

16.642 e  
Esp.

En 1980 se dio énfasis al estudio de las enfermedades presentes, a los cambios en severidad de las mismas y al comportamiento de los clones de yuca en cada uno de cinco ecosistemas diferentes. Se está investigando para identificar resistencia de tipo amplio a los problemas bióticos existentes y determinar su estabilidad en estos ecosistemas.

En este año se investigó la relación entre la reacción de la planta al añublo bacterial de la yuca (CBB) en el invernadero y en el campo, así como su estabilidad a través de varios ciclos continuos. Se iniciaron estudios en el campo para examinar las diferencias en la severidad de CBB, superalargamiento y antracnosis en parcelas monoclonales y multiclonales a niveles altos y bajos de inóculo.

Se encontró la fase sexual del agente causal del superalargamiento y se está investigando su implicación en las interacciones hospedero-patógeno. En CIAT-Palmira se identificó la pudrición de la raíz y del tallo causada por *Diplodia*, enfermedad que con CBB, cuero de sapo y otras de tipo viral constituyen el grupo de enfermedades de la yuca más severas para la producción y distribución de material vegetativo de siembra.

Se realizaron estudios etiológicos sobre la caracterización del agente causal de la enfermedad cuero de sapo.

### Añublo Bacterial de la Yuca

**Selección por resistencia.** Las reacciones de la planta a la infección del añublo bacterial de la yuca (CBB) fueron muy similares bajo condiciones controladas (a través de la técnica de inoculación por corte de hoja, CIAT, Informe Anual 1975) y durante el primer ciclo de evaluación bajo condiciones de campo.

El patógeno se encontró invadiendo los tallos a los 5 cm del suelo, tanto en genotipos susceptibles como en

aquellos con resistencia intermedia y en genotipos resistentes; sin embargo, el grado de recuperación del patógeno en los genotipos susceptibles fue mayor que en los otros dos. Aunque la invasión bacterial a través del sistema vascular correlacionó positivamente entre los tipos susceptibles evaluados según los síntomas externos ( $r = 0.914$  para la reacción en el invernadero y  $0.927$  para la reacción en el campo, ambas significativas al nivel de  $0.1\%$ ), se observaron varias excepciones.

Puesto que el patógeno tiene baja actividad pectinásica, los tejidos maduros de tallos infectados pueden aparecer libres de síntomas; las células bacteriales que sobreviven en los vasos del xilema de estos tallos maduros utilizados como material de siembra, se mueven sistémicamente a través de los tejidos de plantas jóvenes, las cuales a su vez sirven como fuente de inóculo en el próximo ciclo.

En consecuencia, cuando los grados de resistencia de un material se asignan después de sólo un ciclo de evaluación en el invernadero o en el campo, la proporción de estacas infectadas de genotipos aparentemente resistentes o de resistencia intermedia aumenta después de varios ciclos de siembra continua. El uso continuo de dicho material "resistente" podría implicar un descenso progresivo en la densidad de la población de plantas debido a la falta de germinación, a una reducción en el vigor de las plantas a causa de la pudrición bacterial de la raíz y a una aparición temprana de epidemias severas.

Lo anterior se corroboró con los resultados obtenidos después de sembrar varios genotipos en Carimagua durante cuatro ciclos, usando material de siembra de dicha localidad (Figura 1). Debido a la baja fertilidad del suelo en esta región, la producción de material de siembra disminuyó hasta cerca del 60% de la obtenida con el material de CIAT-Palmira. Aunque los genotipos resistentes (grupo I, Figura 1), en los que la infección bacterial en el tallo fue muy baja o nula, produjeron una cantidad constante de estacas durante un período de

cuatro ciclos, los otros genotipos resistentes o intermedios sólo sobrevivieron durante dos o tres ciclos (grupos II y III, Figura 1). Los genotipos susceptibles se eliminaron durante el primero o el segundo ciclos.

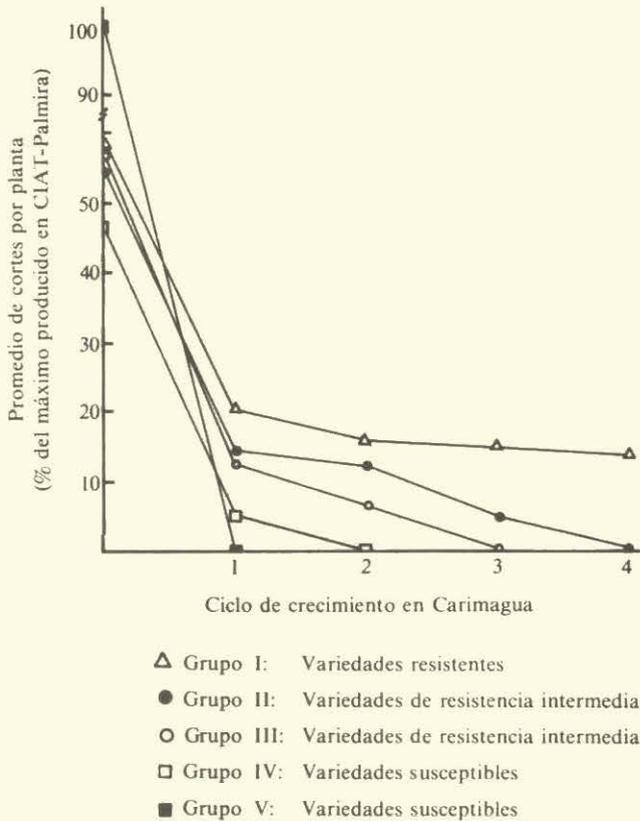


Figura 1. Supervivencia en el ecosistema de Carimagua de genotipos de yuca con reacciones diferentes al añublo bacterial de la yuca después de cuatro ciclos continuos de cultivo con material de siembra producido localmente.

