

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. - CIAT
PROGRAMA DE YUCA

I-85
11.980

9418

Programa de Yuca Informe 1980

9418



CIAT

Informe 1980

Programa de Yuca

CIAT

9.418

0579

Analizado PAOT / TRURAL

Plantas

ISSN 0120 2332

Serie CIAT No. 02SCI-81

Noviembre 1981

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

11 FEB. 1982

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

Informe Anual del Programa de Yuca 1980



Centro Internacional de Agricultura Tropical, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISSN 0120-2332
Serie CIAT 02SC1-81
Noviembre 1981

Cita bibliográfica:

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1981. Informe Anual del Programa de Yuca, 1980. Cali, Colombia. 100p.

Tiraje: 1500 ejemplares.

Disponible también en inglés.

Este informe hace parte de la serie de informes anuales de 1980 publicados en inglés y en español para los Programas de Yuca, Frijol, Arroz y Pastos Tropicales del CIAT.

Contenido

Fisiología	5
Desarrollo y Rendimiento en Condiciones de Sequía	5
Desarrollo y Rendimiento en Periodo de Recuperación	8
Calidad de las Raíces en Condiciones de Sequía y de Recuperación	9
Análisis del Rendimiento en Función del Desarrollo y Morfología de la Planta	9
Entomología	11
Gusano Cachón de la Yuca	11
Piojo Harinoso	11
Barrenadores del Tallo	13
Mosca Blanca	14
Acaros	15
Mosca de la Fruta	16
Chinche de Encaje de la Yuca	17
Cydniidae	17
Comejenes	17
Patología	19
Añublo Bacterial de la Yuca	19
Superalargamiento	20
Putridión de la Raíz y del Tallo causada por <i>Diplodia</i>	22
"Viruela" de las Raíces	23
Cuero de Sapo	23
Estudios Ambientales	24
Deterioro Posterior a la Cosecha	26
Estudios Bioquímicos	27
Desarrollo de Germoplasma	29
Introducción y Mantenimiento de Germoplasma	29
Evaluación de Germoplasma	29
Depósitos de Genes para Adaptación a Medios Ecológicos	33
Estudios Especiales	34
Mejoramiento Varietal	37
Selección de Materiales en Caribia	37
Selección en Carimagua	38
Selección en CIAT-Palmira	38
Estabilidad de Rendimientos	39
Adaptación Varietal y Producción de Estacas de Siembra	40
Producción de Semillas Híbridas	41

Agronomía	43
Pruebas Regionales	43
Adaptación Varietal y Estabilidad de Rendimientos	45
Pruebas Internacionales de Rendimiento	51
Propagación de Yuca a Partir de Hojas	51
Prácticas Culturales	51
Suelos y Nutrición de Plantas	65
Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P	65
Absorción y Distribución de Nutrimientos	66
Ensayos de Fertilidad a Largo Plazo	70
Fuentes de P	71
Interacción Cal x P	71
Inoculación con Micorrizas	72
Economía	77
Economía de la Producción	77
Economía de la Demanda y el Mercadeo	83
Cultivo de Tejidos	85
Cultivo de Meristemas de Yuca	85
Otros Sistemas de Cultivo de Tejidos en Yuca	91
Cooperación Internacional	93
Adiestramiento	93
Actividades en América Latina	93
Actividades en Asia	94
Actividades en Oceanía	95
Adopción de Germoplasma Seleccionado	95
Publicaciones del Programa y del Personal Científico	97
Personal	99

El énfasis de las investigaciones de la sección de Fisiología ha variado de la obtención de un tipo ideal de planta para condiciones casi ideales hacia la identificación de los caracteres que están asociados con un alto rendimiento de raíces y con una alta calidad de las mismas bajo condiciones de estrés.

En 1980 el trabajo se concentró en un estudio detallado de las reacciones de la planta a la sequía, específicamente en cuanto a desarrollo y rendimiento de la planta y en cuanto a calidad de las raíces bajo tales condiciones; por otra parte, se hizo un trabajo para determinar las diferencias básicas entre un clon cuyos rendimientos han sido altos en un amplio rango de condiciones (M Col 1684) y otros clones menos rendidores.

Desarrollo y Rendimiento en Condiciones de Sequía

Para analizar las reacciones de la planta a la sequía se estudiaron el desarrollo y los rendimientos de la variedad de yuca vigorosa M Mex 59 y de la variedad de bajo vigor M Col 22 durante un período de sequía artificial; se hicieron observaciones durante el período de sequía y durante la recuperación posterior.

La sequía artificial se obtuvo cubriendo el suelo con un plástico desde las 15 hasta las 25 semanas después de la siembra; las parcelas testigo recibieron lluvia natural, la cual estuvo bien distribuida y totalizó cerca de 500 mm durante el período de las 10 semanas. Debido a un período seco natural anterior al período de sequía artificial (aproximadamente 120 mm de lluvia durante 11 semanas), las parcelas no estaban a la capacidad de campo antes del período de tratamiento.

Las parcelas testigo de M Mex 59 mostraron alto vigor, con IAF (Índice del Área Foliar) superior a 3 durante la mayor parte del período de desarrollo y por encima de 4

durante considerable parte del tiempo (Fig. 1); estos valores del IAF están muy por encima del óptimo de 2.5 - 3.5 para producción de raíces. Las parcelas testigo de M Col 22 nunca lograron IAF mayores de 3 y fueron subóptimas durante la mayor parte del período de crecimiento.

En ambas variedades, la sequía redujo notablemente el IAF, aunque M Mex 59 mantuvo un IAF casi dos veces mayor que M Col 22 durante el período de estrés.

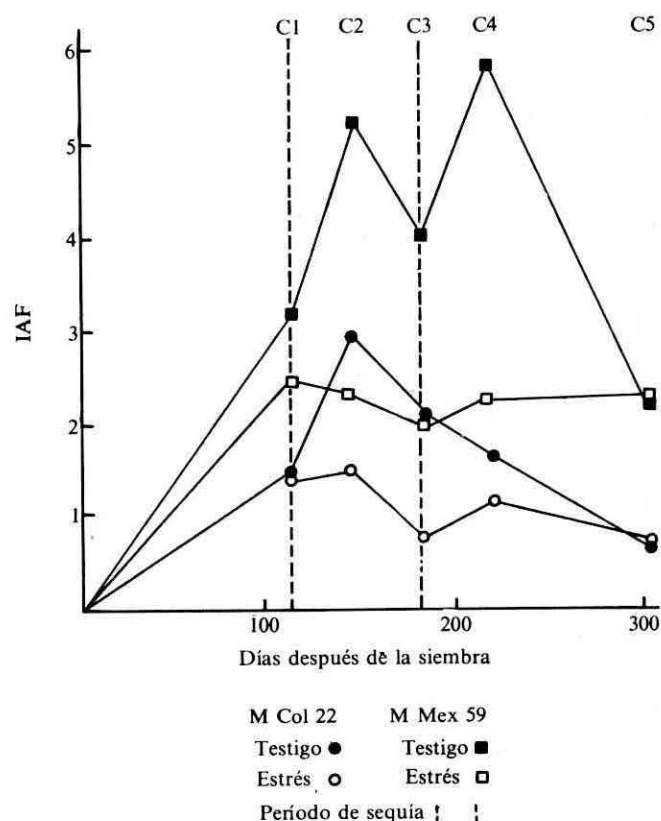


Figura 1. Índices del área foliar (IAF) de los cultivares de yuca M Mex 59 y M Col 22 durante un período de sequía y después de él. C = cosecha.

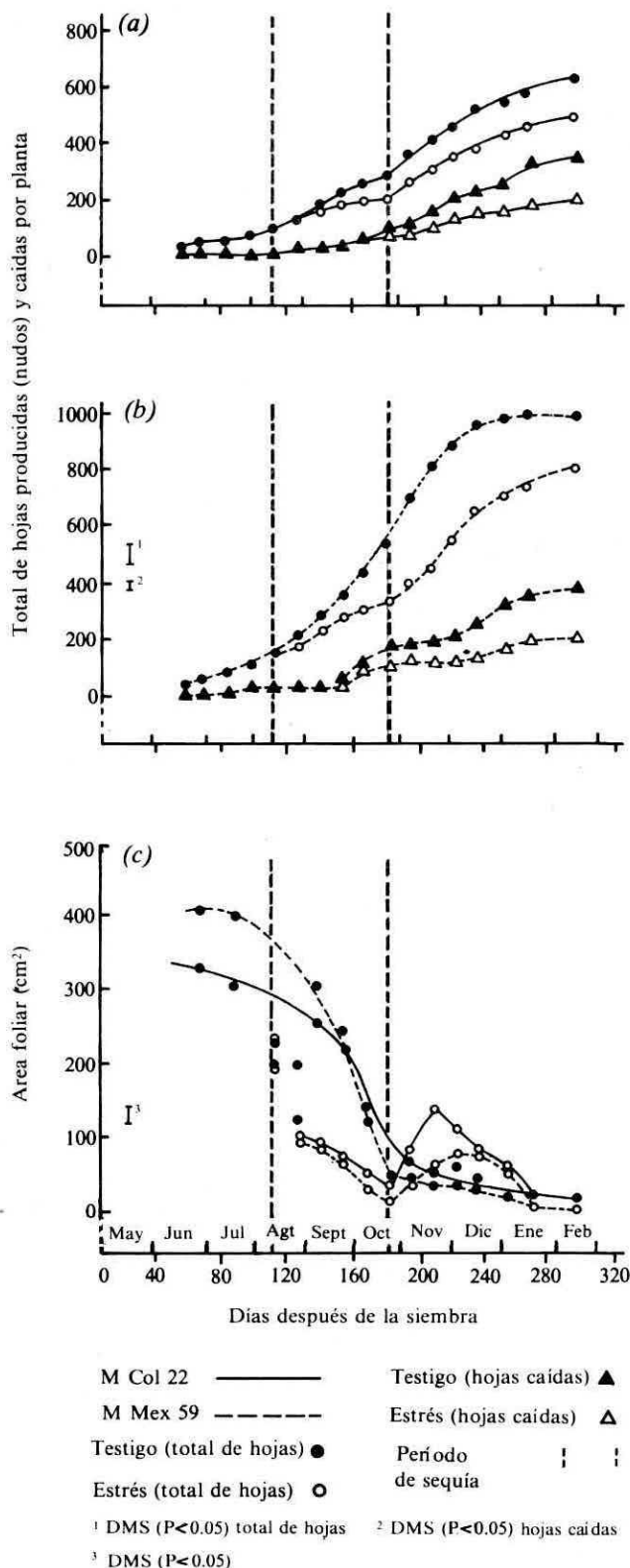


Figura 2. Producción y caída de hojas por planta en M Col 22 (a) y en M Mex 59 (b) y área foliar (c) en ambos cultivares durante y después de un período de sequía.

Los cambios en los IAF durante un período dado están determinados por el IAF inicial, el número y área de las hojas formadas y el área de las hojas caídas; la caída de las hojas se señala frecuentemente como causa de la reducción en el IAF durante los períodos de sequía. En este experimento el total de hojas caídas durante el período de sequía se redujo en las plantas tratadas de ambas variedades (Fig. 2, a y b). La edad, en promedio, de las hojas caídas de M Col 22 fue similar en las plantas tratadas y en las testigo, mientras que en M Mex 59 la vida de las hojas fue ligeramente más larga en las parcelas tratadas, debido a que el tratamiento redujo la sombra sobre las hojas más bajas al reducir el área foliar.

La reducción en el área foliar durante la sequía (Fig. 2, c) es el resultado de la disminución en el tamaño de las hojas y de la disminución en la producción de hojas nuevas. La investigación con plantas en materos sugiere que la expansión foliar y, por consiguiente, el tamaño de las hojas es extremadamente susceptible a la sequía; la disminución en el número de hojas nuevas, por su parte, se debió tanto a la reducción de las ramificaciones como a la disminución en la formación de hojas por ápice (Fig. 3).

La reducción en el IAF y el cierre de los estomas durante el período de sequía causó una marcada disminución en la tasa de crecimiento del cultivo (Cuadro 1). Sin embargo, el porcentaje del incremento total de la biomasa en las raíces fue mayor en las parcelas sometidas a sequía: 32 y 53% en M Mex 59 y de 70 a 87% en M Col 22 sin y con estrés respectivamente. Como resultado directo de ese hecho, el rendimiento de las raíces de M Mex 59 no se redujo significativamente durante el período de sequía (Fig. 4) y en ambas variedades se redujo proporcionalmente menos que el peso total de la planta. En consecuencia, durante el período de sequía el cultivo tiende a mantener el crecimiento de raíces a expensas del crecimiento de la parte superior utilizando la reducida producción de materia seca de una manera sumamente eficiente.

La notable disminución en el IAF durante el período de sequía es un mecanismo para reducir la transpiración. Sin embargo, la pérdida de agua también se controló por el cierre de estomas: las hojas de las plantas de las parcelas tratadas tuvieron consistentemente más baja conductividad de la hoja (una medida de apertura de los estomas) que las plantas usadas como testigos.

La conductividad de la hoja del M Mex 59 fue algo menor que la de M Col 22; no obstante, los cálculos indicaron que la transpiración total fue similar debido al mayor IAF de M Mex 59.

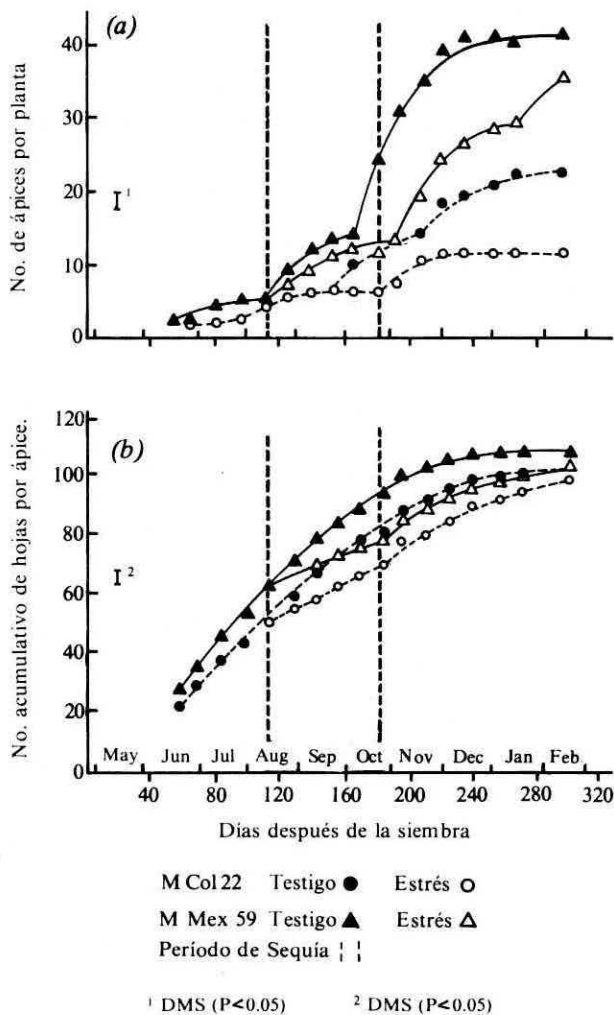


Figura 3. Número de ápices por planta (a) y número acumulativo de hojas por ápice (b) en dos cultivares de yuca durante un período de sequía.

Cuadro 1. Tasa de crecimiento del cultivo de dos cultivares de yuca M Col 22 y M Mex 59 durante y después de un período de sequía.

Período ¹	Duración (días)	Promedio diario de radiación solar (MJ/m ²)	Promedio de la tasa de crecimiento (kg/ha por día)			
			M Col 22		M Mex 59	
			Testigo	Estrés	Testigo	Estrés
S - C1	109	17.3	27	27	39	30
C1 - C2	39	18.2	103	62	96	47
C2 - C3	33	19.3	112	14	74	51
C3 - C4	38	19.7	113	40	130	31
C4 - C5	87	20.3	17	35	61	115

¹ S=siembra; C = cosecha.

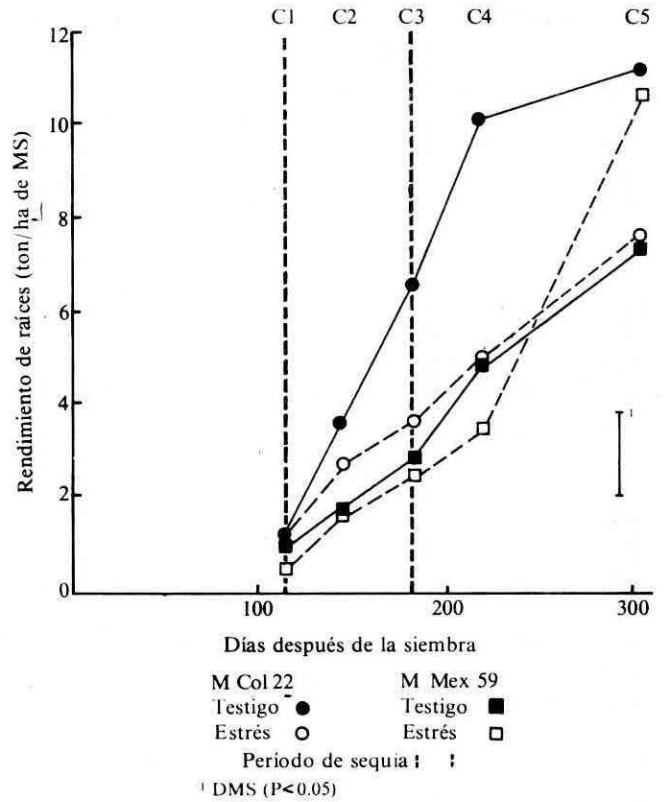


Figura 4. Rendimiento en ton de materia seca (MS) de dos cultivares de yuca durante un período de sequía y después de él. C = cosecha.

El control de los estomas fue tal que el potencial hídrico de las hojas permaneció a niveles similares tanto en las parcelas tratadas como en las usadas como testigo. Los potenciales hídricos mínimos de las hojas fueron aproximadamente -1.5 MPa^1 en las dos variedades.

El potencial hídrico del suelo, medido a una profundidad máxima de 2 m, en ambas variedades se redujo a cerca de -1.5 MPa^1 un nivel similar al de las hojas. Las reducciones de agua en el suelo, similares para ambas variedades, indican de nuevo similares tasas de transpiración para las mismas, aun con grandes diferencias en el IAF.

Para la segunda cosecha, a mediados del período de sequía, las plantas de M Mex 59 tratadas tenían una cantidad de raíces significativamente mayor a una profundidad mayor que en las parcelas usadas como testigo.

¹ MPa = megapascal = 10^6 pascal ; Pa = 1 dina/cm²

Para la cuarta cosecha se encontraron raíces a una profundidad de 2.6 m, la mayor profundidad muestreada; aunque el sistema de raíces de la yuca estaba bastante profundo, también estaba relativamente esparcido en comparación con muchos otros cultivos. Este sistema más bien esparcido de las raíces puede ser un mecanismo para disminuir el uso del agua bajo condiciones de sequía, y permitir mas bien bajos niveles de transpiración y que el crecimiento continúe.

En resumen, estos datos sugieren que durante un período de sequía la planta de yuca puede extraer agua del suelo a profundidades de por lo menos 2 m, hasta potenciales hídricos del suelo de -1.5 MPa.

El sistema de raíces esparcidas, el área foliar reducida y el cierre parcial de estomas conducen a un lento pero prolongado consumo de agua durante el período de sequía, permitiendo un crecimiento total continuo pero bastante lento. Simultáneamente, la proporción de crecimiento total utilizada en la expansión de las raíces aumenta bajo condiciones de sequía permitiendo a la planta minimizar la reducción en el crecimiento de raíces. Este efecto fue particularmente notable en la variedad más vigorosa M Mex 59.

Desarrollo y Rendimiento en Período de Recuperación

Después del período de sequía apareció una afluencia de vegetación nueva. Los ensayos en materas muestran que las hojas que superan el período de sequía incrementan rápidamente sus tasas fotosintéticas al regarlas de nuevo (Fig. 5); así, tan pronto como disponen de agua suministran a las plantas un balance positivo de carbón.

Aparentemente las reservas de las raíces también son usadas para el rebrote de las partes superiores, como se indica más adelante. Durante la recuperación, los índices de área foliar para ambas variedades aumentaron y para la cosecha final, 10 meses después de la siembra, fueron similares tanto en las plantas usadas como testigos como en las tratadas (Fig. 1).

La recuperación del área foliar después de la sequía se relacionó con la tasa de formación foliar por ápice y por ramificación. La tasa de formación foliar por planta fue similar en las plantas en recuperación y en las usadas como testigos (Fig. 2); sin embargo, en nudos situados a igual nivel, las hojas de las plantas en recuperación fueron mucho más grandes que aquellas de los testigos. El tamaño grande de las hojas durante la recuperación inicial permitió a las plantas aumentar rápidamente el IAF.

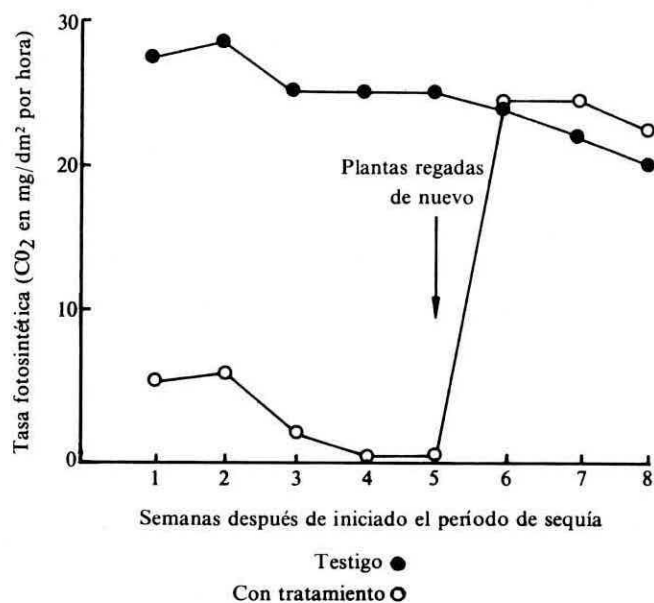


Figura 5. Tasa fotosintética (mg de $CO_2/dm^2 h$) de hojas homólogas de plantas de yuca M Col 1684 sembradas en materas, durante un período de sequía y después de él.

El total de nudos producidos en las plantas tratadas siempre fue menor que el de las plantas no tratadas; por consiguiente, los aumentos de peso en los tallos de las primeras fueron menores durante el período de recuperación. El IAF en M Mex 59 fue suficiente para lograr una tasa de crecimiento diaria razonable de 89.5 kg/ha en las plantas en recuperación, comparado con 82.0 kg/ha de las testigos; esto, unido a la disminución en el crecimiento del tallo resultó en un rendimiento final de 10.7 ton de raíces secas/ha en las plantas tratadas, mayor que el de las testigos que fue de 7.6 ton/ha.

El IAF de las plantas de M Col 22 previamente tratadas fue tan bajo que su crecimiento diario se redujo notablemente, ya que sólo alcanzó 36.5 kg/ha en comparación con el de las testigos que alcanzó 46.2 kg/ha; la tasa de crecimiento de la raíz fue más baja durante la recuperación, produciendo rendimientos de 7.3 ton/ha en las parcelas tratadas comparados con 11.2 ton/ha en las testigos.

Estos resultados sugieren que cuando la sequía ocurre en la mitad del período de crecimiento, puede ser preferible una variedad de yuca vigorosa a una de tipo menos vigoroso, aunque ésta pueda producir más en condiciones favorables de suministro de agua.

Calidad de las Raíces en Condiciones de Sequía y de Recuperación

La calidad de las raíces de la yuca está estrechamente relacionada con el contenido de materia seca y de almidón.

En el experimento descrito anteriormente, el contenido de materia seca de las plantas usadas como testigos aumentó uniformemente con la edad del cultivo hasta la cosecha final, 10 meses después de la siembra. En M Col 22, la materia seca de las raíces aumentó notablemente durante la primera parte del período de sequía (Fig. 6), pero disminuyó notablemente durante la recuperación y se mantuvo en un límite menor hasta la cosecha final.

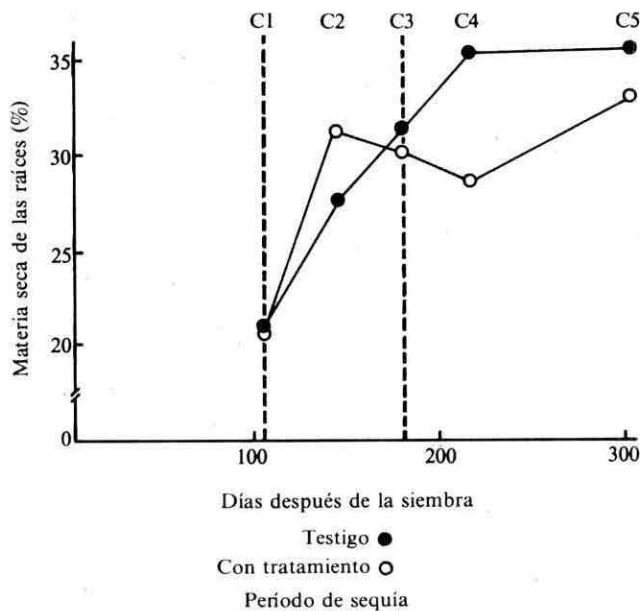


Figura 6. Cambios en el contenido de materia seca (%MS) de raíces del cultivar de yuca M Col 22 durante un período de sequía y después de él. C = cosecha

La disminución de la materia seca en la fase de recuperación es compatible con la hipótesis de que la planta usa las reservas de sus raíces para producir la rápida afluencia de follaje durante ese período.

