para que la infección se desarrollara, cubriendo mayor área foliar. La importancia epidemiológica es que, mayor área afectada (tamaño de lesiones) mayor es la cantidad de esporas producidas (dentro de ciertos límites). En el caso del mildiu, debe considerarse el hecho de que empezó temprano en la estación de crecimiento, o sea cuando el maíz no había formado suficiente follaje como para interponer una barrera efectiva al paso de las esporas; ésto también se vio

favorecido por el constante viento proveniente del norte. Moreno (55), encontró que en las asociaciones de irijol de costa con maíz, éste último cultivo se interponía a la libre diseminación de las esporas de Ascochyta phaseolorum. Es posible entonces que cuando una enfermedad ataca temprano en la estación de crecimiento, el efecto de las barreras formadas por las plantas inmunes cultivadas en asociación no sea eficaz. En el mildiu, se deduce de los resultados obtenidos que, por el contrario, las asociaciones Y + M ofrecieron condiciones más favorables para el desarrollo de la enfermedad, la cual progresó, según la terminología de Robinson (61) por esodemia, es decir por autoinfecciones en cada planta individual. La diseminación se efectúa en este caso dentro de los componentes (órganos) de la hospedera. El muestreo continuo, con otros fines, en las parcelas bajo estudio también pueden haber dispersado aún más esporas al agitar las hojas, reduciendo así la posible ventaja de intercalar las plantas de maíz entre las de yuca. Esto ha sido señalado también por Berger (6) como una fuente de error en estudios epidemiológicos efectuados con Cercospora apii.

La época de mayor S e I del mildiu está de acuerdo con los informes acerca de este tipo de enfermedades de mildius polvorientos, que se sabe ataca en la época seca (1, 50). Los síntomas observados en la variedad Valencia corresponden a

los normalmente reportados en otras variedades, excepto que no forma lesiones necróticas apreciables, ya que la enfermedad se detiene en el estado de lesión amarillenta-indefinida. Este aspecto tiene gran interés, ya que implica que, aunque las lesiones aumentan, el hongo sigue esporulando abundantemente. El factor de corrección por remoción (66) no es aplicable y la enfermedad se desarrolla con más rigor. Por otra parte, el Oidium es un parásito obligado, lo que indicaría que sería deseable que esta situación no se presentara. Parece ser que la variedad Valencia y O. manihotis han llegado a establecer un balance hospedero-parásito muy adecuado para la supervivencia y desiminación del patógeno. Estas consideraciones refuerzan los datos antes mencionados acerca del tamaño de las lesiones formadas en los sistemas de Y + M.

La roña no siempre siguió un patrón tan definido en el desarrollo de la S. Posiblemente el método empleado para medir su S fue el factor que indujo esas irregularidades. La enfermedad se presenta en la lámina foliar pero también ataca los pecíolos y tallos verdes. Todo esto es área afectada (x de Van der Plank, 66, 68) pero no fue estimada. Por otra parte los síntomas no siempre son conspicuos y pueden fácilmente confundirse con algún otro daño. Parece ser que la enfermedad depende mucho del factor humedad (lluvia, humedad relativa etc) para producir los diferentes tipos de síntomas. Cuando

la lluvia y humedad relativa estaban en su máximo, la roña desarrolló sus síntomas típicos: chaneros en los pecíolos, tejido roñoso cicatrizado y encarrujamiento foliar. Cuando el clima era seco, la roña dio síntomas poco claros, con zonas o puntos cloróticos y hojas arrugadas. Esta variabilidad afectó la precisión de las estimaciones de S de la roña. En estudios futuros será necesario medir la frecuencia y proporción de cada uno de los síntomas. Al iniciar estudios de este tipo con enfermedades nuevas, es necesario familiarizarse antes con los diversos síntomas que la enfermedad produce (46), lo cual puede hacerse en colecciones de variedades sembradas en el campo y haciendo pruebas de patogenicidad en diferentes condiciones ambientales.

En el caso de la roña, se obtuvieron evidencias de que la enfermedad se retardó en su incidencia en las asociaciones Y + M. Cuando aún las plantas del interior de las parcelas presentaban casi ausencia de la enfermedad, las plantas del borde tenían hasta un 90 por ciento de plantas afectadas (enero-febrero). La dobla del maíz predispuso de alguna forma a la yuca para un mejor desarrollo de la enfermedad, posiblemente por el raspado que las hojas de maíz produjeron en la yuca.

La aparente asociación sequía-severidad de la roña es más bien un efecto combinado de dos factores; la época de

alta humedad de diciembre y parte de enero en la cual comenzó la enfermedad y la defoliación de las infecciones inducidas por la sequía y el mildiu. En la época de sequía posiblemente culminó el período de incubación de las infecciones iniciadas en diciembre-enero. Esta prolongación del período de incubación fue probablemente provocado por la sequía que según Lozano (48) no es adecuada para el desarrollo de la enfermedad. Cook y Papenick (15) expresan que el efecto de predisposición por algún factor (sequía en este caso) generalmente no es sobre el establecimiento del patógeno en la hospedera, sino más bien sobre el desarrollo de las infecciones ya establecidas. Lozano (48) también ha determinado, por inoculaciones en cámara húmeda, que las plantas de yuca reasumen su crecimiento normal al colocarlas en ambiente seco pero no menciona por cuanto tiempo ha sometido las plantas a esos tratamientos. En inoculaciones efectuadas en el invernadero, con baja humedad relativa, se han logrado producir infecciones de roña pero el aumento en el tamaño de las lesiones ha sido lento a casi nulo después de 8 días. Los valores más o menos constantes en número de hojas enfermas a través del año (con máxima en junio comparado con S_{max} en marzo e I_{max} en mayo) prueba que el hongo estuvo constantemente infectando nuevas hojas, pero que el aumento en el número total de hojas por efecto del reinicio de las lluvias redujo los valores de S

(igual número de hojas enfermas pero más hojas sanas que durante la sequía).