La información indica la gran importancia que tiene la condición sanitaria del material de siembra sobre la estabilidad del genotipo, la existencia de genotipos con resistencia durable a CBB en *Manihot esculenta* y la necesidad de evaluar el material ensayándolo en el campo por varios ciclos continuos en áreas en donde CBB sea endémica, para identificar exactamente los genotipos con resistencia durable a CBB. La evaluación final de resistencia sería el resultado de datos sobre la reacción de la planta, la producción de estacas y la calidad del material de propagación.

**Epidemiología.** En Media Luna y Carimagua se han encontrado considerables fluctuaciones anuales en el

ataque de CBB. Esto sugiere la necesidad de evaluaciones continuas durante años para identificar niveles suficientemente buenos de resistencia durable.

## Superalargamiento

**Agente causal.** Se ha encontrado la fase sexual del agente causal del superalargamiento (*Sphaceloma manihoticola*), la cual se ha observado en abundancia en varias localidades.

Tomando como base los estudios morfológicos de muestras colectadas en Carimagua, CIAT-Quilichao, Media Luna y México, esta fase se ha identificado tentativamente como un loculoascomyceto, una de las especies de *Elsinoe*; la revisión de literatura preliminar indica que ésta puede ser una especie no descrita; las fases de crecimiento del hongo se muestran en la Figura 2. Con una excepción, todas las fases sexuales conocidas de las especies de *Sphaceloma* son *Elsinoe*.

Los aislamientos de ascosporas individuales produjeron colonias de *S. manihoticola*, típicas y similares a las descritas para otros miembros del género. Los cultivares susceptibles inoculados con estas colonias mostraron síntomas característicos de superalargamiento y el aislamiento repetido produjo *S. manihoticola*.

Esta fase sexual, que es bastante común, sugiere que el patógeno puede ser patogénicamente variable. Las observaciones preliminares de campo y experimentos previos en el laboratorio sostienen la existencia de razas fisiológicas (ver abajo y CIAT Informe Anual, 1977); se ha iniciado una minuciosa investigación al respecto.

**Epidemiología.** En Carimagua se inició un experimento multiclinal para probar la influencia de variedades con resistencia variable sobre el desarrollo de epidemias y sobre el rendimiento (producción de raíces y estacas).

Se sembraron ocho variedades de tal manera que dos plantas de la misma variedad no quedaran adyacentes; se sembraron parcelas puras para comparación, tanto cerca de las parcelas multiclinales como a 2 km de distancia de cada variedad. Debido a que la información es preliminar e incompleta sólo se presentan algunos de los resultados más interesantes.