El contenido de almidón aumentó ligeramente al final del período de sequía (20.1 versus 18.3%). No obstante, al final de la primera fase de recuperación el contenido de almidón había ascendido a sólo 20.3% comparado con 26.3% de los testigos y esta diferencia todavía existía a nivel reducido al final de la cosecha. El contenido de almidón (calidad de la raíz) fue, por lo tanto, más afectado por la sequía en la fase de recuperación y nunca se recuperó completamente.

Análisis del Rendimiento en Función del Desarrollo y Morfología de la Planta

Durante los últimos años el clon de M Col 1684 ha sido consistentemente una de las variedades de más alto rendimiento en el amplio rango de condiciones existentes en las áreas de las pruebas regionales. En CIAT-Palmira se comparó el crecimiento y desarrollo de M Col 1684 con M Ven 77, M Ptr 26 y M Col 22 para determinar si existían diferencias básicas entre M Col 1684 y los otros clones.

En la cosecha final, un año después de la siembra, los rendimientos de raíces secas variaron de 10.4 ton/ha en M Ven 77 a 14.4 ton/ha en M Col 1684. La biomasa total (incluyendo las hojas caídas) varió poco (26.1 - 27.4 ton/ha de materia seca), de aquí que las diferencias en materia seca se debieron principalmente a diferencias en el índice de cosecha; éste varió de 0.40 en M Ven 77 a 0.53 en M Col 1684.

En todas las variedades el patrón de desarrollo del área foliar fue similar; aunque M Col 22 se desarrolló más lentamente, mantuvo el IAF más alto durante las fases de crecimiento posteriores.

De los cuatro clones examinados, M Col 1684 tuvo ramificaciones mucho más abundantes. Mientras que el número de ramas de las otras variedades aumentó por fases, el número de ápices activos de M Col 1684 fluctuó ampliamente; estas fluctuaciones no se deben a una gran variabilidad en los resultados, sino más bien a la alta tasa de mortalidad de ápices en ciertas épocas.

La mortalidad del ápice bajo condiciones de sequía puede permitir que M Col 1684 ajuste rápidamente su área foliar a las condiciones de sequía y esta "muerte descendente" puede reducir la cantidad de materia seca que se requiere para el crecimiento de nudos durante la fase de recuperación.

Aunque la ramificación inicial fue mucho mayor en M Col 1684, su IAF no tendió a ser mayor que los de las otras líneas, debido al tamaño menor del área foliar máxima, a un gran descenso inicial en el tamaño foliar con la edad de las plantas y a una tasa relativamente baja de formación foliar por ápice.

Otras características tales como tasa fotosintética, eficiencia individual de las hojas en el uso del agua, número de raíces, inclinación de hojas y la relación entre la tasa de crecimiento del cultivo y el IAF no mostraron mayores diferencias que pudieran estar asociadas con rendimientos de M Col 1684.

En 1980 los principales trabajos en entomología de yuca se dirigieron hacia el acopio de información acerca del complejo de insectos que ataca el cultivo, con énfasis en los estudios sobre control biológico de las plagas importantes, especialmente el gusano cachón de la yuca y los piojos harinosos. Además se llevaron a cabo y se dieron a conocer por primera vez estudios básicos sobre el barrenador del tallo y se describió una nueva plaga, un hemíptero subterráneo que causa daños considerables a las raíces de yuca.

Gusano Cachón de la Yuca

Se estudió la eficacia de las poblaciones naturales de dos parásitos de huevos, *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp., sobre dos ataques naturales del gusano cachón de la yuca *Erinnys ello* ocurridos con un mes de intervalo. Tales parásitos son parte integral de un programa de manejo de plagas que busca combinar la utilización de enemigos naturales del gusano cachón con el uso de productos químicos selectivos para reducir las poblaciones.

Durante el primer brote, el parasitismo en los huevos de cachón aumentó de un 2% inicial a 63%; en el segundo ataque, el parasitismo inicial fue de 35% y aumentó a 90%; *Trichogramma* parasitó mayor porcentaje de huevos que *Telenomus*. La defoliación de las plantas fue fuerte durante el primer brote, pero mínima durante el segundo. Estos datos indican que generalmente el daño se puede reducir o los ataques consecutivos se pueden evitar cuando los enemigos naturales aumentan durante el ataque inicial.

Se encontró un virus granuloso nuclear que infecta las poblaciones naturales del gusano cachón. A partir de larvas infectadas con este virus, molidas y diluidas en agua, se obtuvo una concentración de 30%; esta solución viral, en dosis de 5 cc y 10 cc por litro de agua se aplicó al follaje de la yuca tanto en el laboratorio como en el campo. En el laboratorio, la dosis de 10 cc destruyó todas

las larvas después de 72 horas y la dosis de 5 cc produjo una mortalidad de 96% después de 96 horas. En el campo, se colectaron y se observaron las larvas tres días después de la aplicación; con ambas dosis la mortalidad fue del 100% 120 horas después de la aplicación.

El diflurón, que es un producto regulador del crecimiento de insectos, ya que inhibe la síntesis de quitina, se ensayó sobre los huevos y el primer instar larval del gusano cachón.

Aplicado al follaje de la yuca a las dosis de 2, 4 y 6 g de producto comercial al 25% por litro de agua, el diflurón produjo un 100% de mortalidad en las larvas emergentes que se alimentaron de dicho follaje; esta mortalidad ocurrió durante la primera muda larval entre el primero y el segundo instar. El diflurón también fue efectivo cuando se aplicó a los huevos del gusano cachón: las larvas emergieron pero murieron durante la primera muda.

Este producto parece promisorio y será objeto de estudios adicionales.

Piojo Harinoso

El piojo harinoso de la yuca, *Phenacoccus* sp. (identificado como cercano a *P. manihoti*) se identificó por primera vez en Colombia en 1978. *P. manihoti* causa considerables pérdidas en África, pero no se ha estudiado previamente en las Américas.

Los ciclos de vida de los machos y las hembras de *Phenacoccus* sp. se estudiaron en el laboratorio en segmentos foliares de yuca (Cuadro 1). La hembra pasa a través de cuatro instares antes de alcanzar el estado adulto, mientras que el macho tiene cinco instares. El ciclo de vida de las hembras fue en promedio más largo que el de los machos (39 vs. 23 días).

Cuadro 1. Duración del ciclo de vida de *Phenacoccus* sp. (cercano de *P. manihoti*) sobre hojas de yuca¹ bajo condiciones de laboratorio (26-28°C y 60% de humedad relativa).

Instar	Hembras			Machos		
	No. de observaciones	Promedio de duración (días)	Rango (días)	No. de observaciones	Promedio de duración (días)	Rango (días)
I	31	9	8 - 11	30	0.9	8 - 11
II	35	5	4 - 6	18	6.2	6 - 7
III	40	5	4 - 6	20	2.2	1 - 3
IV	25	20	18 - 25	18	2.5	1 - 4
V				23	2.0	1 - 4
Total		39	34 - 48		21.9	17 - 29

Variedad M Col 113.

Las hembras empezaron a ovipositar siete días después de la fertilización (rango de 5 a 8). No se observó partenogénesis en hembras aisladas, que vivieron hasta 23 días; cuando los machos se colocaron con hembras no fertilizadas de 12 a 23 días, el ovisaco se formó en dos a tres días. Se produjeron 200 huevos por ovisaco y la relación de sexos resultante fue de tres hembras por un macho.

Control biológico. Se observaron altas poblaciones del díptero depredador *Kalodiplosis coccidarum* en poblaciones de *Phenacoccus* sp. y de *Phenacoccus gossypii* en el invernadero y en el campo. Inicialmente se observó el ataque de *K. coccidarum* a los huevos dentro del ovisaco, aunque también se han encontrado sus larvas atacando ninfas, especialmente las correspondientes a hembras adultas, cuando los ovisacos no están disponibles.

Este depredador permanece sobre el cuerpo de las ninfas y rara vez produce mortalidad en ellas hasta cuando se forma el ovisaco; entonces actúa como depredador de los huevos hasta completar su ciclo de vida. La fase sobre las ninfas es importante para sobrevivir cuando las poblaciones del hospedero son bajas.

El número promedio de *K. coccidarum* por ovisaco varió de acuerdo con la disponibilidad de hospederos; cuando los ovisacos eran numerosos, se encontró un promedio de tres larvas de depredadores por ovisaco (1 a 5); las poblaciones más grandes de piojos resultaron en cinco larvas por ovisaco (2 a 8).

Los estudios iniciales de *K. coccidarum* indicaron un ciclo de vida de 12 días (a 28°C) hasta 16 días (a 22°C). Se observó una relación hembra:macho de 2:1.

Se estudió la eficacia de varios enemigos en el control de *P. gossypii* en plantas de yuca cultivadas en cajas en el campo. Cuando los piojos harinosos se hicieron muy numerosos (cerca de 26.000 ninfas y adultos por caja) se permitió la entrada de enemigos naturales; luego se registraron las poblaciones de parásitos y depredadores durante seis semanas, tiempo en el cual las poblaciones de piojos harinosos fueron muy bajas.

En general, el porcentaje del efecto depredador fue más alto que el del parasitismo, el cual nunca alcanzó un promedio mayor de 10%. La acción depredadora sobre ovisacos, especialmente la ejercida por *K. coccidarum* alcanzó el 100% después de cinco semanas; la acción depredadora sobre ninfas y adultos llegó a 96%, y fue ejercida principalmente por *Chrysopa* y los reduvidos.

Los principales depredadores fueron *Chrysopa*, *K. coccidarum*, varios coccinélidos y reduvidos; los parásitos predominantes fueron *Anagyrus* spp. (Cuadro 2). *K. coccidarum* fue el más fuerte depredador en las cajas donde los piojos harinosos fueron más numerosos, en tanto que los reduvidos y algunos coccinélidos predominaron en las cajas con bajas poblaciones de piojos harinosos. *K. coccidarum* es depredador específico de piojos mientras que *Chrysopa* y los reduvidos son depredadores de varias especies de insectos.

Cuadro 2. Cantidad de enemigos naturales del piojo harinoso *Phenacoccus gossypii* que se observaron atacando poblaciones de la plaga durante cinco semanas consecutivas, en jaulas expuestas en el campo¹.

Semanas después de la exposición a enemigos naturales	Número de enemigos naturales por jaula ²				
	Depredadores				Parásitos
	<i>Kalodiplosis coccidarum</i>	<i>Chysopa</i> sp.	Coccinélidos	Reduvidos	<i>Anagyrsus</i> sp.
1	492.0	33.3	61.0	-	17.5
2	40.5	27.8	20.7	35.7	8.3
3	50.0	30.0	28.3	10.0	2.3
4	11.7	23.8	2.3	12.0	0.2
5	1.3	18.7	3.2	7.0	0.2

¹ Jaulas de campo 3 x 3 x 2 m.

² Promedio de seis jaulas.

Barrenadores del Tallo

El lepidóptero barrenador del tallo, *Chilomina clarkei* (Amsel), ataca la yuca durante todo el año en los Llanos Orientales colombianos y también se ha encontrado en otras áreas. Se iniciaron estudios para determinar la importancia económica de esta plaga, así como su biología y ecología.

Los ataques se inician alrededor de las yemas laterales donde las hojas ya han caído. Durante los primeros cuatro instares se alimenta alrededor de estas yemas debajo de una fina red; después del quinto instar penetra el tallo completando su ciclo de vida en galerías dentro del mismo. Estas galerías debilitan la planta y además, a menudo causan roturas en el tallo y proporcionan puntos de entrada para patógenos de la planta.

La duración del ciclo de vida (fases larval, de prepupa y de pupa) de *C. clarkei* se estudió en seis variedades de yuca. Los ciclos fueron diferentes según las variedades y oscilaron entre 62.2 días en M Ven 77 y

68.4 días en HMC 2. Sólo se observaron diferencias durante las fases larvales con la más grande fluctuación en el octavo instar; generalmente hubo ocho instares pero el número varió entre seis y ocho, a dentro de variedades. Las duraciones de las fases de prepupa y pupa fueron constantes en todas las variedades.

En una siembra de campo en Carimagua se estimó el daño de las infestaciones del barrenador del tallo por medio de los tratamientos que muestra el Cuadro 3.

El daño existente y el inducido afectaron todas las variables del rendimiento excepto el contenido de almidón de las raíces, que fue ligeramente más alto en el tratamiento 3 que en los demás. En los tratamientos 1 y 2, cerca de dos tercios de los tallos se quebraron debido a causas naturales tales como vientos. En el tratamiento 4 (testigo) las infestaciones fueron de 1.06 perforaciones por planta.

Cuadro 3. Daño económico causado a la yuca por diferentes niveles de ataque del barrenador del tallo *Chilomina clarkei* (Amsel), en Carimagua.

Tratamiento ¹	Peso del follaje (kg/planta)	No. de raíces por planta	Peso de raíces (kg/planta)	Raíces comerciales (%)	Contenido almidón (%)	No. de estacas por planta	Estacas sanas (%)	Tallos quebrados (%)
1	1.0 b ²	4.4 b	0.48 b	7.5 b	26.6 b	3.1 b	43.8 c	65.6 b
2	1.1 b	7.4 a	0.70 b	10.1 b	26.0 b	3.1 b	58.1 b	66.6 b
3	0.9 b	6.5 a	0.68 b	12.1 b	28.9 a	1.6 b	38.6 c	100 a
4	1.7 a	7.8 a	1.26 a	33.9 a	26.8 b	7.1 a	85.0 a	11.1 c

¹ Tratamientos: 1 = Plantas con 8 a 12 perforaciones, infestadas con tres larvas por planta a los 4, 6, 8 y 10 meses.

2 = Plantas con 16 a 20 perforaciones, infestadas con cinco larvas por planta a los 4, 6, 8 y 10 meses.

3 = Plantas con todos los tallos quebrados adrede, infestadas con dos larvas por tallo a los cuatro meses.

4 = Sin infestación o daño artificial.

² Los valores seguidos por la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes al nivel de 95%.

Mosca Blanca

Estudios previos han demostrado que las altas infestaciones de la mosca blanca, *Aleurotrachelus socialis*, causan considerables pérdidas de rendimiento en yuca (CIAT, Informe Anual 1978 y CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979). Para estudiar estas pérdidas se realizaron tres ensayos en la estación Nataima del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el Tolima.

En un ensayo se permitieron ataques de moscas blancas durante un mes, sobre un ciclo de vida de la planta de 10 meses; durante el período restante las plantas se protegieron con aplicaciones de dimethoato a intervalos de 15 días.

El ataque por un mes solamente en cualquier fase del desarrollo de la planta no disminuyó significativamente los rendimientos; sin embargo, cuando las moscas blancas no se controlaron, el promedio de los rendimientos disminuyó de 26 ton/ha a sólo 9.7 ton/ha. Así mismo, la producción de estacas de siembra disminuyó agudamente en las parcelas sin control, de 4.8 a 2.9 estacas por planta. El contenido de almidón no varió significativamente entre las parcelas con y sin control.

En un segundo ensayo se permitió que las moscas blancas atacaran la yuca por períodos cada vez más largos

hasta los 11 meses de edad. Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 4.

Se observó una correlación significativa ($r = 0.9$) entre la duración del ataque y la reducción de los rendimientos, y una correlación negativa ($r = -0.8$) entre la duración del ataque y el número de estacas producidas por planta. El efecto de la duración del ataque fue significativo después del tercer mes de crecimiento de la planta, indicando que las aplicaciones (en este caso de dimethoato) cada tres meses pueden ser suficientes para reducir los ataques de mosca blanca hasta por debajo del nivel de daño económico.

Se sembró un tercer experimento para evaluar los híbridos CM 489-1, CM 440-5 y CM 91-3 y la variedad CMC 40, de alto rendimiento y amplia adaptación por su resistencia al ataque de la mosca blanca.

CM 489-1 mostró la menor reducción en el rendimiento por ataque de la plaga, pero también tuvo el más bajo contenido de almidón. En la CMC 40 el rendimiento disminuyó 46.5% debido a la mosca blanca, pero aun así tuvo el rendimiento más alto y el mayor contenido de almidón (Cuadro 5).

Cuadro 4. Relación entre la duración de los ataques de la mosca blanca, *Aleurotrachelus socialis*, y las pérdidas en rendimiento de la línea de yuca CMC 350-122.

Duración de los ataques (meses)	No. de aplicaciones de insecticida ¹	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Reducción en rendimiento (%)	Almidón en las raíces (%)	No. de estacas por planta
0	22	42.1 a ²	-	29.6 a	7.6 a
1	20	40.1 ab	4.8	29.5 a	7.5 a
2	18	36.1 abcd	14.3	28.7 a	5.4 bc
3	16	37.8 abc	10.2	29.4 a	6.3 ab
4	14	30.6 bcde	27.3	30.7 a	5.7 abc
5	12	29.8 cde	29.2	28.7 a	4.6 bcd
6	10	24.5 ef	41.8	27.2 a	4.7 bcd
7	8	26.7 de	36.6	29.4 a	4.1 cd
8	6	16.4 fg	61.0	27.8 a	4.1 cd
9	4	14.3 g	66.0	27.9 a	3.0 d
10	2	11.5 g	72.7	28.3 a	3.0 d
11	0	8.6 g	79.6	27.6 a	3.0 d

¹ Dimethoato aplicado en la dosis de 0.8 g i.a./litro de agua.

² Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de 95%.

Cuadro 5. Efectos del ataque de la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis*, sobre los rendimientos de tres híbridos y una variedad de yuca, en Tolima, Colombia.

Tratamiento	Línea de yuca ¹	Población de moscas blancas (grado ²)	Población de pupas (grado ²)	Raíces comerciales (kg/planta)	Rend. de raíces frescas (ton/ha)	Diferencia en rend. (%)	Estacas de siembra por planta	Almidón en raíz (%)
Con protección ³	CMC 40	0.8	0.3	6.2	31.2	-	6.0	25.4
	CM 489-1	0.6	0.2	2.0	20.7	-	4.0	21.1
	CM 440-5	0.7	0.2	0.4	3.5	-	4.0	20.3
	CM 91-3	0.9	0.3	1.7	14.0	-	2.7	24.7
Sin protección	CMC 40	4.6	4.8	4.1	16.7	46.5	4.3	25.2
	CM 489-1	4.5	4.1	1.8	15.4	25.6	3.9	18.6
	CM 440-5	4.1	3.5	0.3	2.4	31.4	2.8	21.1
	CM 91-3	4.8	4.8	0.1	3.7	73.6	1.4	22.2

¹ Híbridos, a excepción de la variedad CMC 40.

² En escala de 0 a 5.

³ Dimethoato aplicado en una dosis de 0.8 g de i.a. por litro de agua.

Acaros

Durante recientes investigaciones en yuca se han identificado varias especies de ácaros no relacionadas antes en Colombia con la yuca, así: *Allonychus braziliensis* (McGregor), *Atrichoproctus uncinatus* Flechtmann, *Aponychus schultzi* (Blanchard), *Eutetranychus banksi* (McGregor), *Oligonychus gossypii* (Zacher) y *Brebipalpus phoenicis* (Geijsker).

El *Mononychellus caribbeanae* (McGregor) se encontró a lo largo de la costa atlántica y en la región de la Guajira; los síntomas visuales del ataque de poblaciones altas del *M. Caribbeanae* son similares al daño causado por *M. Tanajoa* (Informe Anual 1975). También se encontraron altas poblaciones de un ácaro de la familia *Eriophyidae*; es la primera vez que se informa acerca del ataque de ácaros de esta familia en el cultivo de yuca.

Estudios de preferencia. Las observaciones de campo muestran que *Mononychellus tanajoa* prefiere alimentarse de las hojas superiores o apicales mientras que *Tetranychus urticae* prefiere las hojas más bajas. En este año se llevaron a cabo estudios sobre la preferencia foliar de *M. tanajoa* y *T. urticae* en el laboratorio; durante un periodo de tres días se permitió que los ácaros de ambas especies pudieran escoger el alimento, consistente en segmentos foliares de las partes superiores e inferiores de la planta.

Los resultados con *M. tanajoa* muestran que 64% prefirió alimentarse con los segmentos foliares apicales y

36% con las hojas inferiores de la variedad M Col 113. El ácaro *T. urticae* prefirió los segmentos foliares inferiores: 78% vs 22% en la variedad M Col 22 y 73% vs 27% en M Col 1434. Estos resultados indican una fuerte preferencia en cuanto a alimentación de los ácaros y su localización en las hojas.

Estudios biológicos. Se realizaron estudios sobre el ciclo de vida del ácaro *Oligonychus peruvianus*, una especie importante en muchas áreas de Colombia.

Los estudios de laboratorio con segmentos foliares no han tenido éxito con esa especie debido a su hábito de formar una pequeña red en la superficie inferior de la hoja, debajo de la cual se alimenta en las fases de desarrollo. Los estudios se llevaron a cabo en el invernadero en plantas cultivadas en materos; a los adultos se les permitió formar la red protectora y ovipositar antes de que ésta fuera removida.

Se estudiaron las fases de desarrollo y se encontró que la fase de huevo es de 4.5 días y las de larva, protoninfa y deutoinfa son de 2.7, 1.5 y 2.5 días respectivamente; el promedio de duración del adulto es 12.5 días y el periodo anterior a la oviposición es de 1.7 días. Las observaciones diarias indican que estos ácaros pasan su ciclo de vida debajo de la red, que es la hembra la que tiene la capacidad de formar dicha red y que empieza a hacerla en la fase de deutoinfa.

Cuadro 6. Desarrollo del ácaro *Tetranychus urticae* en segmentos foliares de tres variedades de yuca bajo condiciones de cámara de crecimiento.¹

Fase de desarrollo	Duración de la fase de desarrollo (días)					
	M Col 22		M Bra 12		M Col 1434	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Huevo	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Larva	1.14 d ²	0.88	1.31 d	0.75 d	1.01 d	1.53 cd
Protocrisálida	0.47 b	0.38 b	0.41 b	0.50 b	0.54 b	0.63 b
Protoninfa	1.02 b	0.86 b	2.20 a	1.00 b	0.84 b	2.18 a
Deutocrisálida	0.61 a	0.61 a	0.61 a	0.50 a	0.69 a	0.60 a
Deutoninfa	0.91 b	0.72 b	0.99 ab	1.50 ab	1.65 a	0.90 b
Teliocrisálida	0.78 b	0.88 b	0.85 b	0.50 b	0.78 b	0.80 b
Total de las fases de desarrollo	8.43 b	7.83 b	9.87 a	8.25 b	9.01 ab	10.14 a
Adulto	17.52 a	5.00 c	14.17 ab	2.50 c	12.78 b	3.60 c

¹ Temperaturas: 28°C noche; 30°C, día. Humedad relativa: 40-70%.

² Las cifras dentro de la misma columna seguidas por las mismas letras no son significativas al nivel de 0.05.

Se estudió el ciclo de vida de *T. urticae* en las tres variedades de yuca M Col 22, M Bra 12 y M Col 1434. M Col 22 es susceptible a *M. tanajoa* y M Col 1434 y Bra 12 son resistentes (CIAT, Informe Anual, 1979). Los estudios se llevaron a cabo en el laboratorio a 30°C de temperatura diurna y 28°C de temperatura nocturna, con 40 a 70% de HR; se usaron segmentos foliares colocados en algodón húmedo en platos de petri.

Los ácaros se desarrollaron más lentamente en los cultivares M Col 1434 y M Bra 12 que resultaron resistentes a *T. urticae*, que en el cultivar susceptible M Col 22 (Cuadro 6); en los cultivares resistentes la longevidad de la fase adulta fue más corta y hubo menos oviposición. Estos estudios indican que hay mecanismos de resistencia en los cultivares M Bra 12 y M Col 1434 que afectan adversamente el desarrollo de *T. urticae*. Además, estos resultados coinciden con los resultados sobre estudios de resistencia hechos con *M. tanajoa*.

Control biológico. *Oligota minuta* y *Stethorus* sp. son depredadores activos de los ácaros de la yuca. Las preferencias de estos depredadores por los ácaros *M. tanajoa* y *T. urticae* se estudiaron en el campo mediante el recuento de depredadores durante los periodos de altas poblaciones de ácaros. *T. urticae* fue atacada principalmente (98%) por *Stethorus* sp., mientras que las poblaciones de *M. tanajoa* fueron atacadas por *O. minuta* (88%).

Por primera vez se hallaron varios ácaros depredadores atacando *M. tanajoa* en yuca. Los depredadores incluían

ácaros de las familias Phytoseidae y Blattisocidae y de la familia Tydeidae (*Tydeus*, prob. ne. *Californicus*) y *Typhlodromalus limonicus*, *Neoseiulus anonymus*, *Typhlodromina* sp., *Iphiseiodes zuluagai*, *Galendromus annectens* y *Proctolaelaps bickleji*.