También indican estos datos que el hongo se diseminó e infectó más hojas en la época de lluvias. La reducción de la S por el crecimiento de la hospedera ha sido considerado por Van der Plank (66), para lo cual dedujo la forma de obtener las tasas de infección corregidas. Al aplicar estas fórmulas se encontraron tasas por debajo de las obtenidas tomando como valores la S_{max} y la S inicial. Al inicio de las lluvias, la tasa de infección corregida subió a valores cercanos pero no mayores que la tasa obtenida inicialmente.

La roya no mostró diferencias entre asociaciones debido a que en la época en que se presentó, todas las asociaciones, para efectos de diseminación de esporas, no oponían obstáculos a su paso. Esto se debe a que el único cultivo asociado a la Y en esa época era el camote (fig. 1). Por tanto las tasas de infección tenían que ser muy similares, lo cual fue así (Cuadro 13). Las más altas tasas de infección las alcanzó la roya junto con el mildiu. Esto está de acuerdo con el medio de propagación de las enfermedades. Las tasas de infección obtenidas de los estratos inferior y medio de la planta dieron valores muy bajos con respecto al total por planta, además de que no fueron efectivos para detectar diferencias (Cuadro 13). Es preferible en estudios futuros tomar la planta como un todo

para el cálculo de la tasa de infección. En relación a la S, la I de roya arrojó los más altos valores, lo cual confirma la rapidez de diseminación de la enfermedad. La causa de la relativamente baja S de roya considerando que había ~~hospedera~~ y cantidad de inóculo adecuado es posible que se deba a limitaciones del ambiente o a resistencia de la hospedera. Ambos pueden provocar la reducción de la tasa de infección (66), que fue muy baja si se compara con valores obtenidos en otras royas que llegan a 0,40 por unidad por día (68). Del análisis de correlación se obtuvo que la S se vio asociada con la lluvia, y humedad relativa en forma positiva y con la temperatura promedio y las desviaciones de ésta por debajo de la media en forma negativa. De estos factores el único que pudo haber sido limitante es el de las temperaturas bajas ya que la correlación negativa (-0,70 **) con la temperatura promedio así lo indica. Sin embargo en observaciones efectuadas en la misma época en clones susceptibles se observaron abundantes pústulas en todas las partes verdes de la planta. Por tanto es bien posible que la resistencia de la variedad Valencia a la o las razas prevalentes en Turrialba, sea la responsable de la reducción de la tasa de infección.

La mancha parda y la mancha blanca no alcanzaron valores que puedan permitir comparaciones confiables. Al igual que la roya, se presentaron en los últimos meses del ciclo del

cultivo, de aquí que las diferencias que pudieran haberse sucedido entre sistemas se debe a factores como el estado de vigor de la hospedera por la competencia previa con otros cultivos, a la disposición de las parcelas en el campo o al azar. Los bajos valores de afección por mancha parda es posible que se deban a las características del clima durante el período de estudio y a la resistencia de la hospedera. En el estudio de correlación no se encontró ninguna variable climática que estuviera asociada al desarrollo de la enfermedad.

La mancha blanca presentó una situación similar, excepto que arrojó correlaciones negativas altamente significativas con ciertas características del clima, principalmente con la humedad en sus diversas manifestaciones analizadas. Esto, más los datos de manchas por foliolo en el tiempo, están de acuerdo con las curvas de progreso de la enfermedad estudiada en Africa (20). Lozano (50) en las condiciones de Colombia y Chevaugéon (70) en Africa observaron que la mancha blanca y la mancha parda se distribuyen de acuerdo al tipo de clima. La mancha parda ocurre en zonas frías-húmedas. Aunque estos términos son poco precisos, puede decirse que en Turrialba probablemente no se dieron en este año las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, de ahí su baja incidencia registrada en este trabajo.

La muerte descendente ofreció las diferencias más

marcadas en cuanto a tendencias en su ataque según el sistema de cultivo de la yuca. Se comprobó que el sistema de cultivo asociado fue menos afectado por necrosis de las ramas y tuvo menos porcentaje de intensidad de daño. Los valores más bajos se presentaron en Y + C en los dos niveles de manejo. En todos los casos el nivel B tuvo menos porcentaje de plantas afectadas y número de puntos susceptibles afectados pero también tuvo siempre los valores más altos de intensidad de daño. Estos resultados indican que hay una gradiente de enfermedad en dirección de algún tipo de competencia que posiblemente involucra algún o algunos nutrientes en particular. No es posible hacer comparaciones con otras muertes descendentes estudiadas en Africa y otros países por la naturaleza desconocida del agente causal. Podría ser una enfermedad fisiológica, no infecciosa, asociada estrechamente al estado nutritivo de la yuca. En aislamientos efectuados, se encontró Colltotrichum sp. frecuentemente pero no se realizaron pruebas de patogenicidad. Un hecho importante es que no se han encontrado reportes de enfermedades fisiológicas de este tipo, con excepción de la deficiencia en K que provoca enanismo de la planta y muerte de las partes apicales, luego de lo cual aparece Gloesporium manihotis en las ramas, pecíolos y hojas, necrosándose las áreas infectadas (16). La deficiencia de K en los suelos del área experimental ha sido confirmada por Mojica (54).

Chevaugeron (21) estudió el efecto del agotamiento del suelo por el cultivo continuo de yuca en Costa de Ivory, Africa, sobre el por ciento de ramas necróticas en 16 clones encontrando relación entre la baja fertilidad y la cantidad de muerte descendente. Los síntomas de muerte descendente observados en el campo coinciden con los causados por Gloesporium (19).