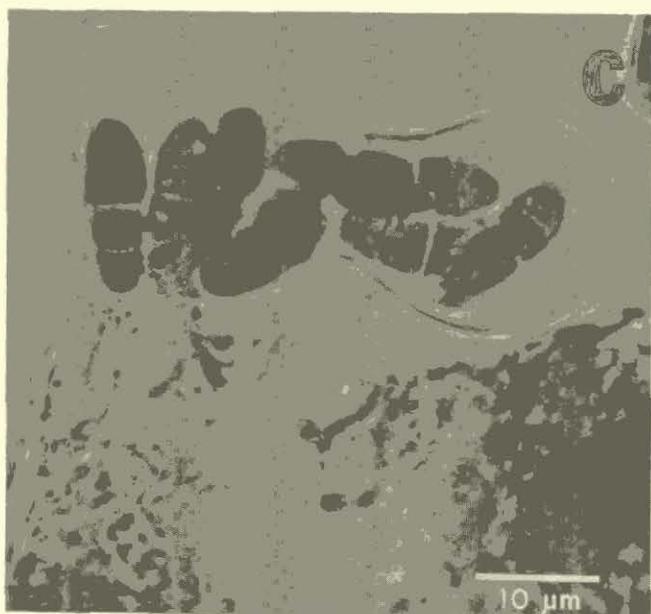
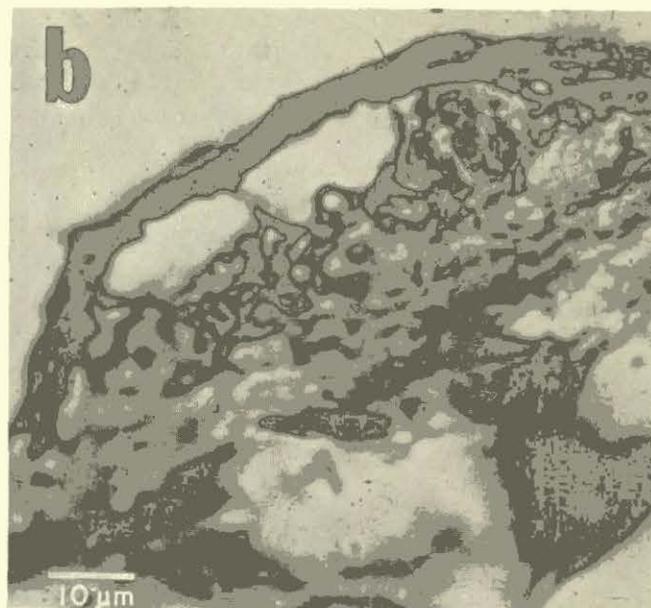
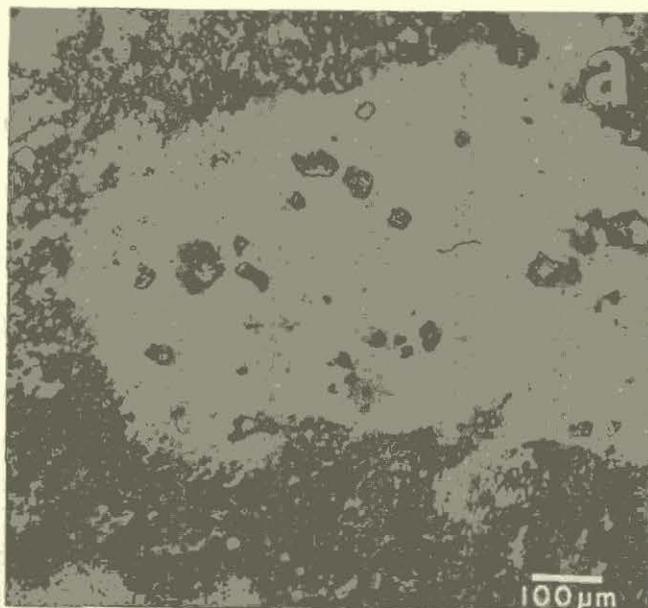


Figura 2. *Ascostroma*, *ascas* y *esporas* de la fase sexual de *Sphaeloma manihoticola*, identificada tentativamente como una especie de *Etiaes*; (a) *Ascostroma* en la superficie de una lesión del tallo; (b) sección de un *ascostroma* que muestra lóculos bien definidos con una sola *asca* globosa por lóculo; (c) *asca* bitunicada rota que muestra ocho *ascosporas*; (d) *ascosporas* que presentan carácter muriforme.

La Figura 3 muestra que en las parcelas multiclonales las variedades presentaban un poco más severidad de superalargamiento que las mismas variedades en las parcelas puras. De acuerdo con evaluaciones de campo durante el periodo favorable a la enfermedad, las plantas de CMC 40 actuaron como foco para subepidemias en las parcelas multiclonales; así al intercalar una variedad susceptible con variedades más resistentes parece que se aumentó el nivel total de severidad en todas las variedades en vez de inducir protección en la variedad susceptible.

Dirección

Esto es contrario a lo que se esperaba de acuerdo con las investigaciones epidemiológicas llevadas a cabo con cereales; para el próximo año se están planeando investigaciones con el fin de clarificar estos resultados.

Es interesante comparar la severidad de la enfermedad en CMC 40 y en otras variedades dentro del sitio multiclonal y entre este sitio y el localizado a 2 km de distancia, en donde la severidad del superalargamiento era muy superior.

En el sitio multiclinal, todas las variedades que se consideraban resistentes o de resistencia intermedia según evaluaciones de años recientes, fueron más afectadas que esas mismas variedades en el sitio distante; este hecho fue muy notorio en CMC 40 (Figura 3).

Considerando el nivel de la enfermedad en las variedades susceptibles sembradas al lado de CMC 40 y el de las otras variedades resistentes, los bajos niveles de la enfermedad en éstas, no se podrían deber a escapes. La diferencia en susceptibilidad dentro de un clon bajo condiciones ambientales más o menos uniformes es consistente con la existencia de razas fisiológicas del patógeno.