Mosca de la Fruta

Las moscas de la fruta de la yuca (*Anastrepha manihoti* y *A. pickeli*) reducen la calidad del material de siembra al perforar la pulpa del tallo, y transmiten la enfermedad bacterial *Erwinia caratovora* (CIAT, Informe Anual 1977, y CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979). Se realizaron estudios para determinar el periodo crítico de crecimiento de la planta en el cual los ataques de la mosca de la fruta producen el mayor daño en el material de siembra; además se utilizaron aplicaciones de dimethoato cada dos meses para proteger las plantas desde la siembra hasta los 10 meses.

Durante los primeros tres meses de crecimiento las plantas protegidas produjeron material de siembra sano en un 94% mientras que las no protegidas produjeron sólo un 35% de material sano (Figura 1).

No hubo diferencias significativas en el rendimiento de las raíces entre los tratamientos, corroborando resultados de estudios previos según los cuales el rendimiento no estaba afectado directamente por los ataques de la plaga y las pérdidas eventuales se debían a la baja calidad de las estacas sembradas (CIAT, Informe Anual, 1977).

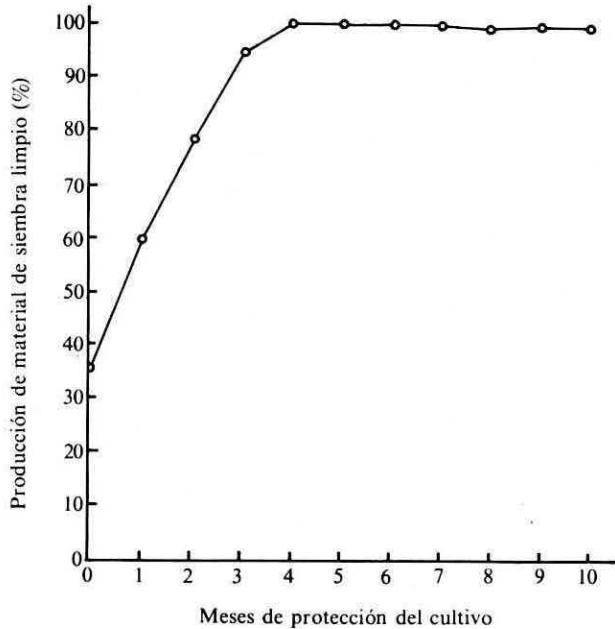


Figura 1. Producción de material de siembra libre del daño de la mosca blanca (*Anastrepha manihoti*) por medio de aplicaciones periódicas del insecticida dimethoato.

Chinche de Encaje de la Yuca

Durante 1980 se evaluó por segunda vez el banco de germoplasma del CIAT en cuanto a resistencia al chinche de encaje de la yuca (*Vatiga manihotae*). De las 1865 líneas evaluadas, 527 (28%) tuvieron un grado de 1 o menos en una escala de daño de 0 a 5; aunque en este año la infestación fue leve, y más adelante se realizarán evaluaciones bajo una presión más fuerte, de las 527 líneas, 131 habían recibido grados similares durante la primera evaluación.

No se han observado parásitos del chinche de encaje, pero se ha identificado un hemíptero de la familia Reduviidae que ataca ninfas y adultos de la plaga. Durante su fase ninfal de aproximadamente 40 días, el depredador consumió cerca de 280 ninfas y adultos del chinche de encaje.

Cydnidae

Las ninfas y adultos de una Cydnidae subterránea, *Cyrtomenus bergi* Froeschner, se alimentan de las raíces

de la yuca ya desarrolladas introduciendo sus estiletes delgados y fuertes dentro del parénquima a través de la corteza. Este hábito alimenticio produce pequeñas manchas de color café a negro en los sitios de penetración y permite el desarrollo de varios hongos patógenos que causan un efecto de "viruelas" en la porción comestible de la raíz. El valor comercial se reduce considerablemente, especialmente en aquellas raíces destinadas al consumo humano.

Los adultos Cydnidae son negros mientras que las ninfas tienen el abdomen de color blanco a crema; sus patas son cortas con numerosas espinas pequeñas que facilitan el movimiento del insecto en el suelo. Cuando se les perturba, los insectos se quedan inmóviles y parecen muertos, siendo difícil encontrarlos; durante la cosecha se les encuentra ocasionalmente adheridos a las raíces por medio de sus estiletes.

Se han observado ataques severos en cultivos localizados en campos previamente cultivados con caña de azúcar y pastos o próximos a ellos; durante una cosecha de yuca de la variedad Chiroza se encontraron 32 ninfas por planta, en promedio. En un estudio preliminar de laboratorio, el 80% de una población de ninfas en el último instar prefirió como alimento una variedad de yuca dulce a una variedad amarga. Una discusión adicional del daño en las raíces se encuentra en la parte de este informe correspondiente a fitopatología.

Comejenes

Estudios anteriores demostraron que el control de comején era más efectivo si las estacas de siembra se trataban tanto con un fungicida como con un insecticida de hidrocarburo clorado (aldrín) (CIAT, Informe Anual, 1978). En este año se evaluaron insecticidas adicionales y se encontró que metomil (0.5 g del producto comercial Lannate 90% por litro de agua) y carbaril (2.0 g del producto comercial Sevin 80 OM por litro de agua) eran tan efectivos como el aldrín. Así mismo, las estacas sembradas verticalmente tuvieron una germinación mejor y menor ataque de comejenes que las estacas sembradas horizontalmente.

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 ciclo.

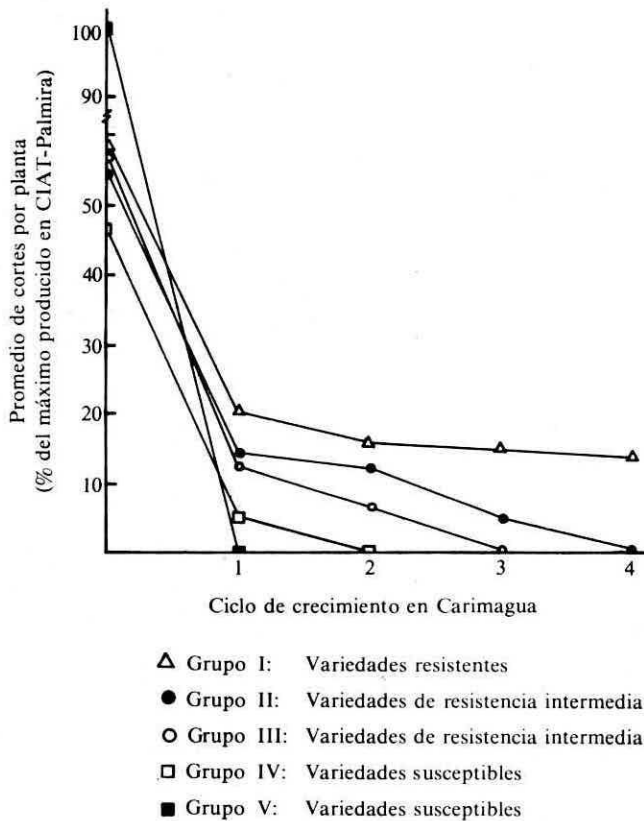


Figura 1. Supervivencia en el ecosistema de Carimagua de genotipos de yuca con reacciones diferentes al añublo bacterial de la yuca después de cuatro ciclos continuos de cultivo con material de siembra producido localmente.

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 patógenicamente 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 multiclonal 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 multiclónicas 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.

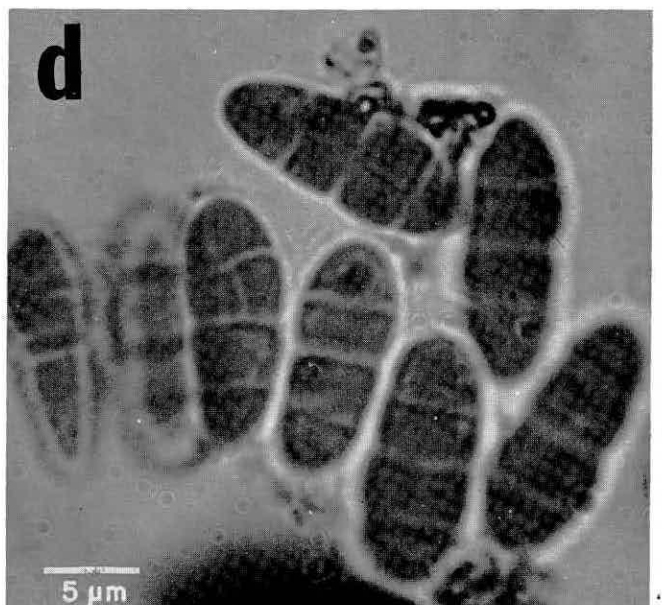
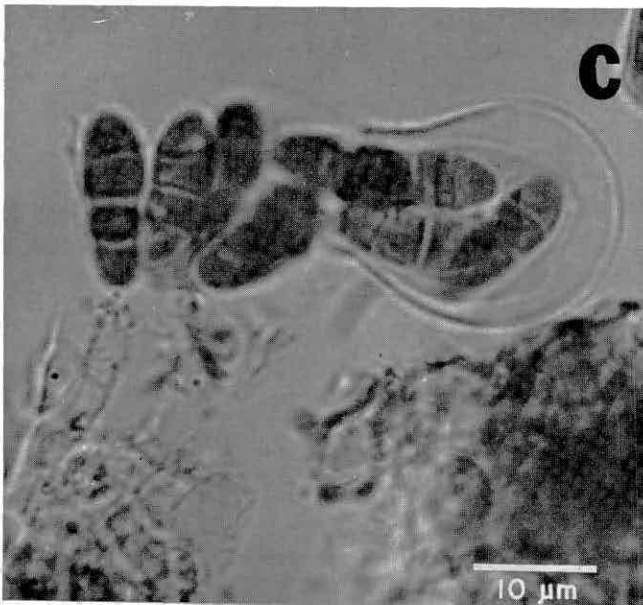
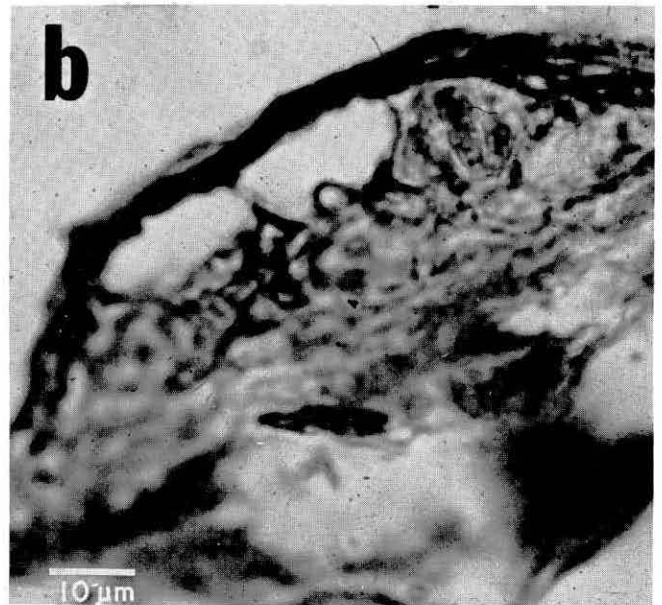
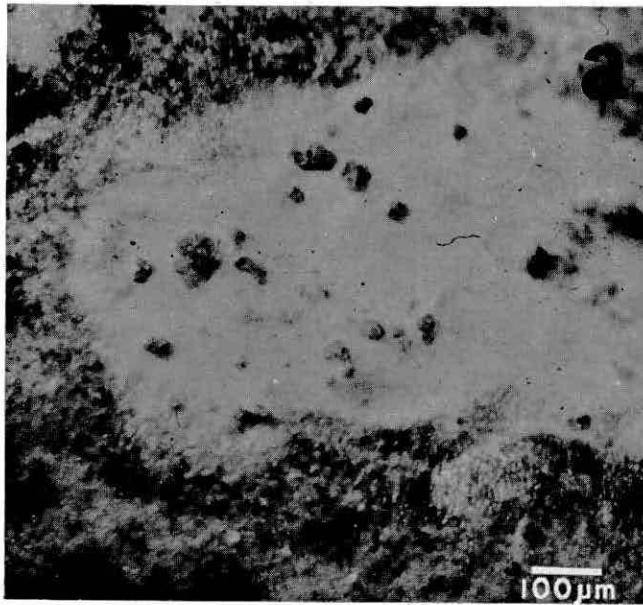


Figura 2. *Ascostroma*, ascas y esporas de la fase sexual de ***Sphaceloma manihoticola***, identificada tentativamente como una especie de ***Elmhoe***; (a) *Ascostroma* en la superficie de una lesión del tallo; (b) sección de un *ascostroma* que muestra lóculos bien definidos con una sola asca globosa 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.

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 multiclonal, 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.

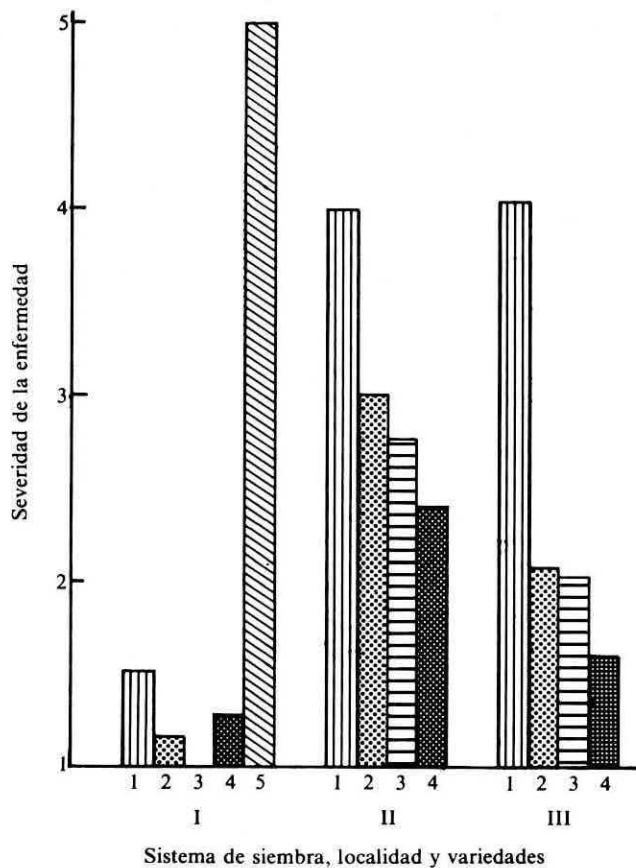


Figura 3. Comparación de la incidencia de superalargamiento entre variedades sembradas por sistema multiclonal. Grupos: I= siembras distantes (a 2 km de las siembras principales); II= siembras en un diseño multiclonal, en un área de baja presión de inóculo; III= siembra en parcelas monoclonales (puras) adyacentes a parcelas multiclonales. 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.

Putridión 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 manihoticola* 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 periodos 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).

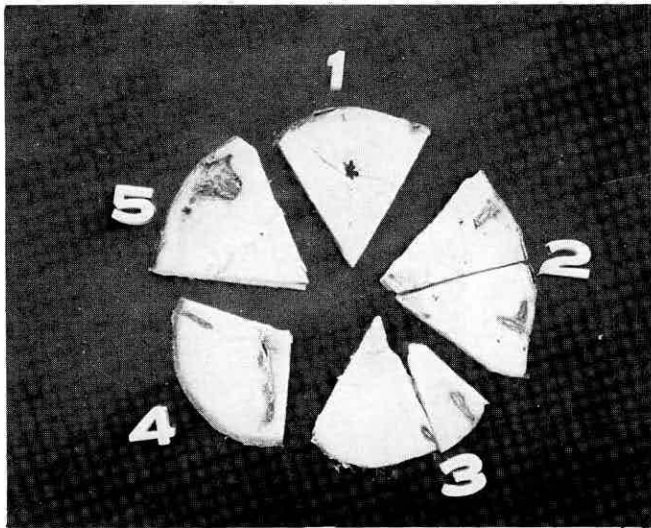


Figura 4. Viruela de la yuca inducida 24 horas después de inocular la raíz con una aguja infestada con suspensiones de esporas, así: 1 = testigo; 2 = *Genicularia*; 3 = *Aspergillus*; 4 = *Fusarium*; 5 = *Pythium*.

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 ¹					
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 8
Popayán	1708 (100) ²	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)			

¹ 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 Medialuna 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.

² 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).¹

Factores	Ecosistema									
	Caribia		Media Luna		Carimagua		CIAT-Palmira		Popayán	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980	1979	1980	1979	1980
Enfermedades										
Añublo bacterial	M ¹	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
Insectos										
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		NP	L	L	M	L	NP	NP
Mosca de la fruta	L	L	NP	NP	L	NP	L	L	L	NP
Crisomélidos	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
Acaros										
<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

¹ 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 ¹		Contenido de HCN ²		Deterioro ³ 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

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

³ Deterioro (%) tres días después de la cosecha.

² 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 desarrollarse 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 períodos 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.

Desarrollo de Germoplasma

Dentro del Programa de Yuca, la sección de Desarrollo de Germoplasma tiene a su cargo la colección e introducción de germoplasma y el mantenimiento de una colección de campo, que cuenta con aproximadamente 2600 clones. También evalúa una amplia gama de características agronómicas y morfológicas en diversos ecosistemas y desarrolla depósitos de genes para adaptación en tres ecosistemas de estrés severo.

En sus trabajos de mejoramiento genético, CIAT ha desarrollado un procedimiento multifacético que incluye las siguientes etapas:

- a) evaluación de accesiones de germoplasma en varios ecosistemas con miras a una posible recomendación, bien sea para que se usen directamente como nuevos cultivares o bien para usarlos en programas de hibridación como progenitores;
- b) formación de extensos depósitos de genes con niveles altos de resistencia y/o adaptación a ecosistemas específicos;
- c) "ajuste final" del producto en la etapa de mejoramiento varietal, para asegurar la aceptación del mismo por parte de los productores, procesadores y consumidores.

Todas las etapas implican la participación de un equipo interdisciplinario completo.

Introducción y Mantenimiento de Germoplasma

En la actualidad, la introducción de germoplasma de yuca de fuera de Colombia está limitada a meristemas o a semillas verdaderas, para reducir al mínimo la introducción de plagas y enfermedades.

En este año se mejoró la representación del material brasileño en la colección del CIAT, con la introducción de unos 150 clones seleccionados de la colección brasileña de Cruz das Almas, Bahía, que trajo la unidad de Recursos Genéticos; se espera que el intercambio se amplíe en un futuro. Las introducciones que se hicieron anteriormente del Perú y de la Región del Amazonas de Colombia, mediante cultivos de meristemas, están ahora sembradas en el campo para su multiplicación y posterior evaluación.

A partir de clones que han pasado a través de cultivos de meristemas y que están libres de infecciones sistémicas, se está formando un banco de germoplasma. Con el aislamiento en que se mantiene este banco de otros campos de yuca y mediante procedimientos estrictos de cuarentena, se espera que pueda continuar suministrando material sano para su evaluación dentro y fuera de las instalaciones de CIAT.

Evaluación de Germoplasma

La evaluación de germoplasma se está llevando a cabo mediante tres rutas principales.

- a) Evaluación sobre adaptación, resistencia, rendimiento y calidad de la raíz en ecosistemas de Colombia con estrés de moderado a severo.
- b) Evaluación de características morfológicas relativamente estables, con el fin de ayudar eventualmente a definir grupos similares y duplicaciones en el banco.
- c) Estudios especiales en grupos seleccionados de accesiones de germoplasma sobre madurez precoz, deterioro de la raíz después de la cosecha y contenido de cianuro de la raíz.

Los trabajos se llevan a cabo en Media Luna y Fonseca, en Carimagua, Popayán y CIAT-Palmira.

Media Luna y Fonseca

Dada la alta prioridad del ecosistema de la costa norte de Colombia, representativa de las mayores áreas cultivadoras de yuca de las Américas y Asia, se llevan a cabo allí evaluaciones de germoplasma en dos sitios: Media Luna en Magdalena, que tiene una precipitación moderada (800-1200 mm por año), con una larga estación seca, y Fonseca, en Guajira, que tiene una precipitación baja (700-1000 mm por año) y una larga estación seca durante la cual los ácaros (*Mononychellus* sp.) son severos.

Con el fin de incrementar la posibilidad de identificar material promisorio, las primeras accesiones escogidas en la costa norte se preseleccionaron sobre la base de su resistencia a ácaros y/o su origen en un ecosistema similar.

En Media Luna, las evaluaciones de germoplasma se iniciaron en el ciclo de 1978-1979 con cerca de 400 accesiones. En 1979-1980 se seleccionaron para futuras evaluaciones 103 de tales accesiones y en 1980 se sembraron los 17 clones mejores en un ensayo replicado de rendimiento.

Los rendimientos de los 17 clones de Media Luna han sido en promedio de 10.5 ton/ha de raíces (max. 21.7 ton/ha), con un promedio de 31.8% (max. 36.8%) de materia seca y una producción de estacas por planta de

7.9 en promedio (max. 14/planta). Estos valores igualan o exceden a los de Secundina, variedad local usada como testigo.

Se ha sembrado un ensayo de observación de rendimiento con 240 clones adicionales.

En Fonseca, en un ensayo de observación de rendimiento se sembraron en mayo de 1979, 329 accesiones y se cosecharon a los 12 meses; bajo este ambiente de alto estrés se observaron diferencias muy marcadas entre los clones, en los cuales se midió: adecuada resistencia a ácaros, alto contenido de materia seca en la raíz y altos índices de cosecha. El 13% de los clones mostró bajos niveles de daño de ácaros, el 11% produjo materia seca por encima de 33% y el 14% tuvo índices de cosecha por encima de 60%.

Pocos clones mostraron niveles adecuados para todas las variables consideradas. Se seleccionaron 57 accesiones y se sembraron junto con las seleccionadas en Media Luna. Adicionalmente se sembró una serie de 317 accesiones de germoplasma en un ensayo de observación de rendimiento.

Las correlaciones fenotípicas entre varias características indican interrelaciones entre las mismas y posibles implicaciones para el mejoramiento genético (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones lineales entre varias características en la evaluación de germoplasma de yuca en Fonseca, Guajira, Colombia. (Cosecha de mayo de 1980.)

Características	Pubescencia ¹	Retención de hojas ²	Hábito de ramificación ³	Daño de ácaros ⁴	Peso de la raíz por planta	Peso del follaje por planta	Índice de cosecha	Densidad de la raíz ⁵
Pubescencia	1.000	0.468**	- 0.082	- 0.579**	0.328**	0.286**	0.015	0.111
Retención de hojas		1.000	- 0.362**	- 0.606**	0.094	0.057	0.039	0.138*
Hábito de ramificación			1.000	0.289**	0.074	0.217**	- 0.148**	- 0.197**
Daño de ácaros				1.000	- 0.045	- 0.072	- 0.001	- 0.074
Peso de la raíz por planta					1.000	0.598**	0.391**	- 0.015
Peso del follaje por planta						1.000	- 0.368**	- 0.162**
Índice de cosecha							1.000	0.301**
Densidad de la raíz								1.000

¹ Evaluación subjetiva de la densidad de la pubescencia del ápice: 1=sin pubescencia; 3=altamente pubescente.

² Evaluación subjetiva del porcentaje de tallos que retienen hojas al momento de la cosecha.

³ Número de niveles de ramificación al momento de la cosecha.

⁴ Evaluación subjetiva del daño de ácaros en el momento de máxima infestación: 1=daño mínimo; 5=daño severo.

⁵ La densidad se evaluó por el método de gravedad específica, que mide el contenido de materia seca de la raíz.

De especial interés es la alta correlación positiva entre la pubescencia del ápice y la resistencia al ácaro *Mononychellus*, que ya había sido observada por la sección de Entomología. Aunque seguramente otros mecanismos están operando para conferir resistencia a los ácaros, la pubescencia puede ser el más simple de manejar; el germoplasma se puede seleccionar fácilmente por pubescencia con o sin ataque de ácaros, y esta característica también confiere resistencia a trips.

El rendimiento de las raíces no se correlacionó con el daño de ácaros, posiblemente debido a que el comienzo de la estación de lluvias permitió un buen desarrollo de la planta antes de que el ataque de ácaros se hiciera severo. Los datos sugieren que el potencial para alto rendimiento y la resistencia a ácaros se pueden combinar para producir líneas superiores para estas condiciones.

El ataque de ácaros tendió a ser más severo en tipos sumamente ramificados, aunque la razón para esto no está clara. El contenido de materia seca de la raíz no se relacionó con la severidad del ataque de ácaros.

La selección para este ecosistema de la costa norte continuará basada principalmente en rendimiento de raíces, índice de cosecha, contenido de materia seca de la raíz y niveles moderados a altos de resistencia a ácaros.

Carimagua

La mayor parte del banco de germoplasma se ha evaluado en Carimagua y las accesiones mejores se están evaluando en el segundo año en un ensayo replicado de rendimiento. Según los datos acumulados durante varios ciclos, sólo un pequeño porcentaje de accesiones muestra adaptación estable a este ambiente de alto estrés de enfermedades (Cuadro 2); ellas se están recomendando como fuentes de resistencia a CBB y superalargamiento y como fuentes de rendimiento potencial en suelos ácidos infértiles.

Puesto que varias de estas accesiones son morfológicamente idénticas, será importante una búsqueda intensa para identificar el germoplasma adaptado a este ecosistema.