Los modelos epidémicos determinados para el mildiu y la roña fueron del tipo de campana. Esta fue la forma más frecuentemente encontrada en un exhaustivo estudio epidemiológico por Kranz (41) quien estudió 59 combinaciones hospedera-parásito en el trópico (Nueva Guinea). La discontinuidad de las curvas del mildiu (desaparición de la enfermedad) encontrada en este trabajo también fue frecuente en los estudios del autor mencionado. La aparente dependencia del clima en las epidemias estudiadas parece ser una característica muy generalizada. La influencia decisiva de la lluvia, temperatura y el crecimiento de la hospedera (su estado de crecimiento) quedó demostrado en los análisis de correlación y regresión efectuados. Kranz (42) estudió en Guinea la influencia de la lluvia, la temperatura, la filogenia y la abundancia de hospedantes sobre las curvas de progreso de las enfermedades de 42 especies vegetales, determinando que las diferencias de las epidemias-decaños secos y húmedos sólo fue significativa en su severidad. En este estudio el número de hojas enfermas y la I

fueron relativamente poco afectadas por el cambio de clima seco a húmedo, en cambio la S se vio reducida apreciablemente. El mildiu tuvo cambios en las 3 variables, indicando que es más dependiente del clima. El resto de enfermedades no podría decirse si depende más del desarrollo de la hospedera o de los cambios de clima. La roña fue observada en la época seca (3-4 meses de edad del cultivo) pero desapareció posiblemente por el clima adverso a su desarrollo. Si se sigue la clasificación de curvas epidémicas dada por Kranz (43) el mildiu y la roña son curvas bilaterales (con ascenso y descenso de la S) y el resto de enfermedades son del tipo unilateral (con ascenso en S únicamente) todas del tipo general acumulativo. La roña y el mildiu se comportaron más como curvas de epidemias de vegetación natural que de plantas cultivadas. Las epidemias de la estación de lluvia fueron interrumpidas por la cosecha, de ahí los pocos valores obtenidos que no permitieron caracterizar el verdadero tipo de su modelo epidémico. Los modelos seguidos por la roña y mildiu sugieren que la yuca ha convivido con estas enfermedades, llegando a establecer un balance en la región de Turrialba. La variedad Valencia es local. El hecho de que la yuca ha sido más cultivada en agricultura de subsistencia y que haya merecido poca atención de los fitomejoradores es quizá el motivo de este balance (8).

6. CONCLUSIONES

Con las variedades de yuca, maíz, frijol y camote y para las condiciones ambientales en que se realizó el experimento, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Según la proporción de tejido foliar afectado, el orden de importancia de las enfermedades que afectaron a la yuca fue mildiu, roña, roya, mancha parda y mancha blanca.
2. Existen diferencias en el desarrollo de las enfermedades foliares según el sistema de cultivo empleado.
3. Es posible modificar el progreso de una epifitias foliar mediante el sistema de cultivo
4. La precipitación, humedad relativa y la temperatura son las variables climáticas más estrechamente asociadas al progreso de las enfermedades de la yuca en Turrialba.
5. La edad del cultivo y la época del año fueron determinantes en el comienzo, progreso y finalización de las epifitias.
6. El mayor número de enfermedades se presentan al final del ciclo de cultivo de la yuca

7. RESUMEN

Este trabajo se efectuó en Turrialba, Costa Rica con el propósito de cuantificar la importancia relativa y las curvas de progreso de enfermedades foliares de la yuca cultivada en diferentes sistemas.

Las especies y variables empleadas fueron: yuca (Manihot esculenta var. Valencia), camote (Ipomoea batatas var. C-15), frijol (Phaseolus vulgaris var. Santo Tomás Negro) y maíz (Zea mays var. Tuxpeño Crema 1), sembrados al mismo tiempo en surcos alternos en 5 tratamientos que fueron: monocultivos de yuca, yuca asociada con camote, yuca asociada con frijol, yuca asociada con maíz y yuca asociada con maíz y frijol.

Los datos se obtuvieron por medio de mediciones periódicas de las enfermedades que se presentaron en forma natural en parcelas de 90 m^2 en un experimento diseñado en Bloques completos al azar con 4 repeticiones.

La medición de enfermedades consistió en determinar la incidencia (porcentaje de hojas enfermas) y la severidad (porcentaje de área foliar enferma) o bien, el número de manchas por lóbulo y ramas o plantas afectadas, según el tipo de enfermedad. La información obtenida se correlacionó con 15-18 variables agroclimáticas; se compararon las severidades máximas, tasas de infección y análisis de variación entre tratamientos.

Se probó el ajuste de 6 funciones matemáticas por análisis de regresión.

Los resultados mostraron que según la proporción de tejido foliar afectado, el orden de importancia de las enfermedades de la yuca fue: mildiu (Oidium manihotis), roña (Sphaceloma sp.), roya (Uromyces manihotis), mancha parda (Cercospora henningsii) y mancha blanca (Cercospora caribaea).

Las mismas enfermedades se presentaron en los 5 tratamientos.

De acuerdo a los resultados se puede concluir:

- Es posible modificar el progreso de una epifitias foliar mediante el sistema de cultivo.
- El desarrollo de las enfermedades fue diferente en algunos sistemas de cultivo y estuvo más estrechamente asociado con la precipitación, humedad relativa y la temperatura.
- La edad del cultivo y la época del año fueron determinantes en el comienzo, progreso y finalización de las epifitias.
- El mayor número de enfermedades se presentan al final del ciclo de cultivo de la yuca.

7a. SUMMARY

The relative importance and the progress of some foliar diseases of cassava grown in different cultivation systems were studied at Turrialba, Costa Rica.

The species and varieties raised were: cassava (Manihot esculenta Crantz, var. Valencia), Sweet potato (Ipomoea batata var. C-15). Common bean (Phaseolus vulgaris L. var. Santo Tomás Negro) and maize (Zea mays var. Tuxpeño Crema 1). They were planted at the same time in alternate rows in the following 5 treatments: cassava monocrop; cassava plus sweet potato; cassava plus common bean; cassava plus corn and cassava plus corn and common bean.

A randomized complete block design with four repetition was used.

The diseases were studied measuring the incidence (percentage of diseases leaves) and severity (percentage of leaf area affected). For some diseases the number of spots per leaf or the number of twigs affected were considered. The data were correlated with 15-18 agro-climatic variables. The maximum severity, infection rate, and variability among treatments was also studied.