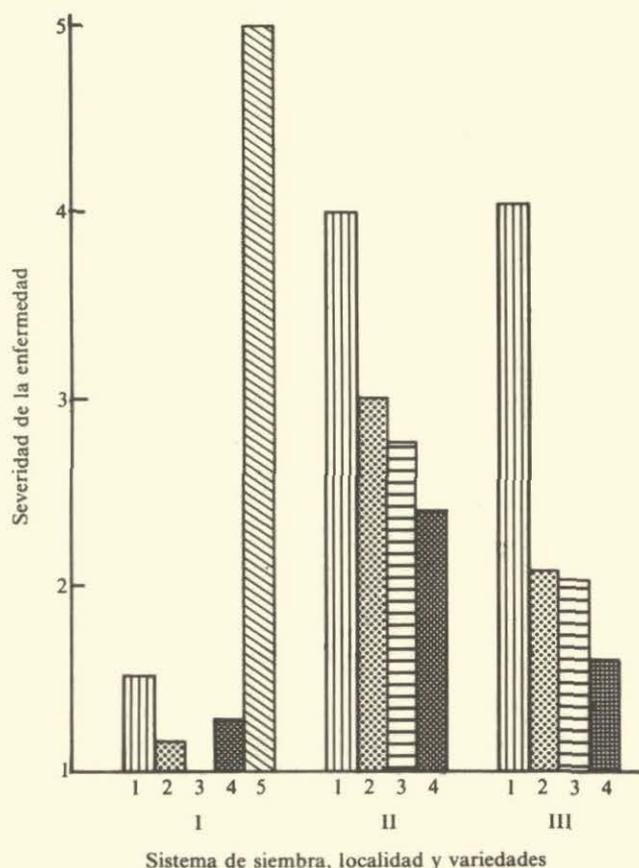


Figura 3. Comparación de la incidencia de superalargamiento entre variedades sembradas por sistema multiclinal. Grupos: I= siembras distantes (a 2 km de las siembras principales); II= siembras en un diseño multiclinal, en un área de baja presión de inóculo; III= siembra en parcelas monoclonales (puras) adyacentes a parcelas multiconales. Variedades: 1= CMC 40; 2= M Ecu 82; M Ven 77, M Pan 12B y M Pan 19; 3= M Col 1914 y M Col 1916; 4= M Col 638; 5= varias variedades susceptibles en sitios apartados; éstas murieron por superalargamiento, pero se incluyeron para revelar la presión del inóculo en dicho lugar.

## Pudrición de la Raíz y del Tallo causada por *Diplodia*

**Agente causal.** En el Valle del Cauca en Colombia se observaron severos brotes de pudrición radical y del tallo, causados por *Diplodia*. Esta enfermedad se ha registrado como una de las más serias en las plantaciones brasileñas de yuca, así como en Africa, India y Cuba.

El agente causal se aisló e identificó como *Diplodia manihotis* Sacc., que puede ser sinónimo con *Botryodiplodia manihotica* Petr.; la confirmación de esta sinonimia aguarda estudios taxonómicos adicionales.

El hongo produce grupos de picnidios sobre las estructuras del estroma situadas debajo de los tejidos epidermales, que son necrosados. Los picniósporos inmaduros son transparentes y los maduros están formados por dos células oscuras de paredes gruesas; estas células son liberadas cuando se abre el picnidium, lo que ocurre en su mayor parte durante períodos de lluvia.

Se está investigando la penetración, el establecimiento y la invasión del hongo.

**Epidemiología.** Existen dos fases en la enfermedad. La primera fase es una pudrición radical cuya infección se inicia a partir de suelos infestados, o por el uso de estacas enfermas tomadas de plantas enfermas. En este caso, el hongo que es un parásito facultativo, puede infestar el suelo y permanecer indefinidamente como saprófito; cuando las plantas se infectan muestran deterioro en la raíz, marchitez repentina y muerte, con síntomas similares a los inducidos por otros patógenos que causan pudriciones radicales.

La segunda fase es la pudrición en el tallo, generalmente inducida por la invasión sistémica a partir de las raíces o por una infección de picniósporos sobre el tallo. El hongo invade la mayor parte de los tejidos del tallo produciendo gomosis, marchitez repentina parcial o total, muerte descendente y necrosis del floema y del xilema. Los picnidios se producen fácilmente sobre la epidermis de los tallos infectados. Durante esta segunda fase, las raíces y los tallos maduros pueden permanecer sin síntomas; los tallos infectados sistémicamente pueden no exhibir síntomas externos y ser erróneamente seleccionados para material de siembra.

Los síntomas de esta enfermedad se pueden confundir con los causados por antracnosis, muerte descendente por *Phoma* y superalargamiento, CBB, estrés por sequía,

salinidad, insectos y araña roja; sin embargo, el agente causal se puede identificar fácilmente por las características de los picnidios y picniósporos producidos. El hongo se disemina a través de largas distancias por medio de las estacas infectadas que se transportan como material de siembra; dentro de una plantación, probablemente el viento y la salpicadura del agua de lluvia sean más importantes para la diseminación de picniósporos, aunque algunas veces también pueden serlo la maquinaria para preparación de la tierra y el agua de riego.

## “Viruela” de las Raíces

La viruela se ha encontrado en Colombia asociada con un insecto chupador subterráneo (Cydnidae) que causa el daño inicial, aunque también otros agentes como los nemátodos pueden causar daños similares y podrían iniciar el desarrollo de síntomas similares.

El insecto, que se describe en el capítulo sobre entomología del presente informe, introduce su estilete a través de la epidermis y de la corteza de la raíz dañando los tejidos de la misma e inoculándolos con microorganismos del suelo, hongos en su mayoría. A partir de estas lesiones se han aislado varias especies de hongos que, por inoculaciones artificiales hechas simulando el daño del insecto, han inducido síntomas similares (Figura 4).