En un ensayo de observación de rendimiento se sembró una colección cubana de 69 clones, algunos de los cuales mostraron buenos niveles de resistencia a CBB, superalargamiento y antracnosis. Cuba tiene superalargamiento solamente en unas pocas áreas y

CIAT la ayuda en la evaluación de sus líneas para que el país pueda tomar rápidas medidas preventivas si la enfermedad llegara a ser endémica allí.

Cuadro 2. Accesiones de germoplasma de yuca que muestran buena adaptación en Carimagua (Colombia); agrupadas según sus reacciones a las dos enfermedades endémicas mayores y sus diferencias o similitudes morfológicas.¹

Accesiones ²	Resistencia a enfermedades ³	
	CBB	Superalargamiento
Grupo A		
M Bra 5, M Bra 22, M Bra 29, M Col 1940 y M Pan 51	MR	R
Grupo B		
M Col 1894, M Col 1772 y M Col 1900	MR	R
Grupo C		
M Col 2052 y M Pan 12A	R	R
Grupo D		
M Col 1914, M Col 1916, M Ecu 82, M Pan 12B, M Pan 19, M Pan 90, M Pan 101, M Pan 103, M Ven 38 y M Ven 77	R	R
Grupo E		
M Pan 97	R	MR

¹ Selección con base en evaluaciones de 2-4 ciclos para resistencia a enfermedades y de 1-2 ciclos para rendimiento, en un ensayo con repeticiones.

² Los grupos A y B tienen reacción igual a las enfermedades, lo mismo que C y D; pero las accesiones dentro de los grupos B y D son muy similares morfológicamente y pueden ser genéticamente idénticas.

³ MR = moderadamente resistente; R = resistente.

Popayán

En Popayán se llevó a cabo un ensayo de rendimiento con una colección de 18 clones procedentes de áreas de altitud elevada del sur de Colombia; el rendimiento más alto fué de M Col 1522 (CMC 92), una variedad regional de Popayán que produjo 12.8 ton/ha en comparación con 8.1 ton/ha de la mejor accesión. No obstante, varias de las accesiones tuvieron contenidos de materia seca más altos (hasta 36.9%), comparados con el 29.2% de M Col 1522.

En todos los ensayos regionales sembrados en Popayán, así como en los ensayos replicados de rendimiento realizados previamente, M Col 1522 ha sido

consistentemente la más alta productora. Esta variedad es muy vigorosa, sumamente ramificada, tiene un contenido moderado de materia seca y es moderadamente resistente a la mancha foliar por *Phoma* y a ácaros *Oligonychus*.

Para este ecosistema se tienen como metas mejorar el tipo de planta de M Col 1522 buscando una menor ramificación y mejorar su contenido de materia seca, su rendimiento potencial y su resistencia a enfermedades.

Las evaluaciones de germoplasma a gran escala han comenzado con una siembra de 438 accesiones, colectadas en su mayoría en áreas por encima de los 1500 msnm. En general, en el programa de mejoramiento de germoplasma se ha dado menos énfasis a las áreas de altitud elevada que a los otros ecosistemas.

CIAT-Palmira

Reevaluación por deterioro fisiológico de la raíz después de la cosecha. Uno de los parámetros que se habían considerado en la evaluación preliminar de germoplasma de yuca en CIAT-Palmira en 1973-74 fue el deterioro de la raíz después de la cosecha. Un grupo de 139 accesiones inicialmente clasificadas como grado 1 se reevaluaron en un ensayo en CIAT-Palmira con el fin de confirmar las fuentes de resistencia al deterioro; éste se midió por medio de dos métodos:

a) almacenando las raíces enteras a la temperatura ambiente por una semana y midiendo luego tanto los efectos fisiológicos como los microbiales tal como se hizo en la evaluación original;

b) determinando el deterioro fisiológico únicamente, según el método descrito por la sección de Patología el año último (CIAT Prog. de Yuca 1979, Informe Anual).

Hubo una amplia gama de deterioro en el ensayo de reevaluación, igual que en el ensayo original, con una medida promedio prácticamente igual para las dos evaluaciones (Cuadro 3). Puesto que se trataba de clones que habían sido clasificados como resistentes, estos resultados demuestran una baja consistencia para la característica deterioro de la raíz a través de los años, cuando éste se mide con base en un solo surco.

Existe una correlación altamente significativa entre las medidas del deterioro fisiológico a los tres días y del deterioro fisiológico más el microbio en una semana (Cuadro 4). Como se observó previamente en CIAT, el

deterioro tuvo una correlación altamente positiva con la densidad de la raíz, es decir, con el contenido de materia seca y también con el índice de cosecha. Aunque no se pueden implicar relaciones de causa a efecto, la selección por alto contenido de materia seca en las raíces y alto índice de cosecha propenderá a incrementar los problemas de deterioro.

Cuadro 3. Evaluación de las accesiones del banco de germoplasma de yuca por daño en las raíces después de una semana de almacenamiento, hecha para todo el material en la cosecha 1973-74; reevaluación posterior (1980) para los clones seleccionados inicialmente como resistentes.

Año de evaluación	Material	Clasificación ¹	Frecuencia	Porcentaje
1973-74	Total de accesiones ²	1	169	9
		2	273	15
		3	480	26
		4	489	27
		5	405	22
		Promedio	3.4	
1980	169 accesiones clase I de la 1a. evaluación ³	1.0 - 1.9	10	7
		2.0 - 2.9	11	45
		3.0 - 3.9	49	36
		4.0 - 4.9	15	11
		Promedio	2.9	

¹ 1 = poco o ningún deterioro; 5 = alto deterioro

² Siembra en parcelas de un solo surco, sin replicación

³ Siembra en parcelas de un solo surco, con dos repeticiones.

Cuadro 4. Correlaciones lineales entre las evaluaciones de deterioro de la raíz cosechada, densidad de la raíz e índice de cosecha en yuca.

	Deterioro fisiológico ¹	Deterioro fisiológico y microbiológico ²	Densidad de la raíz	Índice de cosecha
Deterioro fisiológico	1.00	0.67**	0.78**	0.64**
Deterioro fisiológico y microbiológico		1.00	0.42**	0.34**
Densidad de la raíz			1.00	0.58**
Índice de cosecha				1.00

¹ Evaluado tres días después de la cosecha; sección de 15 cm de raíz con el extremo distal cubierto con una película de PVC; 1 = deterioro mínimo, 10 = deterioro severo.

² Deterioro fisiológico y microbiológico evaluado siete días después de la cosecha; las raíces se almacenaron intactas bajo condiciones ambientales; 1 = deterioro mínimo, 5 = deterioro severo.

Depósitos de Genes para Adaptación a Medios Ecológicos

Se continúan desarrollando depósitos de genes de gran diversidad para la adaptación de materiales a los ecosistemas representados por Media Luna y Fonseca, Carimagua y Popayán. Los componentes parentales iniciales se seleccionaron del banco de germoplasma según su comportamiento en el ecosistema.

Se da énfasis a la inclusión de una amplia diversidad de material con resistencia a insectos y enfermedades, con tolerancia a estrés de suelo y clima, con alto potencial de rendimiento y buena calidad de la raíz; pero sólo unas pocas accesiones combinan todas estas características y por lo tanto se han incluido otras accesiones con expresiones menos favorables de algunas de ellas. A través de la selección recurrente, la frecuencia de genes se puede aumentar para todas las características.

La formación y el mejoramiento de un depósito de genes es un proceso que incluye dos etapas. En la primera etapa, la recombinación se hace por polinización abierta utilizando un esquema de policruces; en la segunda etapa se seleccionan las mejores entradas de los bloques de policruces y se recombinan mediante polinización controlada.

Primera etapa. La primera etapa se realiza en bloques de polinización abierta, cada uno de los cuales presenta una selección de un ecosistema determinado. Se utiliza un esquema de policruces, donde varias replications de cada genotipo se siembran en una mezcla al azar para maximizar la mezcla del polen entre los diferentes genotipos.

Los bloques individuales de los policruces se aíslan entre sí por lo menos con 12 m sembrados con surcos de material masculino estéril. Este año un estudio demostró que esta distancia de aislamiento es suficiente para prevenir la mayor parte de la contaminación en las condiciones de CIAT-Palmira.

Específicamente, la yuca no está bien adaptada para el aprovechamiento de esquemas de cruces de polinización abierta; sin embargo, un buen manejo puede superar estos problemas y hacer de la polinización abierta una efectiva herramienta de mejoramiento genético.

La ventaja de la polinización abierta es la producción de una gran cantidad de semillas con los mínimos requerimientos de mano de obra. Una dificultad mayor es la gran fluctuación entre los clones en el tiempo de

floración y el número de flores producidas; además, los tipos con floración más precoz y más prolíficos son los menos deseables desde el punto de vista de tipo de la planta, ya que la floración precoz está asociada con una ramificación temprana y frecuente.

Cuando los tipos de yuca son muy ramificados, la ramificación se controla mediante cortes para hacer más uniforme la producción de flores; pero no hay medios efectivos conocidos para incrementar la producción de flores cuando se trata de tipos de yuca de ramificación muy tardía.

Las plantas individuales se codifican y después de la polinización cada racimo se rotula y se cubre hasta la madurez para la recolección de las semillas. De entre las varias replications, se toman las semillas del mismo clon, se combinan y se siembran juntas como una familia de hermanos incompletos que tienen un progenitor femenino conocido y una mezcla de progenitores masculinos. El comportamiento de la familia es una medida de la aptitud combinatoria general del progenitor femenino.

Los bloques de policruzamiento se modificaron este año para permitir la incorporación gradual de genes para características que básicamente se presentan en materiales no adaptados al ecosistema en cuestión. Los genotipos no adaptados se sembraron como bordes alrededor de cada una de las replications del bloque de polinización cruzada y se emascularon semanalmente para evitar la contaminación del banco de germoplasma básico con el polen de este germoplasma no adaptado.

La progenie de los surcos del borde será retrocruzada varias veces con el banco de germoplasma básico para combinar la adaptación de los genes del depósito con la característica que se está introduciendo.

Segunda etapa. La segunda etapa del mejoramiento de germoplasma implica la selección de los bloques de policruzamientos de acuerdo con su aptitud combinatoria y con el comportamiento dentro de un ecosistema dado; los clones seleccionados se recombinan a través de polinización controlada. En esta etapa es posible un control más preciso de progenitores y los efectos de la aptitud combinatoria específica se pueden capitalizar.

Evaluación de Progenie. La progenie de los bancos de genes se está evaluando en Media Luna, Carimagua, Popayán y CIAT-Palmira.

La evaluación iniciada dentro de cada ecosistema con plantas de semillas verdaderas en la etapa F_1 tiene la ventaja potencial de una alta eficiencia de selección puesto que cantidades muy grandes de distintos genotipos están sujetas a las características particulares del ecosistema. Sin embargo, primero se necesitan estudios adicionales para comparar la eficiencia de la selección en F_1 en CIAT-Palmira con la eficiencia dentro del ecosistema.

Por otra parte, las plántulas provenientes de semillas son bastante delicadas durante las primeras semanas después de la siembra o trasplante y fácilmente pueden ocurrir grandes pérdidas por factores no relacionados con el potencial futuro de la planta (p. ej. un período de sequía corto, competencia de malezas, ataque de insectos masticadores). Un problema adicional consiste en retornar grandes cantidades de material clonal a una localidad centralizada para cruzamientos o multiplicación de estacas, sin introducir insectos y enfermedades del sitio de evaluación.

Estos problemas se están investigando para ayudar a llevar al máximo la eficiencia de la selección en F_1 . Los híbridos superiores se ensayarán en la etapa de pruebas de rendimiento y luego pasarán a la sección de Mejoramiento Varietal como nuevas fuentes de genes.

Estudios Especiales

Heredabilidad de la resistencia a ácaros. Los ácaros se han identificado entre las plagas artrópodas importantes de la yuca.

Estudios anteriores (CIAT, Prog. de Yuca, 1979 Inf. Anual) mostraron una alta heredabilidad en sentido lato para resistencia a *Mononychellus* con alta consistencia a través de las replicaciones en un campo, a través de las localidades y a través de años; en este año, dos ensayos de híbridos F_1 mostraron en CIAT-Palmira una heredabilidad alta en sentido estricto ($h^2=0.78$) sobre la base de una regresión de la progenie y el promedio de dos padres, donde la pendiente de la línea de regresión es una estimación directa de h^2 (Figuras 1 y 2).

Este estudio indica además que cuando en CIAT-Palmira ocurre una infestación de ácaros calificada de mediana o alta, la selección preliminar de plantas individuales en una población segregante probablemente será efectiva para las condiciones de la costa norte.

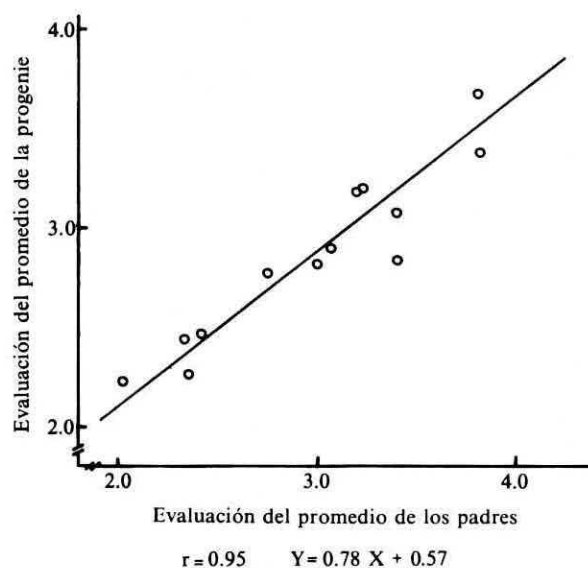


Figura 1. Regresión del promedio de la progenie F_1 en el promedio de los padres para resistencia al ácaro *Mononychellus tanajoa* bajo altos niveles de población, en CIAT-Palmira, 1980.

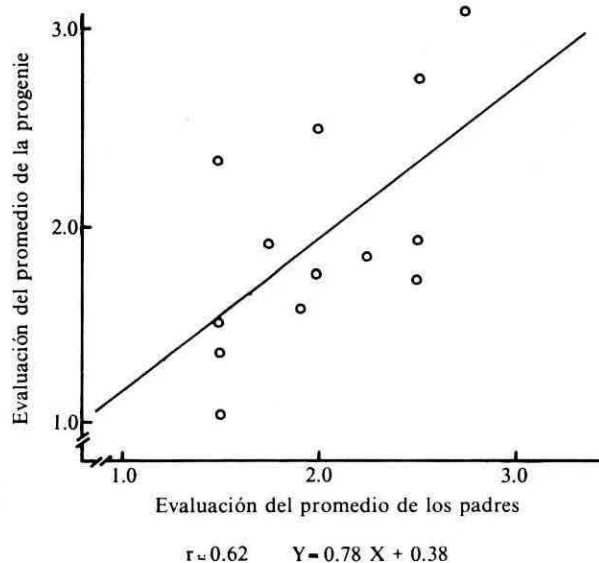


Figura 2. Regresión del promedio de la progenie F_1 en el promedio de los padres para resistencia al ácaro *Mononychellus tanajoa*, bajo niveles moderados de población, en CIAT-Palmira, 1980.

Heredabilidad de la adaptación a bajas temperaturas. En un ensayo con replicaciones llevado a cabo en Popayán se cultivaron las seis progenies resultantes de los cruzamientos en un progenitor adaptado a bajas

temperaturas (M Col 1522) con progenitores pobremente adaptados, así como los clones parentales. Para todos los cruzamientos, el rendimiento promedio de la familia, su tolerancia al frío, su resistencia a *Phoma* y antracnosis y los resultados de la evaluación general fueron intermedios entre los progenitores. Unos pocos híbridos produjeron casi los mismos rendimientos de M Col 1522.

Estos datos muestran que los cultivares pobremente adaptados son generalmente inaceptables como progenitores para la producción de híbridos en este ecosistema, ya que la proporción de progenie bien adaptada es muy baja. Parece que la adaptación está controlada en su mayor parte por efectos de genes aditivos.

Selección en F₁ para contenido de materia seca de la raíz. El alto contenido de materia seca en la raíz es un criterio de calidad importante para prácticamente todos los usos de la yuca. Este año se concluyó un estudio para determinar si en una población segregante F₁ la selección para contenido de materia seca de la raíz sobre la base de una planta individual puede ser efectiva.

Los datos de 260 plantas individuales cultivadas a partir de semillas verdaderas se compararon en CIAT Palmira con los mismos clones cultivados en un ensayo de observación de rendimiento de un solo surco. La correlación entre las dos generaciones clonales fué de $r=0.48++$, lo que demuestra que el control genético sobre la producción de materia seca es significativo en comparación con el ejercido por los factores ambientales.

Actualmente CIAT no intenta evaluar rutinariamente la progenie F₁ para contenido de materia seca debido al inmenso número de muestras requeridas; sin embargo, si en algún momento es deseable un incremento rápido e intensivo en el contenido de materia seca, se justificaría una evaluación de F₁.

Estudios de germinación de semillas. Se sabe que las semillas de yuca tienen un período de latencia que dura varios meses después de la cosecha y que una reducción de este período acortaría significativamente el ciclo de mejoramiento genético.

A este respecto se encontró que sometiendo las semillas recién cosechadas a un tratamiento de calor de pregerminación en un horno seco a 60°C durante 14 días, se aumentaba significativamente su germinación total y se disminuía el tiempo de germinación. En semillas con tres a seis meses de cosechadas no se observó aumento en la germinación, pero el tratamiento tampoco resultó nocivo para la germinación en comparación con los testigos.

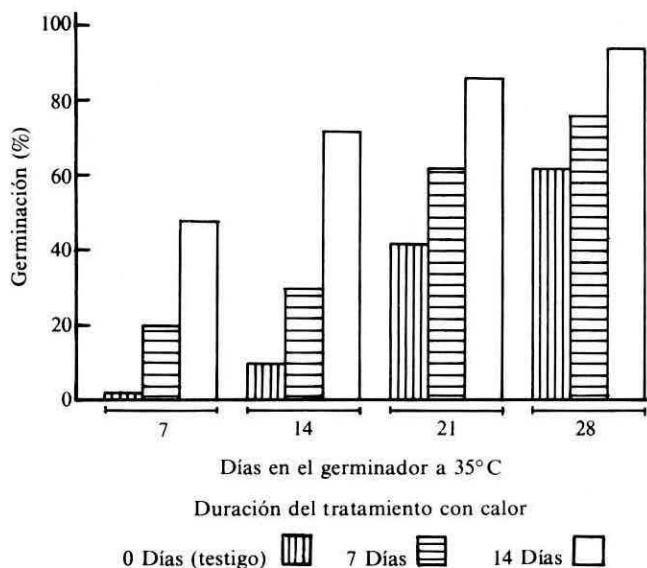


Figura 3. Efecto de un tratamiento calórico de pregerminación (a 60°C, 100 semillas/tratamiento) sobre semillas de yuca recientemente cosechadas, de seis variedades.

En consecuencia, las semillas de hasta seis meses se pueden tratar con calor, con efectos benéficos para las recién cosechadas y sin ningún efecto en las más viejas. Estos resultados se han confirmado en el campo en Carimagua, donde las semillas de cero a nueve meses, tratadas con calor tuvieron una germinación de 47.2% comparada con 35% de las semillas no tratadas.

En este año se continuó la selección de híbridos en CIAT-Palmira, Caribia y Carimagua; considerando la importancia de los ambientes de Caribia y Carimagua, se intensificó la importancia relativa de la selección en estas localidades.

En vista de que se ha obtenido considerable progreso en la capacidad de rendimiento y en la resistencia a enfermedades mediante la selección de materiales por sus características individuales con respecto a índice de cosecha, tipo de ramificación o resistencia a CBB y super alargamiento, el énfasis ha derivado gradualmente hacia la selección de tales materiales por su comportamiento general durante varios años en cada sitio.

La producción de semillas híbridas se cuadruplicó por polinización controlada después de que se superaron los problemas críticos de plagas.

Selección de Materiales en Caribia

En Caribia las selecciones de híbridos de CIAT y una accesión de germoplasma sobresaliente, M Col 1684, continuaron mostrando buena capacidad de rendimiento (Figura 1). Uno de los ensayos replicados de rendimiento, (sembrado en mayo y cosechado en febrero), que se había establecido en un sitio de suelo pobre y sin riego, sufrió severamente por sequía y en consecuencia los rendimientos fueron bajos. No obstante, persistió la superioridad de las selecciones de CIAT sobre los cultivares locales (Montero y Manteca).

A pesar de lo anterior, sólo pocas líneas de CIAT superaron el mejor cultivar local en contenido de materia seca de la raíz (Figura 2); en consecuencia, los mayores esfuerzos de selección se aplicarán hacia una buena combinación de alto contenido de materia seca en la raíz con alta capacidad de rendimiento.

Tres nuevas selecciones de híbridos que parecen combinar rendimientos bastante altos con alto contenido de materia seca de la raíz y resistencia al volcamiento, se pasaron a la sección de Agronomía para su evaluación en pruebas regionales en las tierras bajas cálidas tropicales.

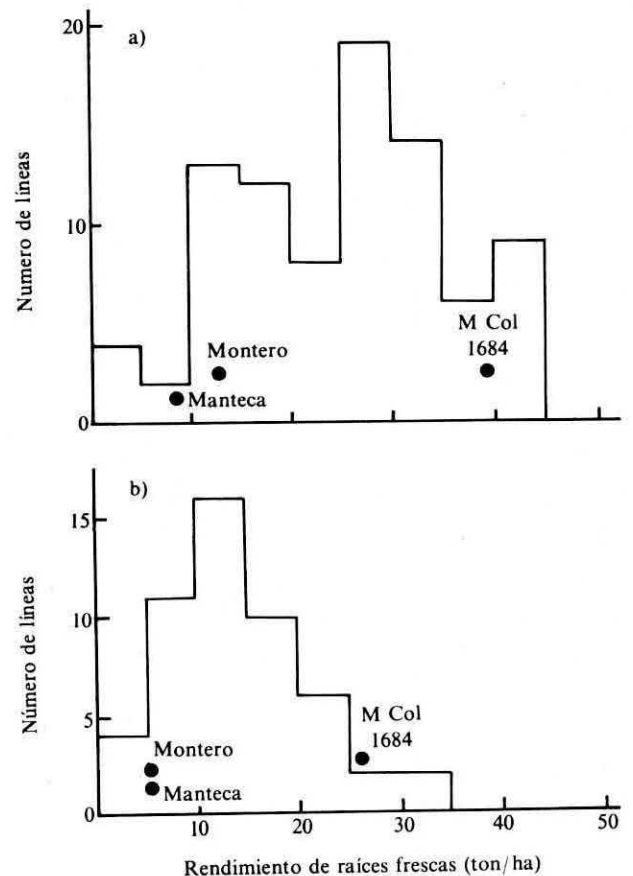


Figura 1. Distribución de la frecuencia de líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de rendimiento, en ensayos replicados de rendimiento en Caribia, 1980.

a) siembras de julio y febrero

b) siembras de mayo

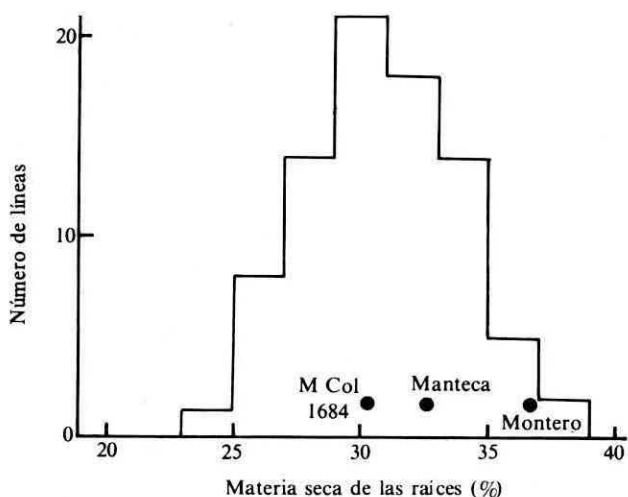


Figura 2. Distribución de la frecuencia de líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de contenido de materia seca de la raíz, en Caribia, 1980. (Promedio de tres pruebas; incluye únicamente los valores para las líneas más productoras de raíces.)

Selección en Carimagua

Buen número de líneas del CIAT superaron en rendimiento a los cultivares locales (Llanera y M Col 638) y a M Col 1684, aunque los rendimientos fueron generalmente bajos (Figura 3). Todos los ensayos recibieron una modesta aplicación de fertilizante.

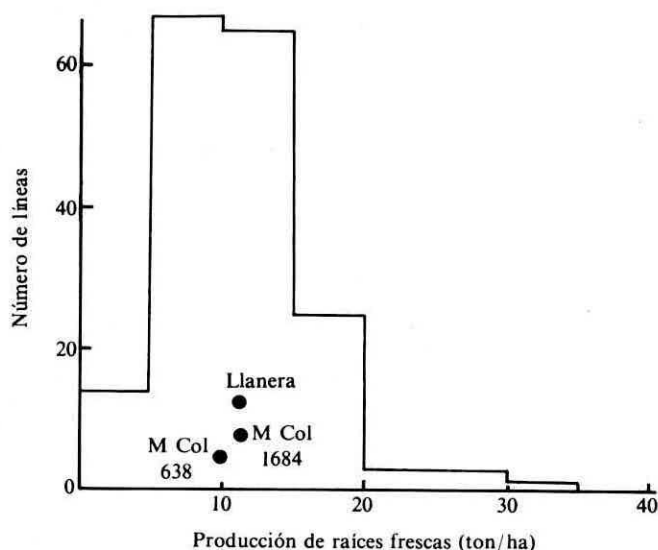


Figura 3. Distribución de la frecuencia de líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de rendimiento en Carimagua, 1980. (Promedio de dos pruebas sembradas en mayo y en octubre.)