According to the leaf area affected, the more important diseases were: mildew (Oidium manihotis), roña (Sphaceloma sp.), rust (Uromyces manihotis), brown spot (Cercospora henningsii) and

white spot (Cercospora caribaea). Other conclusions from this study were:

- The same diseases were present in the 5 treatments.
- The progress of an epidemic can be modified according to the cultivation system used.
- The development of the diseases was different in some cultivation systems.
- The precipitation, relative humidity and temperature were closely related to the development of the diseases.
- The age of the crops and the conditions prevalent during the cultivation period were very important for the onset, progress and ending of the epidemics.
- The majority of the diseases were present at the end of the life cycle of the cassava plant.

8. LITERATURA CITADA

1. ALCONERO, R., CABANILLAS, E. y RESTREPO, H. C. de. Cassava (Manihot utilissima) diseases. Puerto Rico Federal Experiment Station. Report of activities. January 1 to June 30, 1970. 1970. pp. 12-13.
2. AMARAL, F. F. do. Ferrugen (Uromyces) da mandioca. O Biológico 8:148. 1942.
3. AMEZQUITA, C., E. Estudios hidrológicos y edafológicos para conservación de aguas y suelos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 212 p.
4. ANDERSON, E. Plants, man and life. Boston, little Brown, 1952. 245 p.
5. BAKER, R. Analysis involving inoculum density of soil-borne plant pathogens in epidemiology. Phytopathology 61:1280-1292. 1971.
6. BERGER, R. D. Disease incidence and infection of Cercospora apii in plant spacing plots. Phytopathology 65:485-487. 1975.
7. BITANCOURT, A. A. y JENKINS, A. E. Sphaceloma manihoti-cola sp. nov. Arquivos do Instituto Biológico, Sao Paulo 20:15-16. 1950.
8. BROWNING, J. A. y FREY, K. J. Multine cultivars as a means of disease control. Annual Review of Phytopathology 7:355-382. 1969.
9. BURDEKIN, D. A. "Lyamungu dieback" of Arabica coffee in Tanganyika. I. Symptoms distribution and experimental treatments. Annals of Applied Biology 53(2): 281-289. 1964.
10. _____. "Lyamungu dieback" of Arabica coffee in Tanganyika. II. Relation to starch reserves to Lyamungu dieback. Annals of Applied Biology 54(1):107-113. 1964.
11. CASTAÑO, J. J. Mancha foliar de Cercospora caribaea en en yuca (Manihot utilissima Pohl.) en la región de Barbosa (Antioquia). Agricultura Tropical (Colombia) 25:327-329. 1969.
12. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1972. Cali, 1972. 192 p.

13. _____ . Annual Report 1973. Cali, 1973. 254 p.
14. _____ . Informe Anual 1974. Cali, 1974. 286 p.
15. COOK, R. J. y PAPENDICK, R. I. Influence of water potential of soils and plants on root diseases. Annual Review of Phytopathology 10:349-374. 1972.
16. COURS, G. Amélioration des plantes: le manioc. Recherches Agronomiques de Madagascar. 2. C.R. 1953. Review of Applied Mycology 34(8):509. 1955.
17. CHESTER, K. S. The cereal rusts. Waltham, Massachusetts, Chronica Botánica, 1946. 269 p.
18. _____ . Plant disease losses: their appraisal and interpretation. Plant Disease Reporter Supplement 193:190-362. 1950.
19. CHEVAUGEON, J. Maladies cryptogamiques du manioc en Côte d'Ivoire. I. Observations préliminaires sur la nécrose les scabités. Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France 29(1-2):3-9. 1950.
20. _____ . Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique Occidentale. Encyclopedie Mycologique 28:1-105. 1956.
21. _____ . Sur l'existence chez des plantes arbustives d'affections cryptogamiques a temps de latence indéfini. Review of Applied Mycology 36(11):713. 1957.
22. CHUPP, C. A monograph of Cercospora. Ithaca, N. Y., Cornell University, 1953. 667 p.
23. DRUMOND, C. A. Doenças da mandioca. Revista Ceres (Minas Gerais) 7(37):24-35. 1946.
24. DULORG, R. Le manioc à Madagascar. L'Agronomie Tropicale (Paris) 26(8):891-829. 1971.
25. FERDINANDO, G., TOKESHI, N., CARVALHO, R. C. T., BALMER, E., KIMATI, H., CARDOSO, C. C. N. y SALGADO, C. L. Manual de Fitopatología. Doenças das plantas e seu control. Sao Paulo, Biblioteca Agronomica Ceres, 1968. 640 p.
26. FERNANDEZ VALITLA, M. V. Introducción a la Fitopatología. 2a. ed. Buenos Aires, Gadola, 1952. 872 p.

27. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Crop loss assessment methods; FAO Manula on the evaluation and prevention of losses by pest, diseases and weeds. Roma, FAO, 1971. 200 p.
28. GAÜMANN, E. Principles of plant infection. Trad. de la 1ª ed. alemana por William E. Brierley. New York, Hafner Publishing, 1950. 543 p.
29. CHESQUIERE, J. Sur la "Mycosphaerellose" des feuilles du manioc. Bulletin of the Institute of the Royal College of Belgium 3:160-178. 1932.
30. _____, y HENRARD, J. Sphaeriaca nouvelle de feuilles du manioc au Congo Belge. Revue Zoologique Africaine: Supplement Botanique 12:530-531. 1924.
31. GOLATO, C. Cercospora henningsii sulla manioc in Nigeria. Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale 57:60-66. 1963.
32. _____. y NEOSSI, E. Una nueva malattis fogliare della manioca in Ghana. Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale 65:21-26. 1971.
33. GRUNDBACHER, F. J. The physiological functions of the cereal awn. Botanical Review 29:366-381. 1963.
34. HIRST, J. M. Changes in atmospheric content; diurnal periodicity and the effects of weather. Transactions of British Mycological Society 36:375-393. 1953.
35. FULL, R. Control of virus yellows in sugar beet seed crops. Journal Royal Agricultural Society of England 113:86-102. 1952.
36. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Report of Root, Tuber and Vegetable Improvement Program. Ibadan, Nigeria, 1972. 48 p.
37. JAMES, W. C. Assessment of plant diseases and losses. Annual Review of Phytopathology 12:27-48. 1974.
38. _____. y SHIH, C. S. Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust on winter wheat. Phytopathology 63:183-187. 1973.
39. _____, JENKINS, J. E. E. y JEMMETT, J. L. The relationship between leaf blotch caused by Rhynchosporium

sccalis and losses in grain yield of spring barley. *Annals of Applied Biology* 62:273-288. 1968.