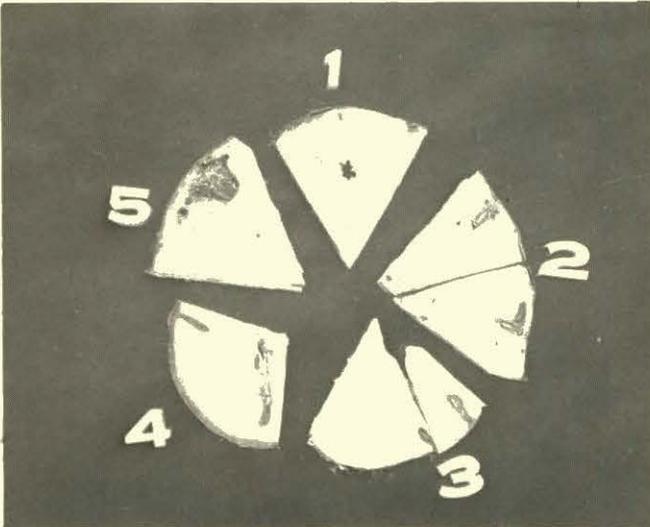


Figura 4. Viruela de la yuca inducida 24 horas después de inocular la raíz con una aguja infestada con suspensiones de esporas, así: 1 = testigo; 2 = *Genicularia*; 3 = *Aspergillus*; 4 = *Fusarium*; 5 = *Pythium*.

Los microorganismos causantes de la viruela degradan los tejidos de la raíz causando pudriciones que inicialmente son localizadas pero que luego pueden invadir la raíz entera a través del sistema vascular; las lesiones jóvenes son manchas de color café claro a oscuro.

Los síntomas son más notorios y las lesiones más frecuentes en las raíces gruesas y durante los períodos de cosecha. Una zona contigua a las lesiones que presenta una fluorescencia azul clara al iluminarla con luz UV, sugiere que el mecanismo de deterioro podría estar relacionado con el que ocurre en el deterioro fisiológico posterior a la cosecha.

## Cuero de Sapo

En 1980 se continuaron los estudios sobre caracterización del agente causal de la enfermedad conocida como cuero de sapo, con énfasis en aspectos de detección, transmisión y aislamiento.

Un estudio citológico reveló considerable degeneración del floema de las raíces jóvenes que muestran síntomas del cuero de sapo, así como la presencia de inclusiones masivas que bloquean el parénquima del floema en estos tejidos. Ocasionalmente se detectaron inclusiones similares en el floema de los peciolos y en la nervadura central de las hojas de plantas enfermas, pero dichas inclusiones no se detectaron en los tejidos del floema de plantas sanas. Sobre la base de estas observaciones se han sugerido como probables agentes causales organismos tales como micoplasma o virus limitados al floema.

La posibilidad de que se trate de virus limitados al floema, tales como los del grupo closterovirus se está investigando actualmente; los resultados preliminares han demostrado la presencia de partículas de filamentos largos similares a los closterovirus en preparaciones, parcialmente purificadas de raíces de yuca afectadas con cuero de sapo; todavía se desconoce si estas partículas son en realidad viriones o artefactos.

Se volverá a investigar la posibilidad de que un organismo semejante a micoplasma sea el agente causal de la enfermedad cuero de sapo, a pesar de los resultados negativos que se obtuvieron en las primeras pruebas.

En los estudios sobre transmisión de la enfermedad, los resultados preliminares en el campo sugieren que el cuero de sapo se transmite eficientemente (hasta 62%) a través de injertos naturales en las raíces siempre y cuando las

estacas se siembren a distancias menores de un metro. El daño natural de las raíces o la existencia de vectores en el suelo, sin embargo, no se han descartado como posibles mecanismos de transmisión. La transmisión a través de la semilla sexual no se ha observado en plantas de nueve meses cultivadas a partir de semillas de 46 clones diferentes de yuca afectados con la enfermedad cuero de sapo.

Hasta ahora no se han encontrado hospederos alternantes entre 50 especies de plantas que se han inoculado siguiendo los mecanismos convencionales.

La fertilización con 200-200-100 kg/ha de N-P-K aumentó la expresión de síntomas especialmente en el cultivar M Col 22.

## Estudios Ambientales

**Selección por resistencia durable a problemas bióticos.** La evaluación del germoplasma en el pasado ha mostrado que existe la resistencia durable a problemas bióticos de cada ecosistema, aunque la frecuencia es relativamente baja.

Las evaluaciones de las secciones de Patología y Entomología consisten en sembrar consecutivamente los genotipos en cada ecosistema; se utiliza material de siembra producido en el mismo ecosistema y al año siguiente se siembran los genotipos que sobreviven y producen material de siembra adecuado de buena calidad.

El Cuadro 1 reúne los resultados obtenidos hasta ahora en este trabajo; se observa que en Popayán las variedades estables se podrían identificar después del cuarto ciclo y en Carimagua después del tercero; en Media Luna, la estabilidad de las variedades seleccionadas no ha sido confirmada, hasta el tercer ciclo.

Es importante insistir en que la resistencia identificada en estas evaluaciones no sólo parece incluir resistencia durable a todos los problemas bióticos que existen en el sitio de la evaluación sino también a los problemas abióticos del ecosistema.