El contenido de materia seca de la raíz estuvo en general muy bajo, aunque varias líneas como la CM 523-7 y la CM 723-3 mostraron consistentemente alto contenido de materia seca de la raíz (Figura 4).

Muchas líneas nuevas tuvieron una resistencia buena a CBB y superalargamiento.

El énfasis de la selección continúa recayendo sobre una buena combinación de rendimientos estables con alto contenido de materia seca de las raíces y resistencia a enfermedades e insectos.

Se pasaron seis selecciones nuevas a la sección de Agronomía para evaluaciones en pruebas regionales en condiciones de sabana tropical.

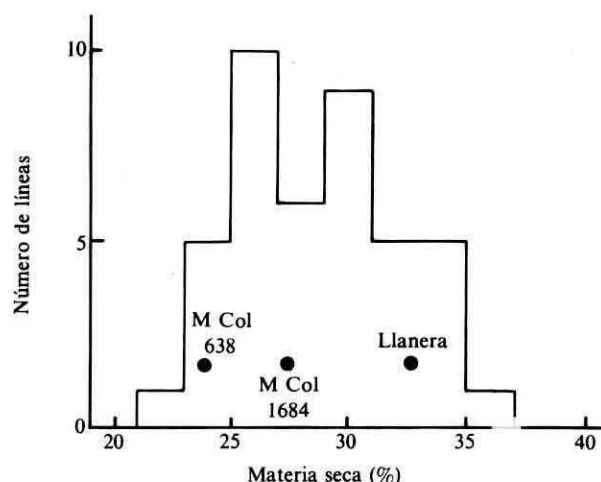


Figura 4. Distribución de la frecuencia de líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de contenido de materia seca en la raíz en Carimagua, 1980. (Promedio de dos pruebas; incluye únicamente los valores para las líneas más productoras de raíces.)

Selección en CIAT-Palmira

Muchas líneas de CIAT continuaron mostrando excelentes rendimiento y contenido de materia seca de las raíces (Figuras 5 y 6). Un buen ejemplo es la nueva selección CM 849-1 que dió un rendimiento de raíces de 71 ton/ha/año con 39% de contenido de materia seca.

Doce selecciones que parecieron combinar alto rendimiento con alto contenido de materia seca de las raíces y alto índice de cosecha (por lo tanto resistencia al volcamiento) se pasaron a la sección de Agronomía. Se espera que varias de ellas se adapten a las tierras bajas

cálidas tropicales; de este modo todas las selecciones se evalúan intensivamente también en la estación de Caribia.

Diez selecciones que mostraron una capacidad de rendimiento excepcionalmente alta también pasaron a la sección de Agronomía; éstas son las selecciones que serán adaptadas a ambientes de alto rendimiento.

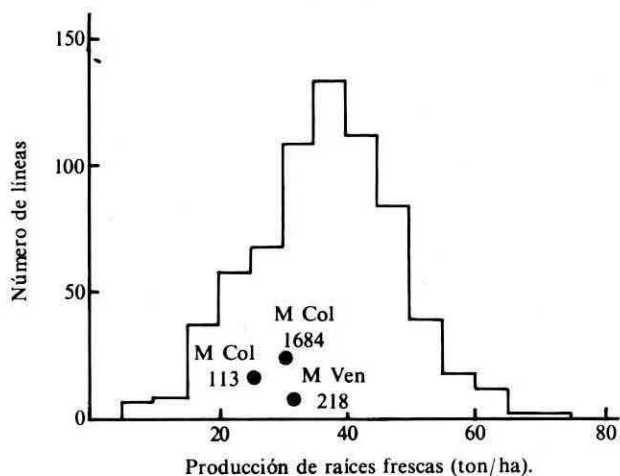


Figura 5. Distribución de la frecuencia de líneas de CIAT en diferentes niveles de rendimiento, en CIAT-Palmira, 1980. (Promedio de tres pruebas.)

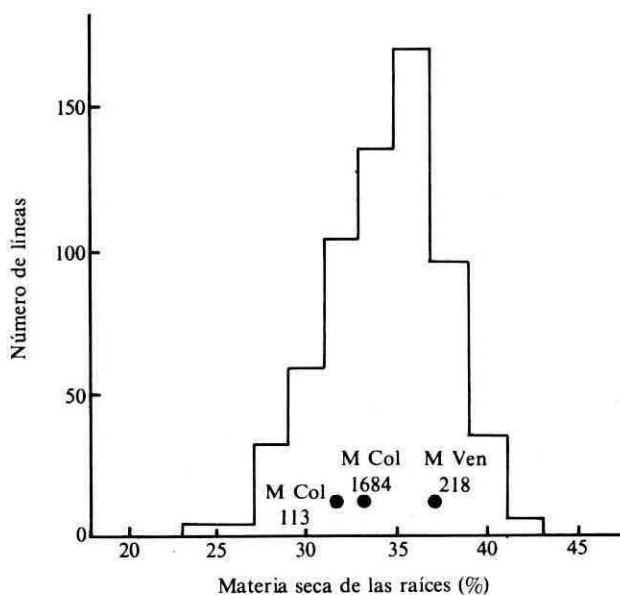


Figura 6. Distribución de la frecuencia de líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de contenido de materia seca de las raíces en CIAT-Palmira, 1980. (Promedio de tres pruebas.)

Estabilidad de Rendimientos

El énfasis en la selección varietal ha cambiado de un rendimiento absoluto alto a un rendimiento razonablemente alto que sea estable a través de años y estaciones en cada ambiente representativo. El tratamiento de los lotes de selección se ajusta a las situaciones reales de la finca, para eliminar aplicaciones altas de fertilizantes, riegos y pesticidas.

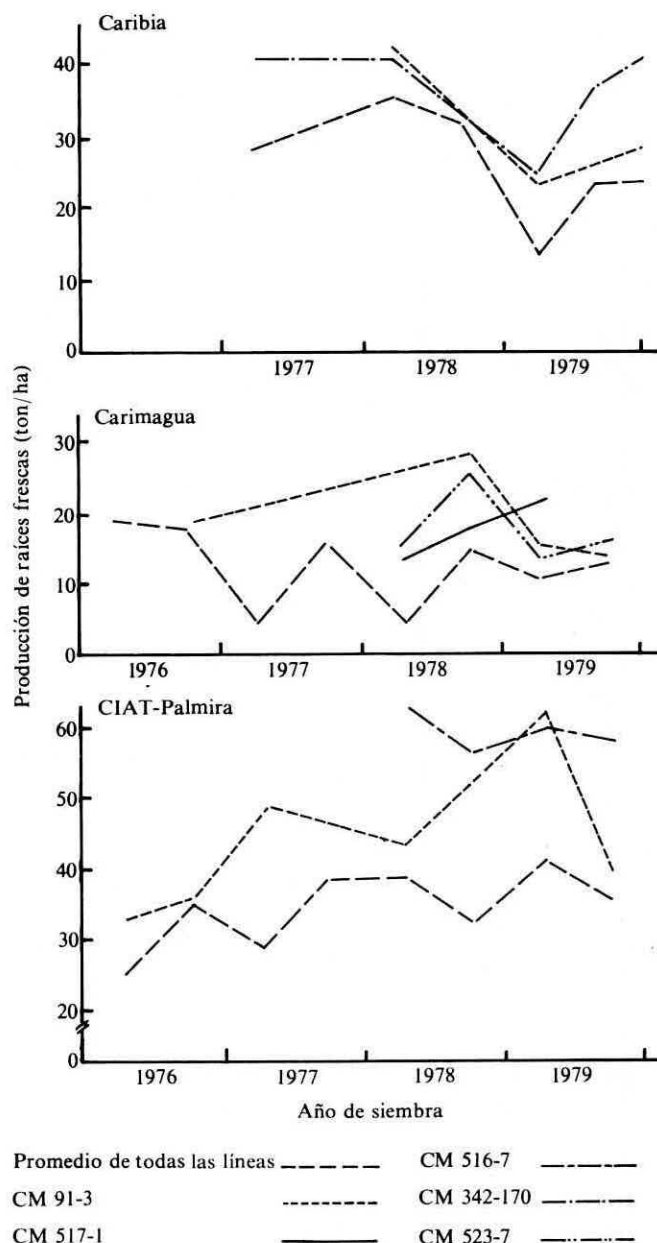


Figura 7. Estabilidad en los rendimientos de las líneas seleccionadas de yuca, en tres localidades.

Se han identificado varios factores que afectan la estabilidad del rendimiento (ver Agronomía - Pruebas Regionales). De acuerdo con ellos, el mejoramiento genético para resistencia a enfermedades e insectos, la buena capacidad germinadora y la resistencia al volcamiento están entre los criterios importantes de selección. El criterio de selección final en la sección de Mejoramiento Varietal es rendimiento estable a través de años y estaciones.

La estabilidad del rendimiento a través de diferentes sitios dentro de cada macroregión se evalúa en las pruebas regionales con un número más pequeño de materiales promisorios. Ejemplares de nuevas selecciones se evalúan por varios períodos en cada sitio de selección.

Un buen ejemplo de rendimientos altos y estables se obtuvo con CM 342-170 en Caribia y CM 516-7 en CIAT (Figura 7). En Carimagua, el número de factores abióticos y bióticos que afectan adversamente los rendimientos de yuca es mucho mayor, de manera que obtener un rendimiento estable es más difícil aquí; hasta ahora, líneas de CIAT tales como CM 517-1 y CM 523-7 parecen ofrecer alguna promesa.

Adaptación Varietal y Producción de Estacas de Siembra

La producción de estacas adecuadas para siembra es difícil bajo condiciones de alto estrés como son las de Carimagua. La infección de CBB reduce significativamente los rendimientos de las raíces en las líneas de yuca susceptibles, especialmente cuando ella se inicia a partir de cortes infestados (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979).

Por otra parte, la infección de CBB reduce drásticamente la cantidad de estacas de siembra en las líneas susceptibles, hecho que es más grave que el bajo rendimiento de raíces. Esto es especialmente crítico cuando la producción continua de yuca se hace utilizando estacas producidas localmente.

La infección primaria de superalargamiento (auto infección de la misma estaca de siembra), que puede ocasionar la pérdida total del cultivo de yuca, se puede distinguir fácilmente de la infección ordinaria o secundaria proveniente de otras plantas. La infección primaria es proporcional a la infección en la siembra previa de donde se tomaron las estacas (Figura 8). Hay muchos más factores abióticos y bióticos que afectarían la cantidad y calidad de las estacas de siembra.

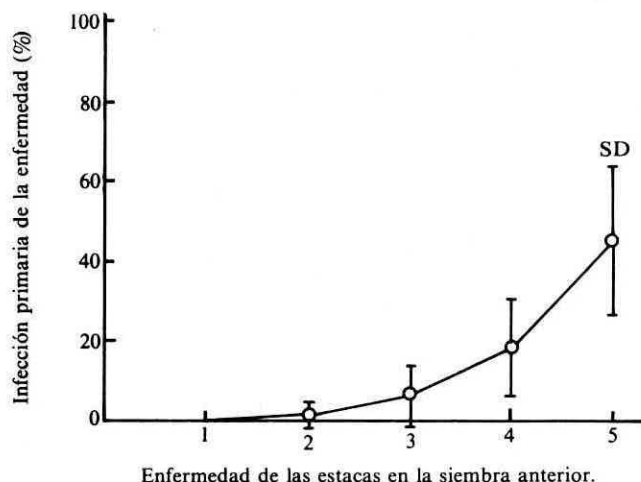


Figura 8. Efecto de la infección de superalargamiento en un cultivo anterior sobre la infección primaria en el cultivo nuevo (siembras de mayo en Carimagua).

Evaluación de la enfermedad: 1 = ningún síntoma; 2 = síntomas sólo en las hojas; 3 = síntomas en las hojas de todas las plantas y alargamiento ocasional del tallo; 4 = 50% de las plantas muestran alargamiento de tallos; 5 = muerte de las hojas por la infección.

CIAT-Palmira se considera como un ambiente de bajo estrés, relativamente libre de problemas de enfermedades para la producción de yuca; Caribia se considera como un ambiente de mediano estrés, donde la estación seca es larga y donde siempre se presenta CBB durante el período de lluvias y produce ocasionalmente significativas reducciones en el rendimiento; sin embargo, Caribia está relativamente libre de otros problemas de enfermedades e insectos.

Con el fin de comparar la calidad de las estacas de siembra producidas localmente con las de CIAT-Palmira, se sembraron varias líneas de yuca en ensayos replicados de rendimiento con estacas de CIAT-Palmira y de Caribia y Carimagua.

En Caribia, tanto las estacas locales como las de CIAT-Palmira germinaron bien; las estacas locales tendieron a producir rendimientos ligeramente mejores pero las diferencias generalmente no fueron significativas estadísticamente. Sin embargo, al observar las líneas individuales, en M Col 22 se encontraron mejores resultados cuando se sembró con estacas producidas localmente pero fue difícil obtener un alto rendimiento usando estacas producidas en CIAT (Cuadro 1). La misma tendencia se observó en CM 342-170, pero M Col 1684 no mostró una tendencia clara.

Cuadro 1. Comparación de los rendimientos de tres líneas de yuca sembradas en Caribia, en relación con el origen de las estacas de siembra.

Línea de yuca	Origen de las estacas de siembra	Rendimiento (ton/ha de raíces frescas) para cultivos sembrados en:				Promedio
		Mayo 1979	Mayo 1978	Octubre 1979	Febrero 1980	
M Col 22	Caribia	44.2	22.2	48.6	34.4	37.4
	CIAT-Palmira	20.0	16.1	29.2	15.0	20.1
CM 342-170	Caribia	51.4	25.2	-	41.9	39.5
	CIAT-Palmira	31.2	21.1	36.7	33.3	28.5
M Col 1684	Caribia	-	16.1	32.5	39.4	29.3
	CIAT-Palmira	50.8	25.6	56.9	27.2	36.6

Cuadro 2. Comparación de los rendimientos de líneas seleccionadas de yuca sembradas en Carimagua, con relación al origen de las estacas de siembra (para la siembra de Octubre de 1979).

Líneas	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	
	Estacas de Carimagua	Estacas de CIAT-Palmira
Selecciones nuevas		
CM 946-2	31.3	34.7
CM 996-6	29.9	23.6
CM 983-5	22.9	no sembrada
CM 951-6	20.8	29.2
CM 976-2	19.4	9.7
CM 854-21	18.8	19.4
CM 1012-2	18.1	13.2
CM 840-323	18.1	16.7
CM 869-4	18.1	12.5
CM 840-324	17.4	20.1
Promedio	21.3	19.9
Selecciones antiguas		
CM 430-37	18.2	13.9
CM 723-3	15.7	14.6
CM 523-7	15.3	12.5
CM 91-3	14.3	11.5
M Ven 77	11.9	7.7
Promedio	15.1	12.0

En Carimagua, las estacas de siembra locales generalmente germinaron pobremente y produjeron rendimientos significativamente más bajos. Las diferencias en rendimientos entre las estacas de Carimagua y de CIAT-Palmira fueron mayores en los primeros años (siembras de 1978); pero con la intensificación de la selección tales diferencias se redujeron a un nivel insignificante (siembras de Octubre de 1979); para las líneas sembradas con estacas de Carimagua que dieron rendimientos razonablemente altos, las diferencias en rendimiento con las estacas de CIAT desaparecieron (Cuadro 2). En las selecciones más antiguas, cuya adaptación a Carimagua se ha confirmado bien, el rendimiento con estacas de Carimagua tendió a sobrepasar el rendimiento obtenido con estacas de CIAT.

Se puede concluir que la producción de estacas de siembra de buena calidad es difícil bajo condiciones de alto estrés. Sin embargo, si los genotipos de yuca están realmente adaptados localmente, la calidad de las estacas de siembra producidas es igualmente buena o quizás mejor que las estacas producidas en otros ambientes con menos estrés.

Producción de Semillas Híbridas

A medida que los programas de mejoramiento genético de yuca han ido tomando fuerza en ciertos países claves tales como Brasil y Tailandia y que se ha reconocido ampliamente la importancia de la selección varietal descentralizada, se ha incrementado la demanda de semillas híbridas F_1 .

No hubo síntoma de que las estacas de Caribia fueran inferiores a las estacas producidas en CIAT. Aunque por problemas de transporte hubo algún retraso en la siembra en Caribia de las estacas producidas en CIAT Palmira, éstas se trataron con fungicidas para compensar dicho efecto, mientras que las estacas de Caribia no se trataron.

Las semillas híbridas se habían producido en CIAT-Palmira con una eficiencia razonablemente alta (alrededor de 0.7 semillas por cada flor hembra polinizada) entre 1974 y 1977. Sin embargo, la eficiencia bajó notablemente en 1978 y en 1979, cuando se obtuvo un promedio de sólo 0.28 semillas por flor hembra polinizada. En 1979 el número de polinizaciones se dobló pero las semillas híbridas obtenidas disminuyeron.

La causa principal de la disminución en la producción de semillas ha sido el aumento de la población de la mosca

de la fruta que ataca la yuca (*Anastrepha* sp.), la cual se alimenta de semillas en desarrollo. En enero de 1980 se iniciaron aplicaciones, cada dos semanas, del insecticida sistémico fenthion; estos tratamientos no sólo han controlado efectivamente la mosca *Anastrepha* sp., sino también otros varios insectos y plagas de yuca. Se ha restaurado una alta eficiencia de hibridación (0.82 semillas por flor) y debido al control de trips, se ha mejorado la producción de polen y flores. Esto ha permitido que se realicen polinizaciones masivas con líneas tales como M Ven 77 y M Pan 12 B, que se conocen como bien adaptadas al ambiente de Carimagua.

Pruebas Regionales

Resultados del sexto ciclo. En 1980 se completó el sexto ciclo de las pruebas para variedades promisorias de yuca bajo tecnología uniforme mejorada (Informe Anual del CIAT, 1974). Estas pruebas se efectuaron en ocho localidades de Colombia, cuyas condiciones edáficas y climáticas se resumen en el Cuadro 1.

Solamente en dos de estos sitios, Carimagua y CIAT-Quilichao, se hicieron aplicaciones de cal y fertilizantes. En Carimagua se aplicaron: 0.5 ton/ha de cal; 1 ton/ha de 10-20-20; 20 kg/ha de S y 5 kg/ha de Zn.

En CIAT-Quilichao, donde la siembra se ha hecho en el mismo campo durante tres años consecutivos, se aplicaron: 375 kg/ha de cal; 100 kg/ha de N y 22 kg/ha de P (50 kg/ha de P_2O_5). El zinc se incluyó en el tratamiento de las estacas.

Los principales problemas que afrontaron las pruebas regionales de yuca en 1980 fueron: en Carimagua un fuerte ataque de CBB y superalargamiento; en CIAT-Quilichao hubo problemas con las enfermedades

superalargamiento, cuero de sapo y cercospora y con plagas como ácaros, moscas blancas y trips; en Río Negro, plantaciones de ocho meses de edad fueron completamente defoliadas por el gusano cachón de la yuca.

Como en años anteriores, las mejores líneas seleccionadas, con promedios de rendimiento de 37.5 ton/ha, sobrepasaron los mejores materiales locales cuyo promedio fue de 18.5 ton/ha.

En siete de los ocho sitios donde se efectuaron las pruebas, M Col 1684, CM 342-55 y CM 489-1 sobrepasaron los mejores clones locales; CM 308-197 y CM 462-6 los superaron en seis sitios y CM 430-37, CM 321-188, CM 311-69 CM 451-1, CM 471-1, ICA HMC-2 lo hicieron en cinco sitios (Cuadro 2).

Este hecho refleja de nuevo el mayor potencial de rendimiento de los materiales mejorados seleccionados, comparado con el de las variedades locales o regionales.

Cuadro 1. Principales características climatológicas y edáficas de las localidades de las pruebas regionales de rendimiento para yuca, en Colombia, 1979-1980.

Localidad	Altitud (msnm)	Promedio temperatura (°C)	Precipitación ¹ (mm)	Días hasta cosecha	Textura del suelo	pH del suelo	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/100 g)
Media Luna	10	27.2	1190	328	Franco arenosa	6.6	0.7	7.2	0.08
Chigorodó	28	28.0	1059	305	Franco arcillo-limosa	6.8	4.2	27.8	0.51
Carimagua	200	26.2	2867	398	Arcillo-limosa	4.7	3.2	1.9	0.14
Río Negro	250	27.0	2009	329	Franco-arcillo-arenosa	4.4	2.1	4.0	0.11
San Martín	300	25.0	2373	332	Arcillosa	4.2	3.2	7.4	0.16
CIAT-Palmira	1000	23.8	704	336	Arcillosa	7.0	3.9	73.3	0.70
CIAT-Quilichao	1070	23.0	1233	310	Franco arcillosa	3.6	6.7	17.8	0.30
Caicedonia	1200	22.2	1344	356	Franco arcillo-arenosa	5.5	3.2	40.5	0.35

¹ Precipitación total durante el ciclo de crecimiento de la yuca.

Cuadro 2. Rendimiento de los híbridos y variedades de yuca de ICA-CIAT promisorios en las pruebas regionales realizadas durante 1979-80 en ocho localidades de Colombia.

Variedades e híbridos	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								Promedio
	Media Luna	Chigorodó	Carimagua	Río Negro	San Martín	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	
Mejor local ¹	10.1	28.9	4.5	13.6	15.7	25.5	22.1	27.7	18.5
M Col 1684	22.0	45.9	9.5	24.6	24.5	26.5	17.2	55.2	28.2
CM 309-41	10.7	-	3.8	13.8	-	30.4	-	44.5	20.6
ICA-HMC-1	11.8	47.5	-	12.5	-	40.2	-	42.7	30.9
CM 342-55	25.9	51.0	5.7	23.8	21.8	37.6	18.7	41.7	28.3
CM 430-37	9.5	-	18.2	13.6	20.4	48.0	22.0	40.9	24.7
ICA-HMC-2	11.5	41.2	15.4	-	20.1	22.9	-	40.6	25.3
CM 489-1	16.0	57.1	-	20.3	26.4	55.7	22.7	39.7	34.0
CM 308-197	16.0	45.0	1.5	23.8	16.7	36.9	-	37.8	25.4
CM 426-6	21.9	-	7.6	21.0	22.7	36.0	14.3	36.4	22.8
CM 440-5	9.1	-	4.1	13.2	13.4	29.2	9.5	35.2	16.2
CM 471-4	12.3	-	0.8	15.1	20.0	30.7	11.7	35.1	18.0
CM 451-1	14.0	-	3.5	16.1	18.2	31.2	16.2	34.7	19.1
CM 321-188	16.9	43.2	1.8	-	22.4	43.8	16.8	32.4	25.3
CM 305-120	-	-	-	-	-	-	-	38.8	38.8
CM 311-69	-	-	6.5	-	21.5	35.4	23.9	30.3	23.5
ICA-HMC-7	-	-	-	18.0	21.4	34.8	20.4	-	23.7
CM 344-71	-	-	-	-	20.7	30.5	32.0	-	27.7
CM 192-1	-	-	2.8	-	-	31.1	22.8	34.2	22.7
CMC 40 (M Col 1468)	-	58.2	6.9	-	-	-	-	33.7	32.9
CM 340-30	-	-	6.1	21.6	-	34.6	-	-	20.8
CM 305-41	-	-	-	-	-	45.3	28.4	-	36.9
M Ven 218	11.8	-	-	-	-	37.1	-	-	24.5
CM 323-375	18.1	-	-	-	22.2	32.9	-	-	24.4
CM 305-38	-	-	-	-	-	-	28.2	-	28.2
CM 323-87	18.8	-	-	19.2	-	-	-	-	19.0
Chiroza	-	-	-	8.6	19.2	-	-	-	13.9
CM 507-34	-	-	13.9	-	-	-	-	-	13.9
M Ven 77	-	-	12.5	-	-	-	-	-	12.5
CM 507-37	-	-	10.5	-	-	-	-	-	10.5
CM 430-9	-	-	7.1	-	-	-	-	-	7.1
CM 516-7	-	-	6.9	-	-	-	-	-	6.9
SM 1-150	-	-	4.9	-	14.0	-	-	-	9.5
CM 309-211	-	-	3.4	-	-	-	-	-	3.4
M Col 22	19.6	-	-	-	-	-	-	-	19.6
CMC 9 (M Col 1438)	-	-	-	-	11.0	-	-	-	11.0
M Mex 59	-	-	-	-	30.1	-	-	-	30.1
CMC 76 (M Col 1505)	-	34.5	-	-	-	-	-	-	34.5
ICA-HMC-3	-	31.7	-	-	-	-	-	-	31.7
ICA-HMC-53	-	64.2	-	-	-	-	-	-	64.2
Promedio incluyendo las variedades locales	15.3	45.7	6.9	17.4	20.1	35.3	20.4	37.9	
Mejor variedad o híbrido promisorio	25.9	64.2	18.2	24.6	24.5	55.7	32.0	55.2	37.5

¹ Mejores variedades locales: en Media Luna el cultivar Secundina; en Chigorodó, CMC 84 (M Col 1513); en Carimagua, Llanera; en Río negro, San Martín, Tempranera; en CIAT-Palmira, M Col 113; en CIAT-Quilichao, M Col 113; en Caicedonia, Chiroza, Gallinaza.