40. JAMES, V. C., SHIH, C. S., HODGSON, W. A. y CALLBECK, L. C. The quantitative relationship between late blight of potato and loss in tuber yield. *Phytopathology* 62:92-96. 1972.
41. KRANZ, J. Analysis of annual epidemics of fungal parasites. I. Diseases progress curves and their dependence on some environmental factors. *Review of Applied Mycology* 47(6):320. 1968.
42. _____. Analysis of annual epidemics of fungal parasites. III. Qualitative and quantitative characteristics of the disease progress curve. *Review of Plant Pathology* 47(7):374. 1968.
43. _____. Comparison of epidemics. *Annual Review of Phytopathology* 12:355-374. 1974.
44. LARGE, E. C. Field trials of copper fungicides for the control of potato blight. I. Foliage protection and yield. *Annals of Applied Biology* 32:319-329. 1945.
45. _____. Methods of plant disease measurement and forecasting in Great Britain. *Annals of Applied Biology* 42:344-354. 1955.
46. _____. Measuring plant disease. *Annual Review of Phytopathology* 4:9-28. 1966.
47. _____. y DOOLING, D. A. The measurement of cereal mildew and its effect on yield. *Plant Pathology* 11:47-57. 1962.
48. LOZANO, J. C. Status of virus and mycoplasma-like diseases of cassava. In Proceedings cassava Mosaic Workshop IDRC/IITA International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, 1972 Informe Ibadan, Nigeria, 1972. pp. 2-8
49. _____. y BOOTH, R. H. The superelongation disease of cassava. In International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops, 3a, Ibadan, 1972. Ibadan, Nigeria, 1972. 17 p.
50. _____. y BOOTH, R. H. Enfermedades de la yuca

- (Manihot esculenta Crantz.). Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Folleto Técnico N^o 5. 1974. 48 p.
51. _____ y BOOTH, R. H. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz.). O. PANS (Londres) 20:30-54. 1974.
 52. _____ y SEQUEIRA, L. Bacterial blight of cassava in Colombia. I. Etiology. *Phytopathology* 64:74-82. 1974.
 53. _____ y SEQUEIRA, L. Bacterial blight of cassava in Colombia. II. Epidemiology and control. *Phytopathology* 64:83-88. 1974.
 54. NOJICA, F. J. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea mays L.) y arroz (Oryza sativa L.). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica; IICA, 1975. 116 p.
 55. MORENO, R. Diseminación de Ascochyta phaseolorum en variedades de frijol de costa bajo diferentes sistemas de cultivo. 25(4):361-364.
 56. NORMANHA, E. S. General aspects of cassava root production in Brazil. *In* International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. Proceedings. 2nd. Hawaii, 1970. University of Hawaii, 1970. pp. 61-63.
 57. OELSLIGLE, D. D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (Manihot esculenta Crantz). Turrialba 25(1):85-87. 1975.
 58. FACCA, D. W. Contribuição ao estudo das doenças da mandioca. *Rodriguesia (Brasil)* 3(9):171-178. 1937.
 59. PETERSON, R. F., CAMPBELL, A. B. y HANNAH, A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals. *Canadian Journal Research* 26: 496-500. 1948.
 60. POWELL, P. W. The cercospora leaf spots of cassava. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 6:10-14. 1972.
 61. ROBINSON, R. A. The search and need for horizontal resistance to coffee rust and prospects for similar resistance to CBD in Ethiopia. *In* Consulta de

Expertos sobre la Prevención de la Roya del Cafeto. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Gandería, 1973. pp. 25-36.

62. SCHNATHORST, W. C. Environmental relationship in the powdery mildews. Annual Review of Phytopathology 3:343-366. 1965.
63. SORIA, J., BAZAN, R., PINCHINAT, A. M., PAEZ, G., MATEO, N., MORENO, R., FARGAS, J. y FORSYTHE, W. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3): 283-293. 1975.
64. THE MEASUREMENT of potato blight. Transactions of British Mycological Society 31:140-141. 1948.
65. VAN DER PLANK, J. E. Analysis of epidemics. In Horsfall, J. G. y Diamond, A. E., eds. Plant Pathology - an advanced treatise vol. III. New York, Academic Press, 1960.
66. _____. Plant diseases: Epidemics and control. New York, Academic Press, 1963. 349 p.
67. _____. Dynamics of plant disease. Science 147:120-124. 1965.
68. _____. Disease resistance in plants. New York, Academic Press, 1968. 206 p.
69. VIEGAS, A. P. Manchas das folhas da mandioca produzidas por cercosporas. Bragantia 1:233-248. 1941.
70. _____. Alguns fungos da mandioca. I. Bragantia 3:1-19. 1943.
71. _____. Alguns fungos da mandioca. II. Bragantia 3: 20-29. 1943.
72. VIENNOT-BOURGIN, C. y GRIMALDI, J. Les cercospora parasites de manioc. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 30:138-146. 1950.
73. WAGGONER, P. E. Microclimate and plant disease. Annual Review of Phytopathology 3:103-126. 1965.
74. WATSON, D. J., THORNE, G. N. y FRENCH, S. A. W. Physio-

logical causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* (n.s.) 22: 321-352. 1958.