**Relaciones yuca-ecosistema.** Los estudios sobre ecosistemas se iniciaron en 1978 (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979) y se continuaron durante el período de 1979-1980, cuando se hizo la cosecha correspondiente al primer ciclo; los cultivares que produjeron material de siembra prosiguieron a un segundo ciclo.

Todas las enfermedades y plagas identificadas durante 1979 en cada uno de los cinco ecosistemas del área de acción del Programa de Yuca se presentaron en 1980, con excepción de la enfermedad "ceniza" que se detectó por primera vez este año en Caribia y Media Luna (Cuadro 2). Sin embargo, en este año la antracnosis (causada por *Colletotrichum* spp., diferentes especies para cada ecosistema) fue más severa en Caribia y Carimagua, que en los otros ecosistemas; la mancha parda también fue muy severa en Caribia y Media Luna, y la mancha blanca lo fue en Caribia.

El chinche de encaje (*Vatiga* spp.) que no tuvo importancia durante la época de lluvias de 1979, causó severos daños durante el mismo período de este año en Carimagua. Los trips fueron importantes en CIAT-Palmira, las moscas de las agallas en Carimagua y las cochinillas en Popayán. Las poblaciones y el daño de las arañitas rojas (especies *Mononychellus* y *Oligonychus*) han aumentado considerablemente en el ecosistema de CIAT-Palmira. En general, entre 1979 y 1980 se observaron fluctuaciones en la dinámica de las poblaciones, en la severidad de las enfermedades y en el daño de los insectos para cada ecosistema.

Cuadro 1. Resultados de la selección por resistencia durable a problemas bióticos de la yuca en tres ecosistemas.

Ecosistema	No. de genotipos por ciclo continuo de evaluación <sup>1</sup>					
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 8
Popayán	1708 (100) <sup>2</sup>	217 (12.7)	67 (3.9)	10 (0.6)	10 (0.6)	10 (0.6)
Carimagua	1379 (100)	65 (4.7)	13 (0.9)	12 (0.9)		
Media-Luna	391 (100)	116 (29.7)	29 (7.4)			

<sup>1</sup> En el primer ciclo se usó material de siembra del CIAT Palmira y se hicieron dos replicaciones en todos los sitios; se sembró en surcos individuales con 5 plantas/genotipo en Carimagua y Media Luna y 11 en Popayán. Para el segundo ciclo se sembraron promedios de 15 plantas/parcela/genotipo usando estacas producidas localmente. Para el tercer ciclo y los restantes se sembraron 30 plantas/parcela/genotipo con tres replicaciones y con estacas producidas localmente.

<sup>2</sup> Los valores entre parentesis representan el % del número total de genotipos sembrados en el primer ciclo.

Cuadro 2. Factores bióticos negativos en la producción de yuca, identificados y evaluados en cinco ecosistemas en Colombia durante 1979 (Ciclo 1) y 1980 (Ciclo 2).<sup>1</sup>

Factores	Ecosistema									
	Caribia		Media Luna		Carimagua		CIAT-Palmira		Popayán	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980	1979	1980	1979	1980
<b>Enfermedades</b>										
Añublo bacterial	M <sup>1</sup>	M	L	M	S	S	NP	NP	NP	NP
Superalargamiento	L	L	L	S	S	S	NP	NP	NP	NP
Mancha de anillos										
circulares	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	S	M
Antracnosis	M	S	L	M	S	S	S	L	S	M
Mancha parda	M	S	S	S	M	L	L	M	NP	NP
Añublo pardo fungoso	M	M	L	M	M	NP	L	M	NP	NP
Mancha blanca	M	S	M	M	NP	NP	NP	NP	NP	L
Pudrición bacterial del tallo	L	L	L	L	L	L	M	M	NP	NP
Ceniza de la yuca	NP	L	NP	M	NP	NP	L	S	M	M
Mosaico común	L	M	L	M	NP	NP	M	M	S	S
Cuero de sapo	NE	L	NE	L	NE	NP	NE	M	NE	NP
"Viruela" de la raíz	NE	L	NE	M	NE	NP	NE	L	NE	NP
Pudrición de raíces	NE	L	NE	L	NE	L	NE	M	NE	NP
<b>Insectos</b>										
Gusano cachón	L	L	L	L	S	L	L	L	L	L
Mosca blanca	M	L	M	L	L	L	L	L	L	L
Trips	M	M	L	L	M	M	S	S	L	L
Chinchas de encaje	L	M	L	L	M	S	M	M	L	NP
Mosca del cogollo	L	L	L	NP	L	L	M	L	NP	NP
Mosca de la fruta	L	L	NP	NP	L	NP	L	L	L	NP
Crisoméidos	NP	NP	NP	NP	NP	NP	M	M	NP	NP
Mosca de las agallas	L	L	L	L	M	S	L	NP	NP	NP
Comejenes	L	L	M	M	L	L	NP	NP	NP	NP
Barrenador del tallo	NP	NP	NP	NP	M	M	NP	NP	NP	NP
Hormigas cortadoras de hojas	NP	NP	NP	NP	M	NP	NP	NP	NP	NP
Cochinillas	NP	NP	L	NP	L	L	NP	NP	S	S
<b>Acaros</b>										
<i>Mononychellus</i>	L	L	M	M	L	L	M	S	L	L
<i>Tetranychus</i>	L	L	L	L	L	L	L	M	NP	NP
<i>Oligonychus</i>	L	M	L	L	M	NP	M	S	M	S

<sup>1</sup> Evaluaciones: S = daño severo; M = daño moderado; L = daño ligero; NP = no se presentó; NE = sin evaluar.