De igual manera, los dos híbridos nuevos CM 342-55 y CM 430-37 ofrecen gran promesa toda vez que su rendimiento en todas las localidades, incluyendo Carimagua y CIAT-Quilichao, fue relativamente alto. El híbrido CM 342-55 es el resultado del cruzamiento de M Col 22 con M Col 1468 (CMC-40) en donde el último progenitor es un material ampliamente adaptado y con buena estabilidad de rendimiento a través del tiempo.

Resultados totales de seis años. Después de seis años de pruebas regionales, los tres cultivares más promisorios en cada lugar produjeron un rendimiento promedio de 34.6 ton/ha de raíces frescas a través de todas las localidades, comparado con 20.1 ton/ha para las variedades locales (Cuadro 3). Además, en cada localidad los materiales promisorios superaron ampliamente los cultivares locales.

Esto representa un tremendo aumento en ambos tipos de materiales (promisorios y locales) en comparación con el promedio colombiano de rendimiento, que se estima en 9.7 ton/ha.

El Cuadro 4 resume los datos de rendimiento de seis años de pruebas regionales y de siete años de ensayos avanzados de rendimiento de la sección de Mejoramiento Varietal. En las pruebas regionales sólo se han incluido variedades y líneas que han tenido comportamientos sobresalientes en comparación con las variedades locales de cada sitio.

Adaptación Varietal y Estabilidad de Rendimientos

Los datos de rendimiento reunidos en el Cuadro 4 permiten hacer un análisis de la adaptación de la yuca y de la estabilidad de los rendimientos.

En el cuadro se ve que las variedades M Col 1468 ensayada durante 45 ciclos, M Col 1684 ensayada durante 40 ciclos y M Col 22 ensayada también durante 40 ciclos, han producido rendimientos promedios ponderados de 29.1, 30.8 y 22.0 ton/ha respectivamente; los rendimientos de las dos primeras son altos y relativamente estables, en tanto que los rendimientos de M Col 22 son más bajos e inestables.

M Col 1468, una variedad de Campinas, Brasil (localizada cerca de la latitud 20°S) se ha desempeñado bien hasta la latitud 22°N; en Cuba fue lanzada para producción comercial por su buen comportamiento en ese país; también fue sobresaliente en las pruebas internacionales de rendimiento de este año en la República Dominicana y en Ecuador. Estos resultados confirman su amplio rango de adaptación.

La variedad M Col 1684 también ha producido altos rendimientos y mostró buena adaptación tanto en Ecuador como en República Dominicana. Su alto rendimiento en la Estación Napo en Ecuador (ver Cuadro 5) se produjo en un suelo oxisol ácido e infértil.

Cuadro 3. Promedio acumulativo de los rendimientos de raíces frescas y los rendimientos de raíces secas de las tres mejores variedades promisorias, en comparación con la mejor variedad local, en nueve localidades de la red de pruebas regionales de yuca.

Localidad	Rendimiento (ton/ha)											
	Promedio de cinco ciclos ¹				Ciclo 1979-80				Promedio por localidad			
	Var. promisorias		Var. local		Var. promisorias		Var. local		Var. promisorias		Var. local	
	RRF ²	RRS ²	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS
Media Luna	23.4	6.7	8.3	3.0	23.2	6.1	10.1	3.3	23.3	6.6	8.6	3.0
Chigorodó	-	-	-	-	59.8	16.4	28.9	8.6	59.8	16.4	28.9	8.6
Carimagua	20.4	6.7	13.3	4.2	15.8	4.9	4.5	1.3	19.6	6.4	11.8	3.7
Río Negro	33.2	9.9	14.9	4.6	24.0	5.6	13.6	3.1	31.6	9.2	14.7	4.3
San Martín	-	-	-	-	27.0	9.3	19.2	6.2	27.0	9.3	19.2	6.2
Nataima	33.3	10.0	18.0	5.1	-	-	-	-	33.3	10.0	18.0	5.1
CIAT-Palmira	36.8	13.0	22.3	7.7	49.6	18.7	25.5	8.2	38.9	13.9	22.8	7.7
CIAT-Quilichao	37.8	12.0	31.4	9.9	29.5	8.8	22.1	5.7	35.0	10.9	28.3	8.5
Caicedonia	41.9	14.9	29.2	9.9	47.4	17.8	27.7	10.1	42.8	15.3	28.9	9.9
Promedio por ciclo	32.8	10.8	21.6	7.2	34.5	10.9	18.9	5.8	34.6	10.9	20.1	6.3

¹ Ver CIAT Progr. de Yuca, Informe Anual 1979, para detalles.

² RRF = rendimiento de raíces frescas; RRS = rendimientos de raíces secas.

Cuadro 4. Rendimientos y principales características de las líneas y accesiones promisorias de yuca durante seis años de pruebas regionales.

Línea o accesión	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)											Materia seca (%)	Reacción a enfermedades ¹		
	Media Luna	Caribia	Chigorodó	Carimagua	Río Negro	San Martín	Nataima	CIAT- Palmira	CIAT- Quilichao	Caicedonia	Pereira		Promedio	CBB	Super- alargamiento
Accesiones promisorias															
CM 323-87	21.1 (3) ²				22.8 (3)							22.0 (6)	31	S	S
CM 308-197	17.0 (3)		45.0 (1)	11.6 (3)	26.7 (3)		34.4 (2)	33.9 (3)		41.2 (3)		28.8 (18)	32	S	S
CM 309-41	15.1 (3)			13.2 (3)	20.7 (3)			30.4 (3)	27.8 (3)	45.4 (3)		25.4 (18)	32	R	S
CM 192-1				12.8 (3)				29.3 (3)	29.9 (3)	40.2 (3)		28.1 (12)	31	S	S
CM 323-375	20.7 (2)	31.3 (3)				22.2 (1)		30.3 (3)				27.6 (9)	34	S	S
CM 489-1	16.0 (1)	27.7 (3)	57.1 (1)		20.3 (1)	26.4 (1)		62.5 (3)	22.7 (1)	39.7 (1)		37.8 (12)	29	S	S
CM 342-55	25.9 (1)		51.0 (1)		23.8 (1)	21.8 (1)		45.4 (4)		41.7 (1)		38.5 (9)	29	S	S
CM 451-1	14.0 (1)				16.1 (1)							15.1 (2)	30	MR	S
CM 344-71							27.6 (1)		29.0 (2)			28.6 (3)	30	S	S
CM 430-37		25.0 (2)		19.7 (3)		20.4 (1)		45.5 (3)		40.9 (1)		30.7 (10)	33	MR	MR
CM 342-170		38.6 (4)						24.7 (3)				32.6 (7)	34	S	S
CM 321-188	19.0 (2)	33.9 (3)					26.2 (1)	51.5 (5)	18.8 (2)	43.3 (2)		36.5 (15)	34	S	S
CM 462-6	21.9 (1)			7.6 (1)	21.0 (1)			36.0 (1)				21.6 (4)	26	MR	S
CM 91-3		25.8 (4)		20.0 (3)				44.3 (4)				30.9 (11)	33	MR	MR
CM 523-7		9.0 (1)		17.1 (2)				42.0 (2)				25.4 (5)	37	R	R
CM 430-9		20.5 (3)		13.9 (2)				42.0 (3)				26.9 (8)	28	MR	MR
CM 440-5		26.5 (3)		16.5 (2)				46.5 (3)				31.5 (8)	37	MR	MR
CM 323-403		46.8 (5)										46.8 (5)	30	S	S
ICA-HMC-2	15.6 (3)					20.1 (1)		26.0 (3)		33.4 (2)	37.2 (1)	24.9 (10)	32	MR	MR
ICA-HMC-7					18.0 (1)			36.2 (2)	32.2 (3)			31.2 (6)	40	-	MR
CM 311-69				10.5 (2)				35.4 (1)	23.7 (2)			20.8 (5)	34	MR	MR
CM 507-34		11.5 (2)		12.3 (3)				46.0 (2)				21.7 (7)	31	R	MR
CM 507-37		14.5 (2)		12.2 (3)				47.8 (2)				23.0 (7)	30	R	MR
CM 340-30					24.0 (2)			30.0 (2)				27.0 (4)	29	S	S
CM 305-41		24.0 (2)					26.6 (1)	46.2 (6)	26.9 (2)		30.9 (1)	36.4 (12)	33	S	S
ICA-HMC-1			47.5 (1)					35.5 (2)		50.5 (2)	38.1 (1)	42.9 (6)	37	S	S
CM 305-38									28.2 (1)			28.2 (1)	32	S	S
CM 471-4						20.0 (1)						20.0 (1)	31	S	S
CM 391-2		34.0 (2)		16.0 (1)				42.0 (3)				35.0 (6)	32	S	S
ICA-HMC-53			64.2 (1)									64.2 (1)	-	-	-
Promedio ponderado	18.2 (20)	29.2 (39)	53.0 (5)	14.4 (31)	22.4 (16)	21.8 (6)	29.8 (5)	40.6 (66)	27.2 (19)	42.1 (18)	35.4 (3)	30.3 (228)			

¹ Reacciones S=Susceptibles; MR=Moderadamente resistente; R=Resistente² Cifras entre paréntesis indican el número de ciclos de cultivo.

Cuadro 4. (continuación).

Línea o accesión	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)											Materia seca (%)	Reacción a enfermedades ¹		
	Media Luna	Caribia	Chigorodó	Carimagua	Río Negro	San Martín	Nataima	CIAT- Palmira	CIAT- Quilichao	Caicedonia	Pereira		Promedio	CBB	Super- alargamiento
Accesiones sobresalientes															
M Col 113				3.4 (3)				20.2 (6)				17.2 (11)	39	S	S
M Col 1684	29.4 (3) ²	36.2 (6)	45.9 (1)	20.1 (8)	35.2 (3)	24.5 (1)	27.2 (3)	29.1 (9)	31.4 (3)	50.5 (3)	28.8 (2)	30.8 (40)	31	MR	MR
M Col 22	19.6 (6)	28.7 (6)		10.8 (8)			26.0 (4)	26.2 (11)		30.9 (3)	8.8 (2)	22.0 (40)	34	S	S
M Col 1468 (CMC 40)	22.7 (5)	25.5 (4)	58.2 (1)	17.6 (8)	24.7 (5)		31.9 (5)	37.6 (9)		36.9 (4)	31.2 (4)	29.1 (45)	30	MR	MR
M Ven 218	14.7 (3)	29.3 (2)		9.5 (4)			24.2 (3)	36.1 (8)		32.4 (3)		26.1 (23)	33	S	R
M Col 1505 (CMC 76)			34.5 (1)		26.2 (3)			33.1 (3)			28.7 (3)	29.8 (10)	35	S	S
M Col 1513 (CMC 84)	13.1 (5)			17.0 (5)	29.9 (5)		26.9 (2)	35.0 (4)		31.5 (3)	24.2 (2)	24.5 (26)	34	S	S
M Mex 59	23.1 (5)			17.7 (4)	33.1 (5)	30.1 (1)	29.6 (5)	24.8 (3)		32.7 (5)	16.4 (3)	26.4 (31)	32	S	R
M Col 1529 (CMC 99)					31.6 (3)							31.6 (3)	30	MR	S
M Ven 156	15.6 (3)				25.2 (3)			28.5 (3)				23.1 (9)	34	S	S
M Ven 77				16.9 (5)	27.7 (3)							21.0 (8)	28	R	R
M Col 673				9.3 (2)	29.0 (3)							21.1 (5)	36	S	MR
M Col 677					24.0 (3)			22.5 (2)		28.7 (3)		25.4 (8)	37	S	MR
M Col 1686							32.3 (2)					32.3 (2)	28	-	-
M Pan 70							23.5 (3)	28.5 (3)		34.3 (3)		28.8 (9)	33	S	R
M Ptr 26							28.1 (3)	28.4 (3)				28.3 (6)	33	S	R
M Mex 17							24.8 (3)	25.7 (3)				25.3 (6)	34	S	S
M Mex 23				12.1 (2)				27.2 (3)		31.4 (3)		25.0 (8)	37	S	MR
M Col 1292										33.9 (3)		33.9 (3)	38	S	S
M Col 1488 (CMC 59)											41.3 (3)	41.3 (3)	40	-	-
Chiroza				17.9 (4)		19.2 (1)						18.2 (5)	32	S	S
Promedio ponderado	19.8 (30)	30.6 (18)	46.2 (3)	14.9 (53)	28.8 (36)	24.6 (3)	27.7 (33)	29.6 (70)	31.4 (3)	34.3 (33)	26.7 (19)	26.3 (301)			
Promedio ponderado de los estigios	8.7 (6)	11.6 (6)	28.9 (1)	12.5 (11)	14.7 (6)	13.4 (2)	14.2 (4)	23.7 (12)	28.3 (3)	29.1 (6)	35.6 (4)	18.5 (64)			

¹ Reacciones S=Susceptibles; MR=Moderadamente resistente; R=Resistente² Cifras entre paréntesis indican el número de ciclos de cultivo.

Cuadro 5. Rendimientos en raíces frescas de yuca de las líneas y variedades ICA-CIAT cosechadas en los ensayos internacionales regionales durante el ciclo de pruebas de 1979-1980.

Línea o variedad	Rendimiento (ton/ha)		
	Ecuador Pichilingue	Estación Napo	Rep. Dominicana San Cristobal
Mejor var. local ¹	32.2	17.9	23.0
M Col 1468 (CMC 40)	30.4	14.0	42.5
M Col 1684	37.2	30.7	35.4
CM 305-41	42.0	9.0	37.1
ICA-HMC-1	26.5	21.5	31.6
CM 305-145A	33.2	15.6	18.9
M Ptr 26	32.1	17.3	
M Mex 17	23.7	19.4	
CM 321-188	46.6		
ICA-HMC-7	46.3		36.2
CM 323-142	38.5		
CM 305-120	35.4		
CM 309-163	30.3		
CM 344-27	29.6		
CM 192-1	29.1		
CM 305-122	28.4		
CM 340-30	26.2		
CM 344-71	22.6		
ICA-HMC-2		38.5	40.8
CM 308-197		15.2	35.4
CM 323-375		12.7	37.0
M Col 1513 (CMC 84)			33.8
CM 305-38			29.8
ICA-HMC-4			28.5
M Ven 218			27.9
CM 309-211			23.5
M Mex 59			23.1
M Col 22			21.7
Rendimiento promedio sin el testigo local	32.8	19.4	31.5

¹ Mejor variedad local en Pichilingue, Yema de huevo; en San Cristobal, Zenon.

La Figura 1 muestra los datos de rendimiento de M Col 1684 en siete localidades colombianas situadas por debajo de 1300 msnm. Los rendimientos máximos fueron similares a través de las localidades, aunque resultaron ligeramente más bajos en Media Luna y Río Negro donde no se utilizó riego. La variación de rendimientos dentro de cada localidad fue muy grande, especialmente en Carimagua debido a factores limitantes de suelo, agua, enfermedades e insectos comunes allí.

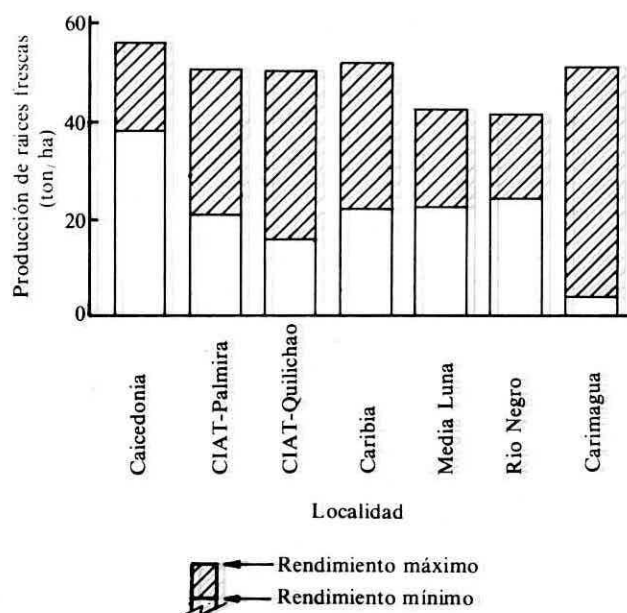


Figura 1. Variaciones en los rendimientos de la variedad M Col 1684 dentro y a través de siete localidades. (Para rendimiento máximo en Carimagua, ver CIAT, Informe Anual 1979, Suelos y nutrición de plantas.)

Las variaciones en rendimiento de las localidades y los altos rendimientos máximos sugieren tres conclusiones relacionadas con los genotipos seleccionados:

- La interacción genotipo x localidad no es tan grande si los genotipos se siembran bajo condiciones favorables en cada localidad.
- La variación en rendimiento dentro de una localidad es igual o mayor que la variación registrada entre localidades.
- Una interacción aparentemente grande de genotipo x medio ambiente en muchos casos es realmente una interacción genotipo x variaciones dentro de la localidad.

Hay varios factores que influyen en las variaciones de rendimiento dentro de la localidad. Algunos de tales factores como la preparación del suelo, el riego y la fertilidad del suelo, así como el control de malezas y la aplicación de pesticidas, son controlables; otros como la temperatura, la precipitación y los brotes de enfermedades y plagas son en su mayor parte incontrolables.

Debido a que la yuca se continuará produciendo principalmente en suelos marginales con tan solo niveles mínimos o modestos de insumos, el entendimiento de las

variaciones dentro de una localidad debidas a los factores incontrolables está recibiendo una mayor atención dentro del Programa de Yuca.

Varias líneas de híbridos promisorios se han probado por más de 10 ciclos de cosechas y han producido bien en varias localidades incluyendo los sitios de altos limitantes en Carimagua y en CIAT-Quilichao (Cuadro 4). El comportamiento de estos cruzamientos a través del tiempo y en las diferentes localidades indica el progreso alcanzado en la obtención de germoplasma superior por medio de la manipulación genética.

En CIAT-Palmira, Caribia y Carimagua se analizaron las variaciones en rendimiento de tres accesiones de germoplasma: Llanera, M Col 22 y M Col 1684 (ver Figura 2).

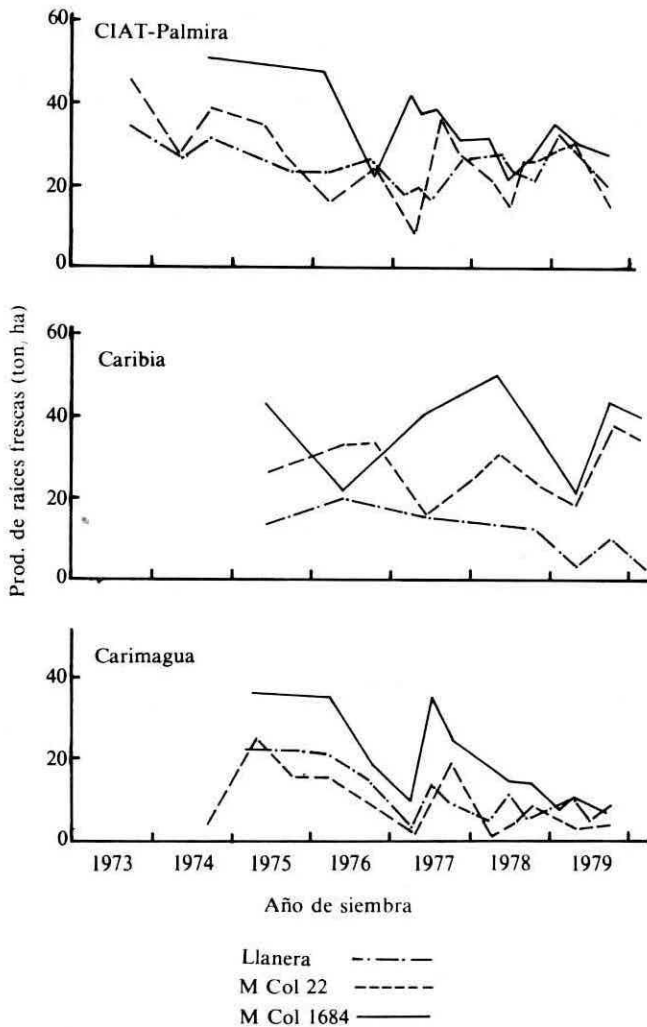


Figura 2. Fluctuaciones en el rendimiento de tres variedades de yuca en tres localidades.

En tanto que M Col 1684 tuvo el más alto rendimiento promedio en todas las localidades, sus rendimientos fueron también los más inestables. Los rendimientos de Llanera y M Col 22 fueron similares en CIAT-Palmira aunque los rendimientos de Llanera fueron los más estables. En Caribia, los rendimientos de Llanera fueron bajos e inestables y M Col 22 dio rendimientos relativamente altos y estables. En Carimagua, los rendimientos de los tres cultivares fueron inestables.

Estos datos sugieren que tanto la amplia adaptación como la capacidad de producción son independientes de la estabilidad de rendimiento dentro de una localidad. Puesto que el rendimiento estable en un sitio no garantiza estabilidad en otras localidades, el rendimiento estable se debe buscar en cada localidad.

Factores que afectan la estabilidad de los rendimientos. Varios factores afectan la estabilidad de los rendimientos de la yuca como se puede observar a través de los siguientes ejemplos tomados de los ensayos de las pruebas regionales.

Los cultivares de M Ven 218 y CM 308-197 son selecciones de alto rendimiento aunque ambos son susceptibles a CBB. En Carimagua produjeron bien cuando se controló CBB (siembras de 1976) y cuando por razones de época de siembra escaparon de una fuerte infección de CBB (siembras de 1977); sin embargo, los rendimientos fueron casi nulos cuando se presentó CBB (Fig. 3).

Es obvio que a pesar de los altos potenciales de rendimiento, los genotipos susceptibles no pueden suministrar rendimientos estables en ambientes de enfermedades endémicas.

Entre 1976 y 1978 se seleccionaron en CIAT-Palmira las líneas CM 507-34, CM 516-7 y CM 517-1, las cuales rindieron más de 50 ton/ha en 1978; hasta ahora, los rendimientos de CM 516-7 han sido estables mientras que los rendimientos de las otras dos han bajado marcadamente (Fig. 4). Este hecho es atribuible a un incremento en las poblaciones de trips que se ha observado con los años en CIAT-Palmira; recientemente se encontró que CM 507-34 y CM 517-1 eran altamente susceptibles a esta plaga, mientras que CM 516-7 es tolerante.

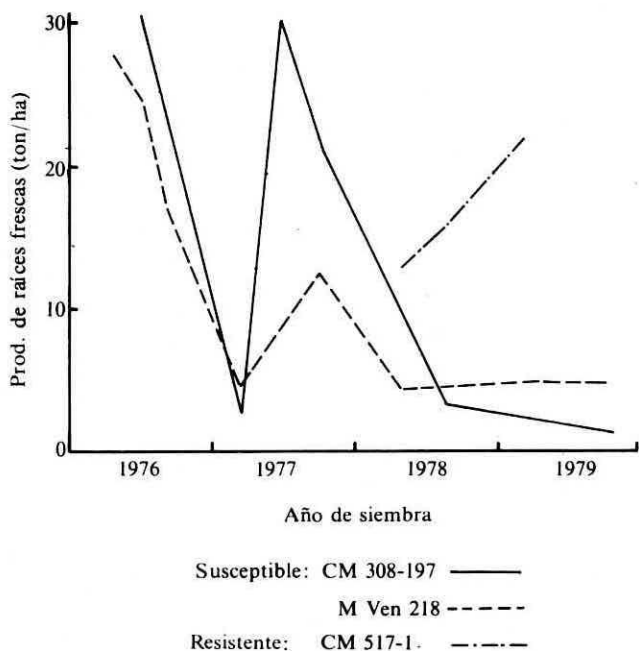


Figura 3. Fluctuaciones en el rendimiento de líneas de yuca con diferente reacción al añublo bacterial (CBB), en Carimagua.