75. WILCOXSON, R., SKOVMAND, B. y ATIR, A. H. Evaluation of wheat cultivars for ability to retard development of stem rust. *Annals of Applied Biology* 80:275-281.
76. YARWOOD, D. E. Powdery mildews. *Botanical Review* 23: 235-301. 1957.
77. _____. Microclimate and infection. In Holton, C. S. et al. eds. *Plant Pathology, Problems and Progress 190th-1958*. Wisconsin, University Press, 1959. pp. 548-596.
78. ZADOKS, J. D. Methodology of epidemiological research. *Annual Review of Phytopathology* 10:253-276. 1972.
79. SAUREY D, M. J. y THOMAS, H. R. Bean diseases and their control. U.S. Department of Agriculture. *Farmer's Bulletin* No 1692. 1958. 38 p.

APENDICE

Cuadro A-1. Coeficientes de correlación de mildiu (Oidium manihotis) con algunas variables climáticas y agronómicas en las diferentes formas de cultivo

Variables	T R A T A M I E N T O S					
	Y $\bar{1}$		Y + C $\bar{1}$		S	
	NHE	I	S	NHE	I	S
1 Edad	-,35	-,75**	-,65*	-,4	-,77**	-,65*
2 Precip. acum.	-,40	-,48	-,24	-,06	-,27	-,16
3 Precip. Prom./día	-,66*	-,69*	-,35	-,37	-,49	-,26
4 H. R. diaria (%)	-,48	-,42	-,04	-,14	-,23	,04
5 Temp. Prom./día	,05	-,48	-,63*	-,44	-,66*	-,70*
6 $\Sigma (-d_{\bar{x}}) \cdot f_{\bar{x}}^2 / (\text{temp.})$,23	,52	,43	,46	,57	,45
7 $\Sigma (d_{\bar{x}}) : f_{\bar{x}}^2 / (\text{temp.})$,22	-,03	-,30	-,22	-,30	-,37
8 $\Sigma (-d_{\bar{x}}) \cdot f_{\bar{x}}^2 / (\text{H.R.})$,37	,24	-,13	,01	,03	-,21
9 $\Sigma (d_{\bar{x}}) : f_{\bar{x}}^2 / (\text{H.R.})$	-,79**	-,68*	-,59	-,53	-,55	-,50
10 Succión del agua del suelo	,65*	,22	-,10	,17	,05	-,23
11 Días con lluvia \geq 5 mm	-,75**	-,70*	-,35	-,41	-,48	-,24
12 Hojas Prom./pl	-,24	-,69*	-,58	-,44	-,67*	-,48
13 NHE $\bar{1}$	1,0	,81**	,61*	1,0	,92**	,80**
14 Incidencia	,81**	1,0	,89**	,92**	1,0	,91**
15 Severidad	,61*	,87**	1,0	,80**	,91**	1,0
16 Grado de asociación						

* coeficientes significativos al nivel de 5% de probabilidad

** coeficientes significativos al nivel de 1% de probabilidad

 $\bar{1}$ NHE: número de hojas enfermas promedio por planta

I: incidencia

S: severidad

2/ Sumatoria de las desviaciones de la temperatura por debajo o por encima del promedio (21,1 C) por su frecuencia.

3/ Sumatoria de las desviaciones de la humedad relativa por debajo o por encima del promedio (88,9%) por su frecuencia

Continúa ...

Cuadro A-1. Continuación

T R A T A M I E N T O S															
Y + M				Y + F				Y + M + F				General			
NHE	I	S	NHE	I	S	NHE	I	S	NHE	I	S	NHE	I	S	
1	-0,03	-0,69*	0,12	-0,60	-0,66*	-0,11	-0,69*	-0,53	-0,20	-0,70**	-0,56**				
2	0,16	-0,40	-0,39	-0,59	-0,35	0,08	-0,37	-0,34	-0,14	-0,40**	-0,25				
3	0,22	-0,32	-0,39	-0,53	-0,28	-0,34	-0,64*	-0,49	-0,34*	-0,54**	-0,30*				
4	0,53	0,09	-0,23	-0,22	0,04	-0,12	-0,38	-0,25	-0,15	-0,26*	-0,02				
5	-0,27	-0,74*	0,26	-0,51	-0,70*	0,22	-0,46	-0,45	-0,01	-0,55**	-0,58**				
6	0,10	0,56	0,08	0,54	0,48	-0,03	0,53	0,62*	0,15	0,53**	0,43**				
7	0,00	-0,28	0,41	0,00	-0,35	0,30	-0,11	-0,23	0,14	-0,14	-0,30*				
8	-0,31	-0,15	0,35	0,17	0,19	0,18	0,15	0,06	0,15	0,09	-0,15				
9	-0,23	-0,51	-0,64	-0,63*	-0,55	-0,42	-0,68*	-0,70	-0,49**	-0,60**	-0,53**				
10	-0,30	-0,24	0,64*	0,13	-0,18	0,28	0,18	0,14	0,31	0,07	-0,12				
11	0,12	-0,33	-0,57	-0,58	-0,27	-0,42	-0,66*	-0,53	-0,42**	-0,55**	-0,30*				
12	0,02	-0,67*	0,02	-0,63*	-0,62	-0,02	-0,70*	-0,60*	0,06	-0,59**	-0,48**				
13	1,0	0,67*	0,0	0,65*	0,36	1,0	0,65*	0,55	1,0	0,67**	0,50**				
14	0,67*	1,0	0,65*	1,0	0,87**	0,65*	1,0	0,92**	0,67**	1,0	0,89**				
15	0,67*	0,96**	0,36	-0,87**	1,0	0,55	0,92**	1,0	0,50**	0,89**	1,0				
16									-0,07	0,10	0,01				

Cuadro A-2. Coeficientes de correlación de la roña (*Sphaceloma* sp.) y algunas variables climáticas y agronómicas en las diferentes formas de cultivo.