Cuadro 3. Fluctuaciones y valores promedios para los parámetros seleccionados de rendimiento, calidad y almacenamiento, de 31 cultivares de yuca sembrados en cinco ecosistemas.

Ecosistema	Rendimiento (ton/ha)		Almidón en las raíces (ton/ha)		Prod. de estacas por planta		Índice de cosecha <sup>1</sup>		Contenido de HCN <sup>2</sup>		Deterioro <sup>3</sup> de la raíz	
	Fluctuación	Prom.	Fluctuación	Prom.	Fluctuación	Prom.	Fluctuación	Prom.	Fluctuac.	Prom.	Fluctuac.	Prom.
CIAT-Palmira	74.1 - 0.0	24.4	24.7 - 0.00	7.68	18 - 0.6	10.0	0.65 - 0.00	0.41	5 - 1	2.64	90.0 - 1.6	26.5
Media Luna	19.0 - 0.4	9.5	3.7 - 0.06	1.89	11 - 1.0	5.0	0.65 - 0.13	0.44	5 - 1	2.87	7.6 - 0.0	1.4
Carimagua	10.7 - 0.5	2.5	2.8 - 0.01	0.69	5 - 0.0	1.0	0.66 - 0.02	0.39	5 - 2	3.29	26.9 - 0.0	1.4
Caribia	55.9 - 2.4	23.2	16.3 - 0.33	6.43	16 - 2.0	8.2	0.61 - 0.12	0.40	5 - 1	2.99	28.1 - 0.0	3.6
Popayán	21.3 - 0.2	4.9	6.9 - 0.04	1.55	8 - 0.0	2.3	0.66 - 0.10	0.36	5 - 1	2.70	82.6 - 2.3	27.1

<sup>1</sup> Índice de cosecha =  $\frac{R}{R + F} \times 100$ , en donde R = peso de raíces frescas y F = peso del follaje

<sup>3</sup> Deterioro (%) tres días después de la cosecha.

<sup>2</sup> Contenido de HCN por el método del papel de picrato: 5 = alto y 0 = bajo.

Las diferencias dentro y entre los cinco ecosistemas fueron considerables para las características que resume el Cuadro 3. La fluctuación del rendimiento en CIAT-Palmira fue similar a la de Caribia, pero los promedios en estos ecosistemas fueron notablemente mayores que en los otros tres; el número de estacas y la producción de almidón también tuvieron un comportamiento semejante al del rendimiento. Las diferencias en las fluctuaciones y en los promedios para el índice de cosecha y para el contenido de HCN fueron similares en todos los ecosistemas. Sólo en CIAT-Palmira y Popayán se encontró una amplia fluctuación en la susceptibilidad al deterioro; en los otros ecosistemas la mayoría de los cultivares fueron notablemente resistentes.

En general, los rendimientos y en especial el índice de cosecha correlacionaron bien entre todos los ecosistemas excluyendo Popayán; no obstante CIAT-Palmira correlacionó con Carimagua solamente en índice de cosecha.

Las correlaciones que se hicieron respecto al contenido de HCN fueron generalmente bajas, y tanto la susceptibilidad al deterioro fisiológico como el número de estacas no presentaron ninguna relación entre los ecosistemas, excepto para Carimagua y Media Luna.

Popayán fue obviamente diferente de los otros ecosistemas. Los cultivares mejores allí, conocidos como las variedades regionales, produjeron bajos rendimientos en los demás ecosistemas y especialmente en la costa norte colombiana (Caribia); igualmente, los cultivares locales de la costa norte no tuvieron buen comportamiento en Popayán.

Tomando como base estas relaciones, CIAT-Palmira y Caribia tienen algunas semejanzas, así como Media Luna las tiene con Caribia y Carimagua, pero las diferencias entre los ecosistemas son aún considerables; así por ejemplo, el rendimiento, el contenido de almidón, el número de estacas, la evaluación general y la susceptibilidad al deterioro de la raíz en CIAT-Palmira no mostraron correlación significativa con Carimagua.

Esto demuestra la importancia de llevar a cabo la selección varietal a nivel de ecosistema en la fase más temprana de cualquier programa de mejoramiento, lo que es particularmente verdadero para Popayán y Carimagua. La selección se debe continuar hasta que se logre la estabilidad en el rendimiento y en las características de selección, utilizando material de siembra producido en el sitio; sin embargo, la alta correlación entre muchas características en Media Luna y Carimagua sugiere que el material similar puede ser útil en ambos ecosistemas.