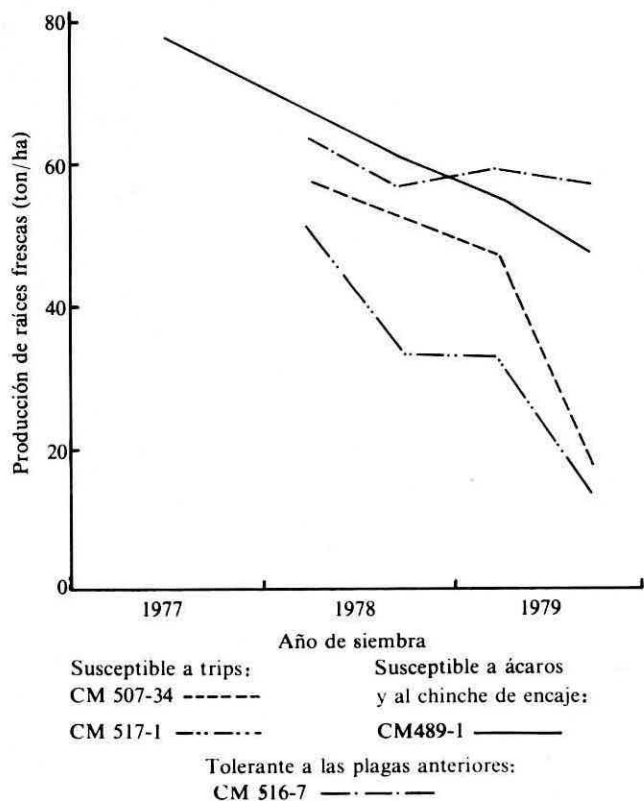


Figura 4. Fluctuaciones en el rendimiento de líneas de yuca con diferentes grados de resistencia a plagas, en CIAT, Palmira.

De manera similar, los rendimientos de CM 489-1, una de las líneas de mayor rendimiento en CIAT-Palmira, han declinado uniformemente. En este caso, esta línea fue tolerante a trips pero susceptible a ácaros y a chinches de encaje, otras dos plagas cuyas poblaciones han aumentado con los años.

En la Figura 5 se ilustra el caso de CM 430-9 y CM 440-5 que habían sido líneas de alto rendimiento en Caribia. En las siembras de 1979 y 1980 estas líneas se comportaron como malas germinadoras (28% en promedio) debido a que se usaron estacas producidas localmente, sin tratamiento químico; bajo estas mismas condiciones CM 342-170 mostró excelente germinación. Se deduce que la habilidad de germinación también afecta la estabilidad del rendimiento y que la variación genética para este factor se puede enmascarar, especialmente cuando se usan estacas de buena calidad.

Otro factor que afecta la estabilidad de los rendimientos es el volcamiento. En CIAT-Palmira se obtuvieron rendimientos similares para Llanera y M Col 113 pero más inestables para M Col 113 (Fig. 6); en ésta se observó un severo volcamiento cuando sus rendimientos estuvieron por debajo de 15 ton/ha. Se ve pues que como en muchos otros cultivos, en este cultivar en CIAT-Palmira la susceptibilidad al volcamiento fue la causa mayor de la inestabilidad en los rendimientos.

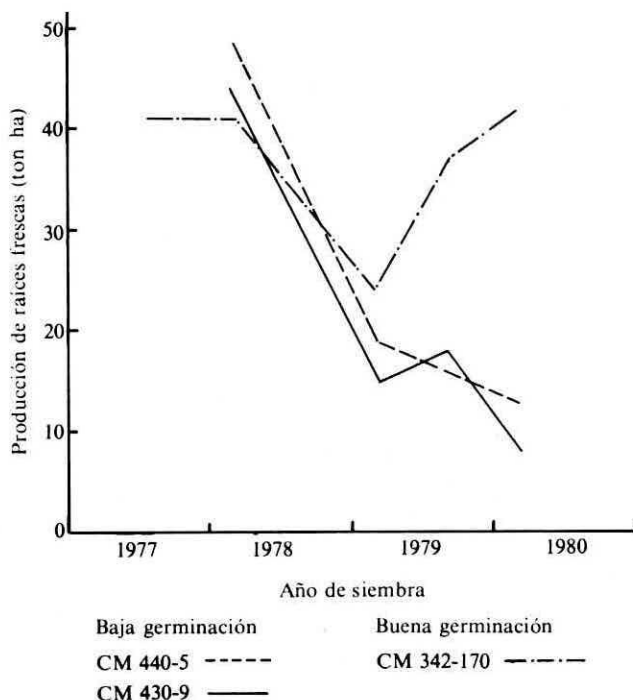


Figura 5. Fluctuaciones en el rendimiento de líneas de yuca con diferentes hábitos de germinación, en Caribia.

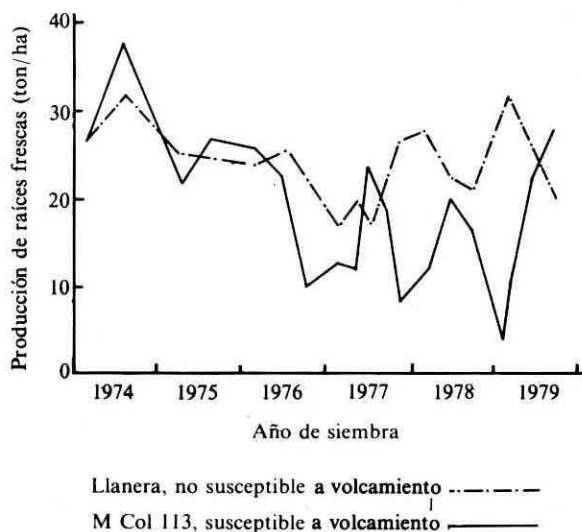


Figura 6. Fluctuaciones en el rendimiento de líneas de yuca con diferente susceptibilidad al volcamiento.

Todos los factores relacionados con la estabilidad o inestabilidad del rendimiento son caracteres genéticos. Consecuentemente la estabilidad se puede lograr a través de mejoramiento varietal y selección. Seguramente deben existir muchos otros factores que afectan la estabilidad del rendimiento aunque no estén identificados todavía. La evaluación repetida de materiales genéticos de yuca en sitios específicos es obligatoria para obtener cultivares con rendimientos estables.

Por esa razón, la sección de Mejoramiento Varietal hace evaluaciones durante tres años en un sitio antes de sacar materiales para las pruebas regionales, etapa en la que permanecen otros tres años en varios sitios dentro de ecosistemas similares. Sólo entonces los materiales seleccionados se pueden considerar listos para sacar una posible variedad.

Pruebas Internacionales de Rendimiento

Debido a las regulaciones de cuarentena de plantas en casi todos los países, se suprimió el envío de germoplasma seleccionado de yuca en forma de estacas y esto ha causado un agudo descenso en el número de pruebas cooperativas internacionales regionales. Sin embargo, se espera que la tendencia se invierta cuando los profesionales nacionales se capaciten en las técnicas de cultivo de tejidos meristemáticos de yuca, como un medio de transferir germoplasma sin peligro de movimiento de plagas y enfermedades.

La información sobre pruebas de rendimiento en este año corresponde a dos países y se resume en el Cuadro 5, pag. 48. En todas las localidades los genotipos seleccionados sobrepasaron los materiales locales o testigos.

Propagación de Yuca a partir de Hojas

La transferencia internacional de variedades de yuca a través de cultivos de meristemas libres de enfermedades requiere de una técnica de multiplicación rápida en los países que reciben las nuevas introducciones.

La técnica sencilla de corte de peciolo con sus yemas foliares y un poco de leño ofrece un medio para producir gran cantidad de material de siembra a partir de un pequeño número de clones importados. Según estimativos modestos, el método permite un potencial de producción de 200,000 a 300,000 estacas a partir de una sola planta madre después de un año solamente.

La técnica fue creada en 1972 por Kloppenburg y trabajadores del Departamento de Cultivos Tropicales de la Universidad de Wageningen en los Países Bajos, y por Sykes y Harney de la Universidad de Guelph, Canadá. Luego, fue mejorada y desarrollada por Pateña y otros en el Instituto de Mejoramiento de Plantas, Universidad de Filipinas, Los Baños.

El método se ha probado y simplificado en CIAT en un proyecto conjunto con los trabajadores filipinos para hacerlo más barato y más eficiente. Detalles operacionales de la técnica están disponibles en el Programa de Yuca del CIAT.

Prácticas Culturales

Control de Malezas

Muchos productores de yuca están de acuerdo en que es posible un control de malezas eficiente, oportuno y económico con herbicidas selectivos preemergentes.

El control químico a menudo proporciona un control más oportuno que el manual, ya que se pueden tratar extensas áreas en un corto tiempo antes de que las malezas empiecen a competir; además, dependiendo del costo de la mano de obra, también puede ser quizás una opción más barata aun para los pequeños agricultores. Por otra parte, como la demanda de mano de obra en la época de control de malezas puede limitar el área total de yuca, el uso de herbicidas puede permitir al productor aumentar el área sembrada.

Mezclas de herbicidas preemergentes. En Caribia, donde las condiciones favorecen una gran variedad de especies de malezas que ejercen una presión extremadamente fuerte sobre el cultivo de yuca, se realizaron varios ensayos para estudiar herbicidas preemergentes solos y en mezclas.

Las mezclas se probaron para: a) aumentar el espectro de las especies de malezas controladas; b) verificar los efectos sinérgicos entre los productos químicos y c) identificar las mezclas más baratas que tienen la misma efectividad que un preemergente solo.

Resultados preliminares habían mostrado que las mezclas de oxifluorfén y alaclor prometían cumplir dichos efectos; por eso, se probaron varias combinaciones de estos productos químicos junto con otras mezclas en un ensayo que se sembró en suelo franco y que recibió 541 mm de lluvia durante los primeros 60 días después de la

aplicación. En el Cuadro 6 se presentan datos sobre la eficiencia del control de malezas y el grado de daño del producto químico a los 29 y 57 días después de su aplicación.

El tratamiento No. 5 (0.5 kg/ha de i.a. de oxifluorfén y 0.7 kg/ha de i.a. de alaclor) proporcionó un control de malezas muy efectivo y económico; sin embargo, cuando el coquito fue un problema mayor, la dosis resultó muy baja para proporcionar un control efectivo.

En ese caso, el tratamiento con oxifluorfén solo (No. 1) o los tratamientos de combinación No. 7 y 8 detuvieron bien el crecimiento del coquito sin ser muy costosos. Las dosis más altas de oxifluorfén solo o en mezclas con alaclor no fueron más efectivas que estos tratamientos y resultaron más costosas; además, estas dosis altas pueden ser nocivas a la yuca, particularmente en suelos arenosos. Se requieren ensayos adicionales en suelos livianos.

Cuadro 6. Eficiencia en el control de malezas en yuca, daños al cultivo y costos con el uso de herbicidas preemergentes solos y en mezclas, evaluados en Caribia, 1980.

Tratamiento	Producto o mezcla	Dosis (i.a. kg/ha)	Control de malezas (%)						Daño químico a la yuca ²		Costos por ha (\$Col)
			Coquito		Gramíneas		Malezas de hoja ancha		dda		
			dda ¹		dda		dda		dda		
			29	57	29	57	29	57	29	57	
1	oxifluorfén	0.75	38	1	92	90	90	85	1.5	0	1984
2	oxifluorfén	1.00	44	5	- ³	-	78	60	2.3	0	2646
3	alaclor	1.40	21	3	85	50	64	55	0.6	0	702
4	alaclor	2.10	44	23	71	10	51	0	0.6	0	1052
5	oxifluorfén + alaclor	0.5 + 0.7	18	0	95	90	91	73	1.4	0	1673
6	oxifluorfén + alaclor	0.5 + 1.4	28	0	91	-	85	75	1.5	0	2024
7	oxifluorfén + alaclor	0.5 + 2.1	43	8	93	-	90	60	1.4	0	2374
8	oxifluorfén + alaclor	0.75 + 0.7	55	8	91	90	70	60	1.6	0.4	2334
9	oxifluorfén + alaclor	0.75 + 1.4	34	1	96	-	85	-	1.4	0.3	2686
10	oxifluorfén + alaclor	0.75 + 2.1	39	1	93	-	89	-	2.0	0	3036
11	oxifluorfén + alaclor	1.00 + 0.7	36	0	93	-	88	-	1.9	0.3	2996
12	oxifluorfén + alaclor	1.00 + 1.4	39	10	94	85	80	60	1.8	0.3	3347
13	oxifluorfén + alaclor	1.00 + 2.1	48	5	91	-	70	35	2.1	0.1	3698
14	fluridone + diurón	0.6 + 0.4	53	3	89	-	78	72	0.9	0	- ⁴
15	fluridone + diurón	0.6 + 0.8	53	23	85	-	83	40	0.8	0.1	-
16	fluridone + diurón	0.9 + 0.8	43	4	85	80	80	80	0.9	0.1	-

¹ dda = días después de la aplicación

² Daño químico en escala 0-10; en donde 0 = ningún daño y 10 = daño muy severo que lleva a la muerte de las plantas.

³ Sin observaciones por ausencia de la maleza

⁴ No fue posible obtener el precio comercial para el fluridone.

Un resultado interesante se obtuvo con fluridone y diurón, debido especialmente a su control inicial de coquito, superior al promedio.

En este ensayo se hicieron observaciones estrictas de los daños químicos a la yuca, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 6; en ningún caso los síntomas fueron más fuertes que un amarillamiento ligero de las hojas más bajas, sin necrosis, amarillamiento que prácticamente desapareció después de 45 días.

Ensayos anteriores han mostrado que un nivel de daño mínimo no afecta el rendimiento de las raíces de yuca, posiblemente a causa del largo período de crecimiento del cultivo y de su vigorosa capacidad de recuperación.

Control de malezas en cultivos asociados. Por siglos, la explotación agrícola tradicional ha seguido el sistema de cultivo simultáneo de dos o más especies en el mismo campo para lograr una diversificación de alimentos, mejor distribución del trabajo y control del riesgo. El control de malezas se ha hecho manualmente por el agricultor y su familia, pero actualmente un número mayor de pequeños productores está interesado en usar herbicidas para evitar la tediosa deshierba manual. Puesto que a ellos no les gustaría abandonar los cultivos intercalados como su sistema de producción preferido, surge la necesidad de productos químicos con selectividad a un número mayor de especies de cultivos.

Se ensayaron seis tratamientos con herbicidas preemergentes sobre asociaciones de cultivos de yuca, maíz, frijol común, caupí, frijol mungo, maní y especies de leguminosas forrajeras (*Desmodium heterophyllum*). Los herbicidas se aplicaron en dosis iguales a 0.5, 1.0 y 2.0 veces la recomendada comercialmente y las parcelas usadas como testigos se dejaron sin tratar. La eficiencia total de los herbicidas y sus niveles de selectividad en cultivos individuales se evaluaron semanalmente durante los primeros dos meses después de la aplicación.

Todos los tratamientos se seleccionaron por su selectividad a la yuca, pero sólo tres combinaciones mostraron selectividad a otras especies de cultivos.

Los tres tratamientos promisorios del primer ensayo, junto con dos combinaciones nuevas, se probaron en un ensayo de seguimiento con las mismas especies de cultivos usadas previamente, excepto que *Desmodium heterophyllum* se reemplazó con *Crotalaria* sp. La mitad del ensayo se sembró antes de la aplicación del herbicida como es la práctica tradicional para herbicidas preemergentes; la otra mitad se sembró al día siguiente a la aplicación, con la esperanza de obtener una ventaja adicional de selectividad.

Los resultados combinados de estos dos experimentos mostraron tres mezclas que tienen buena efectividad en el control de malezas y selectividad para un amplio número de especies de cultivos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Mezclas promisorias de herbicidas preemergentes para uso en yuca bajo sistema de cultivo intercalado; dosis y época de aplicación, eficacia y selectividad en ocho especies, en CIAT-Palmira, 1980.

Mezcla y dosis	Epoca de aplicación con respecto a la siembra	Eficacia del control de malezas ¹	Nivel de selectividad según la especie		
			Alto	Moderado	Sin selectividad
oxidiazon + alachlor (0.5 + 1.0 kg a.i./ha)	anterior	bueno	yuca maní mungo	caupí frijol maíz	<i>Crotalaria</i> <i>Desmodium</i>
oxidiazon + metolachlor (0.5 + 1.0 kg a.i./ha)	anterior	excelente	yuca maní mungo	maíz caupí frijol	<i>Crotalaria</i> <i>Desmodium</i>
linuron + metolachlor (0.25 + 1.0 kg a.i./ha)	posterior	bueno	yuca frijol mungo caupí maní	maíz	<i>Desmodium</i> <i>Crotalaria</i>

¹ Evaluada 28 días después de la aplicación según lecturas del porcentaje del control general de malezas así: 100-95% = excelente; 95-90% = bueno; 90-70% = regular; 70-50% = intermedio y 50-0% = pobre.

La mezcla de linurón y metolachlor mostró un grado de selectividad particularmente alto y no hubo diferencias con relación a la siembra de cultivos antes o después de la aplicación. En contraste, la selectividad de las otras dos mezclas se mejoró notablemente cuando se aplicaron con anterioridad a la siembra.

De los resultados de los dos experimentos surgen cinco conclusiones evidentes:

a) El control químico de malezas en sistemas de cultivos asociados es factible usando un herbicida adecuado o una combinación de herbicidas a una dosis exacta de aplicación.

b) La selectividad de los herbicidas para con los diferentes componentes de un sistema de cultivo se debe probar en siembras simultáneas en una localidad, ya que los períodos de siembra diferentes o los suelos pueden alterar la selectividad para los cultivos individuales.

c) La selectividad de un herbicida hacia un número de cultivos se puede aumentar ya sea bajando la dosis de aplicación o sembrando después de la aplicación. Sin embargo, ambas prácticas pueden disminuir la eficiencia en el control de malezas.

d) Un herbicida con selectividad para varios cultivos puede suministrar un control de malezas menos efectivo o menos persistente que un herbicida selectivo a un solo cultivo. Sin embargo, en sistemas de cultivos mixtos una cobertura más temprana y más densa por parte de los cultivos acorta el período durante el cual se necesita un control químico más efectivo.

e) Una mezcla de 0.25 a 0.5 kg/ha de i.a. de linuron con 1.0 kg/ha de i.a. de metolachlor parece ser particularmente adecuada para el control de malezas en sistemas de cultivos asociados con yuca.

Control del coquito. Una de las malezas de más difícil control en yuca es el coquito (*Cyperus rotundus* L.). La lentitud en el desarrollo inicial y en la cobertura del suelo por parte de la yuca, así como el amplio espaciamiento usual suministran al coquito las condiciones ideales de luz, humedad y nutrimentos para los estados iniciales de su crecimiento.

Estudios preliminares en la costa norte de Colombia mostraron que el coquito puede reducir el rendimiento de las raíces de yuca hasta un 29%.

Por consiguiente, se diseñaron experimentos para evaluar el potencial de un sistema de control integrado del coquito, basado en las debilidades comprobadas de esta maleza, como son su susceptibilidad a la deshidratación, a la sombra y a los herbicidas posemergentes.

Se determinaron parcelas fuertemente infestadas en Caribia (2300 tubérculos de coquito/m² a una profundidad de 25 cm) y se sometieron a tratamiento de rastrilladas con frecuencias que variaron desde ninguna hasta una rastrillada cada diez días durante el período seco; los tratamientos se suspendieron antes de que las lluvias comenzaran.

Después de la germinación del coquito, 50% del área de la parcela recibió una aplicación de 4.5 litros/ha de glifosato (producto comercial); cuatro días después, las parcelas se subdividieron en cuartos y se sembraron con yuca sola (M Col 22 en un ordenamiento de 1 x 1 m), con una asociación de yuca-frijol mungo (ordenamiento de 1.8 x 0.6 m) y con un monocultivo de frijol mungo (CV 1380 Mg 50-10A, 22 x 10⁴ plantas/ha a una distancia entre surcos de 0.6 m); la otra cuarta parte se dejó sin cultivar.

Se aplicó una mezcla de herbicidas preemergentes (linuron + fluorodifen 1 kg + 7 litros/ha de producto comercial) a todas las parcelas cultivadas y sin cultivar para controlar todas las demás malezas. Los porcentajes de cobertura del suelo, logrados por el cultivo en los diferentes sistemas, se registraron desde la siembra hasta los 6.5 meses después de la misma.

En el monocultivo de yuca se obtuvo una cobertura de suelo del 80% a los 60 a 90 días después de la siembra y se mantuvo entre 80 y 100% hasta la cosecha; la formación de la cobertura foliar fue más rápida con glifosato que sin el producto; la rastrillada más el tratamiento con glifosato suministraron la cobertura más temprana.

El objetivo de intercalar yuca con frijol mungo fue suministrar una cobertura de suelo más temprana que la que es posible con el monocultivo de yuca, para obtener sombra antes de que los tratamientos de presiembra perdieran su eficacia. Se obtuvo una cobertura de suelo de 80 a 90% sólo 30 días después de la siembra, independientemente de la rastrillada o de los tratamientos con herbicidas (Figura 7).

Por su rápido crecimiento, el frijol mungo en monocultivo pronto cubrió el suelo, pero esta cubierta no se mantuvo por mucho tiempo a causa de su ciclo corto de crecimiento.



Figura 7. Con el cultivo intercalado de yuca-fríjol mungo y otros tratamientos para controlar el coquito se logró una cobertura casi total del suelo en Caribía. La cobertura fue buena a partir de los 30 días después de la siembra (parte superior de la figura), y el control de la maleza se mantuvo por más tiempo debido al sombrío de la yuca (parte inferior).

El mejor control y el más estable para el monocultivo de yuca se obtuvo con el tratamiento combinado de rastrillada y glifosato, porque el control por la sombra se hizo efectivo antes de que los tratamientos de presiembra hubieran perdido su influencia. El cultivo intercalado de yuca y frijol mungo suministró un control más temprano y más efectivo que los otros sistemas.

Además de los efectos visibles de los tratamientos de presiembra y del cultivo de cobertura sobre el crecimiento del coquito, hubo una influencia evidente sobre el sistema de propagación subterránea de la maleza y sobre los rendimientos de los cultivos; esto se puede apreciar en el Cuadro 8, donde se presentan los cambios en el número de tubérculos desde antes de iniciar los tratamientos hasta nueve meses después de la siembra (cosecha de yuca), junto con los rendimientos para yuca y frijol mungo.

Aunque los efectos individuales de los tratamientos fueron pequeños, hubo un fuerte efecto agregado cuando se combinaron los diferentes principios de control. Con el segundo sistema (sin rastrillada, con glifosato y asociación yuca-mungo) se redujo el número de tubérculos viables de coquito a 9% de la infestación original, a la vez que se obtuvieron buenos rendimientos en los cultivos; esto representa un resultado prometedor después de un solo ciclo de cultivo.

Cuadro 8. Número de tubérculos viables de coquito y rendimiento de yuca y frijol mungo en cultivo intercalado bajo diferentes sistemas de control de coquito, en Caribia, 1979-80¹

Sistemas de control	Tubérculos viables		Rend. de yuca (ton/ha)	Rend. frijol mungo (kg/ha)
	(por m ²)	(%) ²		
Sin rastrillar, sin glifosato	1847	80	15.1	1115
Sin rastrillar, con glifosato	208	9	18.1	1499
Rastrillado cada 10 días, con glifosato	557	24	7.8	1632

¹ Evaluado nueve meses después de la siembra.

² Porcentaje sobre el número promedio de tubérculos de 2300/m², correspondiente a la infestación de las parcelas antes del tratamiento.

Cultivos Múltiples

Se realizaron experimentos en CIAT-Quilichao para determinar el manejo agronómico de las leguminosas en asociación con yuca. Tanto en CIAT-Quilichao como en Caribia se iniciaron estudios sobre aspectos de nutrición mineral en cultivos intercalados de yuca y leguminosas.

Agronomía de leguminosas en cultivos intercalados con yuca. Se sembró maní (*Arachis hypogea* L., cultivar ICA-Tatui 76) como un cultivo intercalado con yuca CMC-84 a densidades entre 50,000 y 600,000 plantas/ha. Se utilizaron tres sistemas de espaciamento de surcos, 45/2, 70/2 y 60/3 (ver CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979). La densidad de siembra de yuca fue constante en 9259 plantas/ha, en un ordenamiento de 1.8 x 0.6 m. El ensayo recibió un abono básico de 0.5 ton/ha de cal dolomítica incorporada antes de la siembra y se fertilizó en bandas al momento de la siembra con 90,60, 55, 10 y 1 kg/ha de N, P, K, Zn y B, respectivamente.

Los rendimientos de maní respondieron positivamente a densidades de siembra de hasta 250,000 plantas/ha (Figura 8). Los rendimientos de las raíces en la yuca fueron bastante independientes de las densidades de siembra del maní (Figura 9), pero mostraron una relación negativa significativa con respecto a los rendimientos en grano del maní (Figura 10). Aunque esta relación de rendimiento fue la esperada y normal debido a la competencia entre los dos cultivos, la depresión en el rendimiento de la yuca no fue tan severa como se observó el año pasado con caupí intercalado, en densidades de siembra altas.

Un experimento similar se realizó con caupí (*Vigna unguiculata*, cultivar TVU 354-1B) y yuca (M-Ven 218), usando densidades nominales de siembra de caupí entre 50,000 y 200,000 plantas/ha en los tres ordenamientos espaciales mencionados antes. El ensayo recibió 0.5 ton/ha de cal dolomítica incorporada antes de la siembra y una fertilización en bandas de 100, 66, 62, 10 y 1 kg/ha de N, P, K, Zn y B, respectivamente.