Variables	T R A T A M I E N T O S					
	Y			Y + C		
	NHE	I	S	NHE	I	S
1 Edad	,45	,06	-,38	,72**	,13	-,39
2 Precip. acum.	,03	-,33	-,54	,30	-,31	-,46
3 Precip. Prom. /día	-,03	-,45	-,68*	,43	-,26	-,56
4 H. R. diaria Prom.	-,05	-,42	-,65*	,44	-,15	-,51
5 Temp. Prom. /día	,92**	,68*	,14	,63	,42	-,01
6 $\sum (-d_{\bar{x}}) \cdot f$ (temp)	-,57	-,26	,04	-,36	-,08	,21
7 $\sum (d_{\bar{x}}) \cdot f$ (temp.)	,58	,74**	,31	,14	,40	-,02
8 $\sum (-d_{\bar{x}}) \cdot f$ (H.R.)	,23	,48	,32	-,07	,09	,15
9 $\sum (d_{\bar{x}}) \cdot f$ (H.R.)	-,06	-,37	-,67*	-,02	-,44	-,72*
10 Succión del H ₂ O del suelo	,56	,80**	,78**	,23	,66*	,72*
11 Días con lluvia \geq 5 mm	-,11	-,55	-,75**	,34	-,38	-,60*
12 Hojas Prom. /planta	,72*	,26	-,23	,62*	,00	-,40
13 Hojas Enf. Prom. /planta	1,0	,82**	,35	1,0	,65*	,13
14 Incidencia	,82**	1,0	,73**	,65*	1,0	,62*
15 Severidad	,35	,73**	1,0	,13	,62*	1,0
16 Grado de asociación						

* coeficientes significativos al 5% de probabilidad

** coeficientes significativos al 1% de probabilidad

Continúa ...

Cuadro A-2. Continuación

T R A T A M I E N T O S

	Y + M		Y + F		Y + M + F		General				
	NHE	I S	NHE	I S	NHE	I S	NHE	I S			
1	.92**	.73**	.86**	.60	.67*	.54	.04	.58**	.36*	-.14	-.40**
2	.50	.04	.29	-.03	.25	.04	-.32	.20	-.10	-.49**	-.48**
3	.44	-.02	.23	-.07	.27	.03	-.40	.20	-.13	-.14	-.48**
4	.28	-.16	.13	-.08	.21	-.05	-.47	.16	-.14	.78**	.75**
5	.89**	.93**	.93**	.77*	.92**	.94**	.60	.78**	.75**	-.35*	-.02
6	-.69*	-.53	-.68*	-.51	-.70*	-.54	-.24	-.55**	-.35*	.49**	.68**
7	.59	.77**	.60	.74*	.62*	.76**	.54	.49**	.68**	.15	.41**
8	.20	.55	.26	.49	.18	.43	.50	.15	.41**	.17	-.09
9	.41	.04	.08	-.14	.33	.09	-.36	.29	.62**	.29	.62**
10	.25	.71*	.48	.66*	.21	.56	.89**	.13	-.23	.79**	.37*
11	.33	-.17	.09	-.24	.22	-.05	-.47	.13	-.23	.79**	.37*
12	.86**	.49	.87**	.55	.80**	.55	-.03	.79**	.37*	.80**	.80**
13	1.0	.84**	1.0	.87**	1.0	.90**	.39	1.0	.80**	1.0	.80**
14	.84**	1.0	.87**	1.0	.90**	1.0	.69*	.80**	1.0	.68**	.68**
15	.28	0.68*	.34	.64*	.39	.69*	1.0	.33*	.68	1.0	1.0

Cuadro A-3. Coeficientes de correlación de algunas variables climáticas y agronómicas con la roya de la yuca (*Uromyces manihotis*) en 5 formas de cultivo.

Variables	T R A T A M I E N T O S											
	Y			Y + C			Y + M			Y + M		
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
1 Días	-,25	0,71**	,17	,71**	,43	,60*						
2 Lluvia acumulada	,04	,70**	,30	,51*	-,43	,59*						
3 Lluvia prom. / día	-,29	,75**	,21	,75**	,43	,60						
4 H. R. prom. / día	-,36	,57**	,22	,65**	,44	,53						
5 Temp. prom. / día	,54*	-,57**	,05	-,74**	-,36	-,69**						
6 $\sum -d_{\bar{x}} \cdot f$ (temp.)	-,59**	0,35	-,11	,60**	,38	,68*						
7 $\sum + d_{\bar{x}} \cdot f$ (temp.)	,22	-,49*	-,34	-,53*	-,43	-,40						
8 $\sum -d_{\bar{x}} \cdot f$ (H.R.)	,35	-,02	-,14	-,24	-,42	-,37						
9 $\sum d_{\bar{x}} \cdot f$ (H.R.)	-,40	,21	-,28	,32	,20	,64*						
10 Tensión humedad del suelo	,28	-,51*	-,29	-,58**	-,42	-,39						
11 Días con lluvia \geq 5 mm	,28	,71**	,25	,71**	,44	,55						
12 NO hojas prom. / planta	-,10	-,18	,45*	,24	,21	,39						
13 Incidencia	1,0	,06	1,0	,25	1,0	,57*						
14 Severidad	,06	1,0	,25	1,0	,57*	1,0						
15 Grado de asociación												

* coeficientes significativos al nivel de 5% de probabilidad

** coeficientes significativos al nivel de 1% de probabilidad

Continúa ...

Cuadro A-3. Continuación

	T R A T A M I E N T O S											
	Y + F				Y + M + F				General			
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
1	,46	,78**	,28	,64*	,13	,71**						
2	,47	,77**	,01	,19	,24	,63**						
3	,46	,77**	,13	,42	,16	,74**						
4	,54	,69*	-,28	-,49	,17	,61**						
5	-,20	-,89**	,00	,17	,03	-,70**						
6	,26	,88**	-,09	-,35	-,06	,58**						
7	-,54*	-,52	,13	,11	-,25*	-,49**						
8	-,65	-,49	,18	,50	-,13	-,23						
9	-,11	,82**	-,30	-,60*	-,16	,39**						
10	-,64*	-,51	-,30	-,58*	-,22	-,53**						
11	,52	,71**	,09	,34	,19	,69**						
12	,50	-,15	,27	,12	,18	0,00						
13	1,0	,25	1,0	,81**	1,0	,28**						
14	,25	1,0	,81**	1,0	,28*	1,0						
15					-0,04	0,22						