## Deterioro Posterior a la Cosecha

Durante este año las dos áreas principales de investigación han sido el estudio de la variación encontrada en el campo dentro y entre cultivares con respecto a su susceptibilidad al deterioro, y el análisis de los procesos bioquímicos que llevan al deterioro fisiológico. En ambas áreas se ha logrado considerable progreso.

Repetidas evaluaciones sobre la susceptibilidad al deterioro fisiológico mostraron que dentro de un cultivar se puede encontrar una amplia gama de valores (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979). Para el cultivar más estudiado, M Col 22, los valores máximo y mínimo de deterioro en CIAT-Palmira fueron de 98% y 18% respectivamente, en tanto que en otros sitios se encontraron valores aún más bajos (0% en Popayán y en Carimagua). Los valores obtenidos a partir de algunos otros cultivares mostraron patrones similares.

La amplia fluctuación de la susceptibilidad dentro de un cultivar en un sitio dado, hace difícil o de dudosa validez la descripción de cultivares como "resistentes" o "susceptibles" al deterioro fisiológico.

**Estudios de poda.** Se ha demostrado repetidamente que la poda de plantas antes de la cosecha reduce la susceptibilidad al deterioro fisiológico (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979).

Experimentos con plantas de M Col 22 han demostrado que el efecto de la poda sobre la reducción del deterioro fisiológico ocurre aun sin eliminar los retoños del trozo podado, aunque inicialmente la pérdida de susceptibilidad es mayor en tratamientos con menos retoños. Se encontró además que el efecto de la poda, independientemente de la remoción de rebrotes dura mucho más que el informado previamente; a las nueve semanas o más después de la poda, las plantas aún no mostraban signos de pérdida de resistencia al deterioro fisiológico. No obstante, asociada con la poda hay una pérdida en la calidad de las raíces (reducido contenido de almidón) que se debe considerar.

**Estudios de la influencia del ecosistema sobre el deterioro fisiológico.** En este año se realizaron evaluaciones sobre el deterioro de las raíces de 25 cultivares en cinco sitios de ecosistemas diferentes. Las diferencias de los cultivares entre los ecosistemas fueron grandes, sin mostrar correlaciones significativas; en Carimagua, Media Luna y Caribia, la mayoría de los cultivares mostró una marcada resistencia, no obstante su susceptibilidad en CIAT-Palmira y Popayán; en estos dos sitios se produjo la variación esperada en los porcentajes de deterioro.

La correlación entre el porcentaje de deterioro y el contenido de almidón de las raíces (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979) fue significativa sólo en CIAT-Palmira ( $r = 0.680$ ,  $P = 0.001$ ) y Popayán ( $r = 0.558$ ,  $P = 0.01$ ). En los otros ecosistemas hubo una amplia variación en los contenidos de almidón, aunque todos los valores del porcentaje de deterioro fueron bajos.

La defoliación causada por insectos, enfermedades o sequía en los meses anteriores a la cosecha han podido tener el mismo efecto que la poda, y en consecuencia inducir resistencia al deterioro fisiológico. En los tres ecosistemas donde se encontraron valores bajos en el porcentaje de deterioro había ocurrido una defoliación sustancial antes de la cosecha, causada tanto por factores bióticos como abióticos. Actualmente se realizan experimentos controlados para ver si la resistencia en el campo está relacionada con la severidad de la sequía y otros factores.

### Estudios Bioquímicos

El examen de las raíces bajo luz UV, entre 24 y 48 horas después de la cosecha, reveló la presencia en el tejido del parénquima de una fluorescencia azul brillante que no se observó en las raíces recién cosechadas. Las áreas fluorescentes fueron las primeras en desarrollar en los

tejidos la pigmentación característica del deterioro fisiológico. En el CIAT y en TPI (J.E. Rickard), se han realizado observaciones durante el estudio microscópico del deterioro primario en raíces de yuca.

Los estudios cromatográficos de J.I. Rickard en TPI han mostrado que el compuesto de la fluorescencia azul tiene periodos de retención idénticos a los del escopoletín, un derivado de la cumarina. Estudios independientes en el CIAT están de acuerdo con esta identificación. Las aplicaciones exógenas de altas concentraciones ( $500 \mu\text{gml}^{-1}$ ) de escopoletín al tejido de raíces recientemente cosechadas induce una rápida e intensa decoloración de los tejidos vasculares y del parénquima, idéntica a la que se encuentra en las raíces deterioradas naturalmente; la aplicación de una amplia gama de compuestos fenólicos relacionados no tuvo efectos sobre raíces sanas. El escopoletín aplicado a los tejidos de raíces podadas produjo una reacción idéntica a la del tejido de la raíz sin podar, lo cual sugiere que la resistencia en las raíces podadas no se debe a incapacidad para responder al escopoletín.

Las raíces atacadas por varios hongos (*Aspergillus* sp., *Fusarium* spp., etc.) también tuvieron áreas con fluorescencia azul y decoloración en los vasos alrededor de las áreas infectadas, lo que sugiere que la acumulación de escopoletín es una respuesta general al estrés en el tejido de la raíz.