Cuadro A-4. Coeficientes de correlación de algunas variables climáticas y agronómicas en 3 sistemas de cultivo con la mancha parda de la yuca. (Cercospora henningsii)

S I S T E M A S

Variables	Y		Y + C		Y + M + F		General	
	I	M ^{1/}	I	M	I	M	I	M
1 Días	,13	,09	,24	,18	,30	,28	,16	,10
2 Lluvia acum.	,03	-,18	-,10	-,33	0,00	-,11	-,01	-,21
3 Lluvia prom./día	,08	-,14	,10	0,0	,18	,13	,08	0,0
4 H. R. prom./día	0,0	-,09	-,03	,03	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Temp. prom./día	-,14	,01	-,15	-,34	-,17	-,21	-,08	-,15
6 $\Sigma d_{\bar{x}.f}$ (temp.)	0,00	,05	,11	,40	,09	,17	,05	,18
7 $\Sigma d_{\bar{x}.f}$ (temp.)	,03	,17	,22	,43	,14	,24	,09	,23
8 $\Sigma d_{\bar{x}.f}$ (H. R.)	,10	-,14	,09	-,19	,17	,08	,09	-,09
9 $\Sigma d_{\bar{x}.f}$ (H. R.)	-,09	-,05	-,21	-,11	-,20	-,21	-,09	-,07
10 Tensión humedad del suelo	-,12	,02	-,30	-,35	-,33	-,35	-,17	-,18
11 Días con lluvia 5 mm	,07	-,15	,07	-,04	,15	,05	,07	-,02
12 Nº hojas pro./pl	-,12	-,02	,38	,02	,36	,22	,04	-,03
13 Incidencia	1,0	,89**	1,0	,59*	1,0	,91**	1,0	,76**
14 Número de manchas (m)	,89**	1,0	,59*	1,0	,91**	1,0	,76**	1,0
15 Grado de asociación de cultivos							0,08	0,10

1/ M: Número de manchas por lóbulo

Cuadro A-5 Coeficientes de correlación de algunas variables agroclimáticas con la mancha blanca de la yuca (Cercospora caribaea) en tres sistemas de cultivo

Variables	Y		Y C		Y M F		General	
	I	NML	I	NML	I	NML	I	NML
Días	-,82**	-,79**	-,70**	-,68**	-,81**	-,79**	-,75**	-,75**
Lluvia acum.	-,39	-,32	-,60*	-,59	-,50*	-,44	-,43**	-,37**
Lluvia prom. /día	-,75**	-,74**	-,76**	-,66**	-,75**	-,80**	-,69**	-,72**
H.R. prom. /día	-,41	-,49	-,45	-,38	-,34	-,56*	-,34**	-,48**
Temp. prom. /día	,54*	,62**	,38	,44	,41	,61*	,44**	,59**
Σ -dx. f (temp.)	-,24	-,36	-,06	-,17	-,07	-,32	-,19	-,38**
Σ dx. f (temp.)	,15	,13	,43	,21	,23	,27	,19	,20
Σ -dx. f (H.R.)	-,59*	-,48	-,65**	-,52*	-,70*	-,53*	-,61**	-,48**
Σ dx. f (H.R.)	,07	-,03	-,06	,00	,14	-,12	,03	-,12
Tensión humedad del suelo	,76**	,76**	,54*	,60*	,69**	,71**	,67*	,71**
Días con lluvia \geq 5 mm	-,72**	-,71**	-,75**	-,64**	-,73**	-,78**	-,66**	-,70**
Nº hojas prom. /pl.	,36	,40	-,13	,22	,51*	,67**	,29*	,38**
Incidencia	1,0	,82**	1,0	,85**	1,0	,90**	1,0	,87**
Sistema de cultivo	,82*	1,0	,85**	1,0	,90**	1,0	,87**	1,0
Grado de asociación							-0,10	-0,05

* Coeficientes significativos al nivel de 5%

** Coeficientes significativos al nivel de 1%

l/ NML: número de manchas por lóbulo

Cuadro A-6. Coeficientes de correlación de algunas variables agroclimáticas con la muerte descendente (Colletotrichum sp. ?)

Variables	Número de puntos susceptibles	Plantas afectadas (%)	Núm. de puntos susceptibles afectados	Intensidad de daño (I.D.) %
1) Número de tallos principales	-0,57***	0,77***	0,74***	0,84***
2) Número de puntos susceptibles	1,0	-0,65***	0,62***	0,38***
3) Plantas afectadas (%)	-0,65***	1,0	0,29**	0,32**
4) Intensidad de daño (I.D.) %	-0,38***	0,32**	0,91***	1,0
5) Número de puntos susceptibles afect.	-0,62***	0,29**	1,0	0,91***
6) Grado de asociación (sistema)	0,59***	-0,26*	-0,99***	-0,93***
7) Nivel de manejo	0,36***	-0,64***	0,43***	0,50***
8) Días (edad)	0,26*	-0,16	0,56***	0,78**
9) Lluvia acumulada	0,64***	-0,27**	-0,99***	-0,90***
10) Lluvia prom. /día	0,09	-0,74***	-0,22*	-0,50***
11) Humedad relativa	-0,44***	0,90***	-0,12	-0,08
12) Temperatura prom. /día	0,0	0,0	0,00	0,00
13) $(\sum - D\bar{X}) \cdot f$ (temp.)	-0,16	0,22*	0,22*	0,24*
14) $(\sum D\bar{X}) \cdot f$ (temp.)	-0,10	0,18	0,16	0,20
15) $(\sum - D\bar{X}) \cdot f$ (H.R.)	-0,01	0,21	0,06	0,15
16) $(\sum D\bar{X}) \cdot f$ (H.R.)	-0,07	0,18	0,13	0,18
17) Tensión de humedad del suelo	0,00	0,00	0,00	0,00
18) Días con lluvia \geq 5 mm	0,00	0,00	0,00	0,00

* Coeficientes significativos al 5% de probabilidad

** Coeficientes significativos al 1% de probabilidad

*** Coeficientes significativos al 0.1% de probabilidad