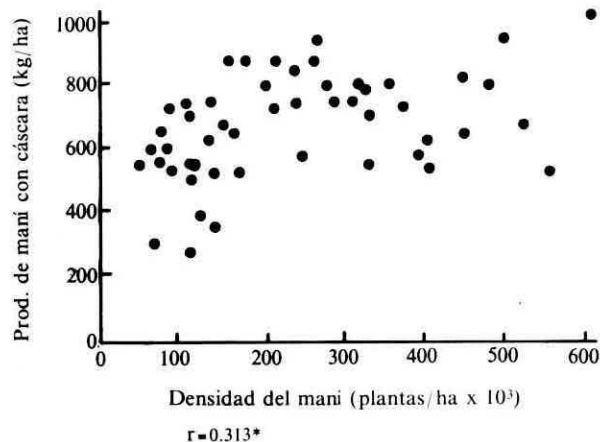


Figura 8. Respuesta en rendimientos de maní intercalado con el cultivar de yuca CMC 84 a la densidad de siembra, en CIAT-Quilichao.

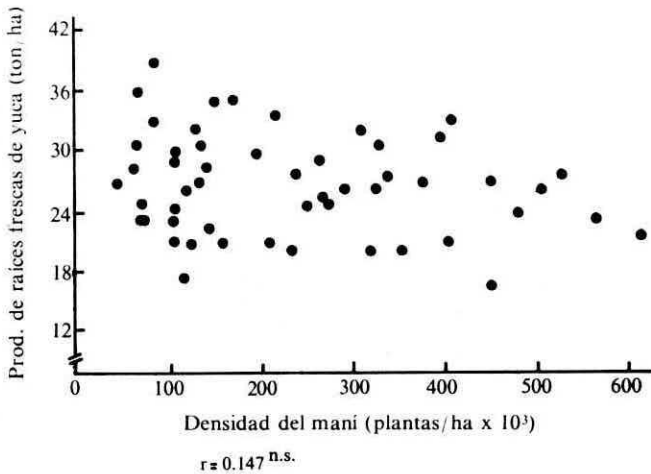


Figura 9. *Influencia de la densidad de siembra del mani sobre el rendimiento de raíces de yuca en un sistema de cultivo intercalado de mani-yuca, en CIAT-Quilichao.*

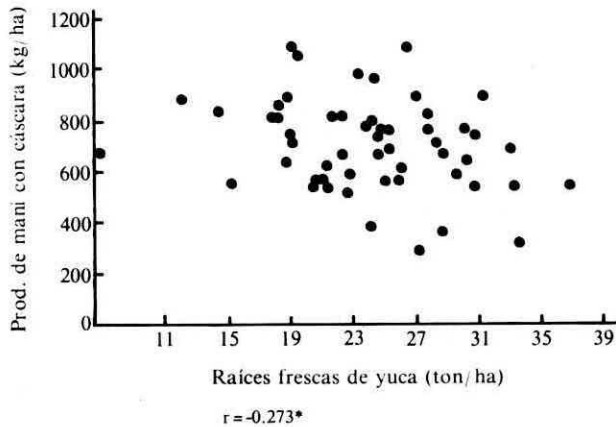


Figura 10. *Relación entre los rendimientos de mani y de yuca cultivados en un sistema intercalado, en CIAT-Quilichao.*

El rendimiento en grano de caupí alcanzó un pico a densidades de cerca de 120,000 plantas/ha y declinó a densidades más altas.

El rendimiento en raíces de yuca, que el año pasado se había rebajado bastante a causa de las densidades en el caupí superiores a 200,000 plantas/ha, con las poblaciones de caupí de 55,000 a 190,000 plantas/ha actualmente observadas en este ensayo, casi no resultó afectado (Figura 11).

Los datos de las Figuras 8 a 11 son resultados promedios de los tres ordenamientos de los surcos de leguminosas. Aunque se observaron diferencias en los rendimientos de las leguminosas y la yuca, debidas a las

diferentes situaciones de competencia inducidas por estos tres ordenamientos, el comportamiento agronómico del mani y del caupí no se alteró sustancialmente; así por ejemplo, las reacciones agronómicas básicas, tales como respuesta en rendimiento a la densidad de siembra o la relación compensatoria entre la densidad de siembra y las vainas por planta, fueron las mismas para los tres ordenamientos espaciales.

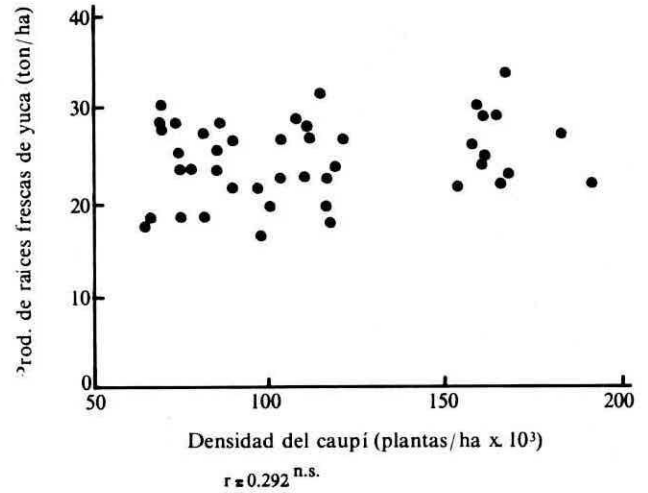


Figura 11. *Efecto de la densidad de siembra de caupí sobre el rendimiento del cultivar de yuca M Ven 218, en un sistema intercalado de yuca y caupí en CIAT-Quilichao.*

Tres conclusiones son evidentes para el manejo agronómico de las leguminosas de grano como cultivos intercalados con yuca en siembras simultáneas en suelos ácidos en infértiles:

a) Las leguminosas de grano intercaladas reaccionan agronómicamente de la misma manera que en monocultivo.

b) Las densidades óptimas de siembra para leguminosas de grano intercaladas con yuca son similares a aquellas para monocultivo; sin embargo, los patrones de siembra deben diferir del monocultivo para acomodar los cultivos componentes de una manera que reduzca al mínimo la competencia y aumente la productividad.

c) Existe un margen de confianza entre los tipos de plantas compatibles, dentro del cual se puede buscar un manejo agronómico óptimo para cada cultivo individualmente, para aumentar al máximo su rendimiento sin que se afecte seriamente el rendimiento del cultivo acompañante. Esto es verdadero tanto para condiciones

excelentes de crecimiento en suelos fértiles (CIAT-Palmira) como también para condiciones sub-óptimas, en suelos ácidos e infértiles en CIAT-Quilichao, donde la competencia por nutrimentos y agua es importante.

Respuesta a la Fertilización en Cultivos Intercalados de Yuca y Caupí

Se realizaron tres experimentos para determinar las respuestas a N, P y K de un cultivo intercalado de yuca y caupí y de los respectivos monocultivos.

Fertilización con P. En CIAT-Quilichao, donde los niveles de P del suelo son extremadamente bajos, se sembraron yuca (M Ven. 218) y caupí (cultivar TVU 354-1B) solos y en asociación. La yuca se sembró a una densidad de 9259 plantas/ha espaciadas 1.8 x 0.6 m, con caupí intercalado a 110,000 plantas/ha en un ordenamiento de 60/3. El espaciamiento del monocultivo de caupí fue de 0.6 x 0.15 m.

Se usaron niveles de P de 0, 22, 44, 66 y 132 kg/ha aplicados en bandas al momento de la siembra, como superfosfato triple; también se aplicaron N (úrea), K (KCl), Zn (ZnSO₄) y B (Borax) en bandas y en dosis respectivas de 100, 62, 10 y 1 kg/ha, que eran constantes para todos los niveles de P. El fertilizante se dividió igualmente entre el caupí y la yuca y en la siembra intercalada se agregó un tratamiento con la distribución de todo el fertilizante al voleo; antes de la siembra se hizo una aplicación basal de 0.5 ton/ha de cal dolomítica, incorporada.

Se muestrearon hojas de la porción central de las plantas de caupí en la fase de pre-floración y las hojas más jóvenes y totalmente extendidas de la yuca se

muestrearon después de la cosecha de caupí. La concentración de P en las hojas de yuca y caupí aparecen en el Cuadro 9.

En yuca, los niveles de P de las hojas no resultaron afectados por los niveles del P aplicado y en caupí se notó un incremento solamente con la dosis más alta, tanto en monocultivo como en la siembra intercalada. Los niveles de P en las hojas de ambos cultivos tendieron a ser más bajos para cultivos intercalados que para monocultivos.

Mientras que los niveles de P en las hojas de yuca en monocultivo se encontraban bien por debajo de lo normal de 0.3 a 0.5%, en el cultivo intercalado de yuca éstos fueron casi deficientes (0.2%). En caupí los niveles de P de las hojas, tanto en monocultivo como intercalado, fueron considerablemente más bajos (0.5 a 0.9%) que los encontrados bajo condiciones normales de crecimiento por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA).

Además del contenido de P extremadamente bajo y de la alta capacidad de fijación de P en el suelo, las concentraciones bajas de P en el tejido de ambos cultivos pueden relacionarse con las temporadas secas que acompañaron al período de muestreo, las cuales posiblemente reducen la absorción de P.

Las respuestas en rendimiento de grano del caupí a los niveles de aplicación de P mostraron dos picos, uno a 22 y el otro a 132 kg/ha. Los rendimientos para el caupí intercalado fueron mayores cuando el fertilizante fosfórico se aplicó al voleo. La respuesta en rendimientos relativamente débiles y no lineales fue inesperada en este suelo altamente deficiente en P, donde parecía probable una respuesta más linear.

Cuadro 9. Efectos de diferentes dosis de P aplicado al suelo, sobre las concentraciones del elemento en hojas de yuca y de caupí cultivados en monocultivo e intercalados, en CIAT-Quilichao, 1979.

P aplicado [†] (kg/ha)	Concentración de P en las hojas (%)			
	Yuca		Caupí	
	Monocultivo	Intercalado	Monocultivo	Intercalado
0	0.26	0.26	0.26	0.23
22	0.25	0.22	0.29	0.28
44	0.27	0.19	0.26	0.27
66	0.25	0.21	0.28	0.24
132	0.27	0.24	0.39	0.34
Promedio como porcentaje del monocultivo	100	86	100	92

[†] P aplicado en bandas.

La yuca en monocultivo obtuvo el máximo rendimiento de raíces con sólo 22 kg/ha de P, mientras que en la asociación yuca-caupí fertilizada en bandas se alcanzó el máximo rendimiento con 44 kg/ha de P; con la aplicación al voleo se necesitaron 66 kg/ha de P para producir el máximo rendimiento de raíces (Figura 12).

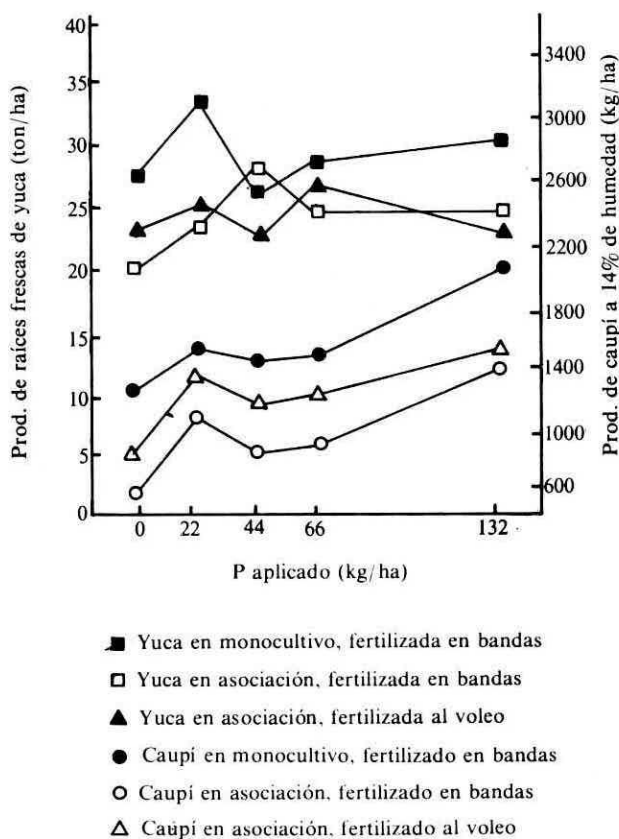


Figura 12. Efectos de las dosis y métodos de aplicación de P sobre los rendimientos de yuca y de caupí en asociación y en monocultivo, en CIAT-Quilichao, 1980.

Parece lógico que con la demanda mayor por nutrientes y en especial por P en la asociación, el rendimiento máximo se haya obtenido a un nivel más alto de P aplicado que en el monocultivo. En las condiciones de competencia por P de la asociación, con la fertilización en bandas se obtuvo una producción de raíces 700 kg/ha mayor que cuando se fertilizó al voleo, con una aplicación de P 22 kg/ha menor que la usada en este último caso.

Nunca se obtuvo el mayor rendimiento de raíces con el nivel más alto de P, confirmando que aunque la yuca tiene

una alta necesidad de extracción de P del medio para un máximo desarrollo, la producción máxima de raíces se obtiene a niveles de P mucho más bajos en el campo.

Estos resultados muestran que la competencia por P en un suelo deficiente en ese elemento es más intensa cuando la yuca y el caupí están intercalados que cuando están en monocultivo; esto está confirmado por el análisis foliar y por la productividad de la cosecha. Para compensar la más alta demanda de P en cultivos asociados y evitar su deficiencia, cada cultivo en la asociación deberá recibir la cantidad del elemento que requiera para una buena producción en monocultivo.

Fertilización con N. Los ensayos sobre respuesta a N y K sembrados en Caribia en un suelo con bajo contenido de materia orgánica y K, pero con altos niveles de P disponible (Cuadro 10) fueron idénticos en diseño y en prácticas agronómicas al ensayo de respuesta a P. Los cultivares de yuca y caupí fueron M Col 22 y TVX 1193-059 D, respectivamente.

En el ensayo de respuesta a N, este elemento se aplicó como úrea en dosis de 0, 50, 100, 150 y 300 kg/ha, y en todos los casos se aplicaron 63 kg/ha de K (como KCl), 10 kg/ha de Zn (como ZnSO₄) y un kg/ha de B (como Borax). El ensayo de respuesta a K recibió dosis de 0, 42, 84, 126 y 252 kg/ha de K y una fertilización de 100 kg/ha de N, 10 kg/ha de Zn y 1 kg/ha de B para cada caso, usando las mismas fuentes citadas anteriormente. En ambos ensayos todos los fertilizantes se aplicaron en bandas al momento de la siembra; además, en los tratamientos de los cultivos intercalados se introdujo una aplicación de fertilizantes al voleo. Se tomaron muestras de tejido de plantas y de suelo de la manera y a los intervalos descritos antes.

Las dosis del N aplicado no afectaron las concentraciones en las hojas de la yuca ni del caupí; sin embargo, en el sistema intercalado, el N de las hojas de yuca se redujo de concentraciones normales (4.7-5.4) a niveles casi deficientes (4.5-4.8), mientras que el N de las hojas de caupí no fue influenciado por la asociación (Cuadro 11).

Los rendimientos de raíces de yuca en monocultivo respondieron positivamente hasta 50 kg/ha de N (Figura 13). Los rendimientos de yuca, intercalada con caupí, fueron más bajos que en monocultivo a niveles de N hasta de 100 kg/ha. A dosis más altas, los rendimientos de yuca intercalada fueron mayores que los rendimientos en monocultivo, siendo más fuerte el aumento cuando el N se aplicó al voleo que cuando se aplicó en bandas.

Cuadro 10. Características del suelo del sitio experimental en Caribia, 1979.

Profundidad de la muestra (cm)	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	pH	Cationes intercambiables (meq/100 g de suelo)			
				Ca	Mg	K	CIC
0-20	1.4	89.4	5.7	3.4	0.6	0.12	4.3
21-40	0.6	105.5	5.8	2.3	0.4	0.10	2.5

Aunque el caupí no respondió a la fertilización de N con mayores rendimientos en grano, parece que compitió fuertemente por este elemento. Ambos hechos, la disminución de la concentración de N en las hojas de yuca por la asociación y el efecto compensatorio que las dosis altas de N tuvieron sobre los rendimientos inicialmente rebajados de las raíces de yuca, indican una situación de competencia en las plantas intercaladas, situación que se corrigió al aumentar la fertilización con N.

El comportamiento de los rendimientos de yuca es comprensible por la influencia de las dosis de N sobre el crecimiento aéreo y el índice de cosecha. M Col 22, que es bastante vigorosa en el ambiente cálido y húmedo de Caribia mostró excesivo crecimiento aéreo con las dosis más altas de N en monocultivo; de este modo, el índice de cosecha y el rendimiento disminuyeron. En cultivo intercalado con caupí, el crecimiento aéreo de la yuca sin aplicación de N fue 19% menos que en monocultivo; con las dosis más altas de N se aumentó el crecimiento aéreo de la yuca intercalada, realizando un mejor balance entre el crecimiento aéreo y el de las raíces y dando como resultado, rendimientos de raíces comparables a los obtenidos en el monocultivo de yuca con dosis bajas de N.

Cuadro 11. Efectos de las dosis de N aplicado en bandas al suelo, sobre la concentración de N en las hojas de yuca y caupí, cultivados en monocultivo e intercalados, Caribia, 1979-1980.

N aplicado (kg/ha)	Concentración de N en las hojas (%)			
	Yuca		Caupí	
	Monocultivo	Intercalado	Monocultivo	Intercalado
0	5.04	4.82	4.76	4.51
50	5.35	4.84	4.54	4.62
100	5.24	4.54	4.34	4.45
150	4.73	4.54	4.23	4.51
300	5.24	4.82	4.82	4.56

Promedio como porcentajes del monocultivo				
	100	92	100	100

En contraste con la yuca, el caupí con su sistema de raíces extendido y agresivamente desarrollado debe haber hecho uso de la mayor parte del N disponible a dosis nulas y bajas de N aplicado. Como leguminosa, el caupí tampoco debe haber sufrido deficiencias de N debido a la simbiosis rizobial; aunque la actividad fijadora de N se puede haber reducido en las dosis más altas de N, aparentemente ésto casi fue compensado por una mayor absorción del N del fertilizante en estos tratamientos. Como resultado, tanto el N de las hojas como los rendimientos de grano fueron estables para todas las dosis de N.

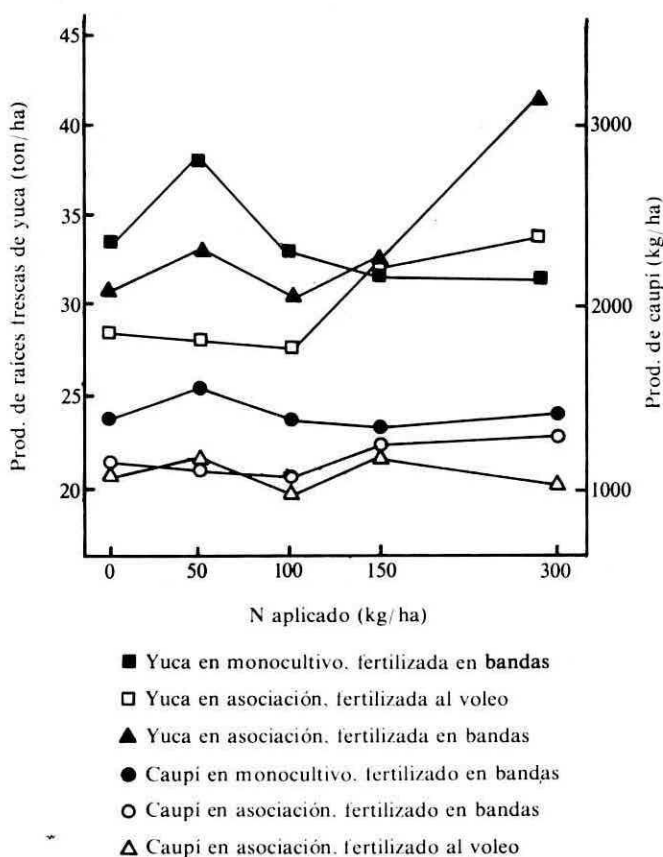


Figura 13. Efectos de las dosis y métodos de aplicación de N sobre los rendimientos de yuca y de caupí en asociación y en monocultivo, en Caribia, 1980.

Fertilización con K. En el ensayo de respuesta a K, las concentraciones de este elemento en el peciolo en la yuca aumentaron evidentemente según las dosis de K aplicadas, tanto en la yuca del monocultivo como en la intercalada (Cuadro 12). El K del peciolo fue ligeramente más bajo en la yuca intercalada que en la de monocultivo pero en ambos sistemas la concentración de K estuvo bien por encima del rango normal de 1.5-3.0%. En contraste, la concentración de K de las hojas de caupí no se afectó por las dosis de K o el sistema de cultivo.

Cuadro 12. Efectos de las dosis de K aplicado en bandas sobre la concentración de K en los peciolo de yuca y en hojas de caupí, cultivados en monocultivo e intercalados, en Caribia, 1970-80.

K aplicado (kg/ha)	Concentración de K (%)			
	Yuca		Caupí	
	Monocultivo	Intercalado	Monocultivo	Intercalado
0	3.23	3.27	2.13	1.93
42	3.51	2.92	1.84	2.19
84	3.67	3.55	1.78	1.78
126	4.23	4.01	1.87	1.93
252	4.41	3.88	2.29	2.29
Promedio como porcentaje del monocultivo	100	93	100	102

De manera similar al ensayo de N, en este caso los rendimientos de las raíces de yuca respondieron positivamente hasta 42 kg/ha de K, y declinaron a dosis más altas (Figura 14). El rendimiento de la yuca intercalada fue más bajo que el rendimiento en monocultivo a las dosis de K más bajas, pero, cuando se aplicó la dosis más alta de K, aumentó hasta el máximo rendimiento alcanzado por el monocultivo, sin diferencias significativas entre aplicaciones en banda o al voleo. Los rendimientos de caupí no fueron influenciados por el sistema de cultivo o por el método de aplicación y los rendimientos fueron estables para todas las dosis de K.

La competencia por K fue probablemente la menor en los tres elementos mayores examinados en CIAT-Quilichao y en Caribia, pero algo de competencia por ese elemento puede haber ocurrido en la yuca intercalada como lo puede sugerir la respuesta positiva a la más alta dosis de K. Sin embargo, las concentraciones de K en el peciolo fueron suficientemente altas para indicar que la yuca, aun intercalada, estuvo lejos de una situación de deficiencia. La nutrición de caupí con K fue también aparentemente adecuada, según parece indicarlo tanto la

falta de diferencias en las concentraciones de K en el monocultivo de caupí frente al caupí asociado, como la ausencia de una respuesta en el rendimiento al aplicar dosis más altas de K.

La fertilización con K en los sistemas asociados de yuca-caupí debe, por consiguiente, dirigirse en su mayor parte hacia las necesidades de la yuca, ya que este cultivo extrae considerables cantidades de este elemento mientras que el caupí extrae relativamente poco cuando sólo se cosecha la semilla.

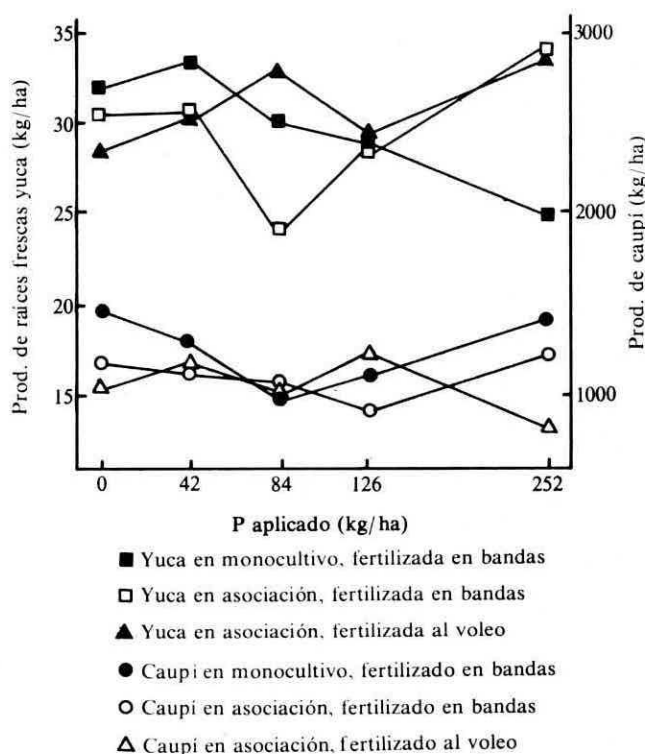


Figura 14. Efectos de las dosis y los métodos de aplicación de K sobre los rendimientos de yuca y de caupí en asociación y en monocultivo. Caribia, 1980.

Almacenamiento de Material de Siembra

El material de siembra de yuca pasa por una variedad de transformaciones durante el almacenamiento, las cuales pueden afectar seriamente su valor para futuras siembras.

Previamente se ha demostrado que la infestación fungosa es probablemente el factor más perjudicial para la preservación de estacas. Pero además de ser atacados por patógenos, los tallos almacenados de yuca pierden

humedad y la deshidratación del tejido vivo de la estaca conduce a una pérdida irreversible de viabilidad de las yemas.

La pérdida de humedad está relacionada tanto con la duración como con las condiciones del almacenamiento y puede ser considerable; en tallos de yuca de 1 m almacenados por 201 días en un ambiente sombreado con bambú, al aire libre, la pérdida de peso fue casi de 40%.

Otro cambio por efecto del almacenamiento de los tallos ocurre en la concentración de azúcar y almidón. En el primer caso la concentración aumenta y en el segundo disminuye, con la pérdida de carbohidratos debida posiblemente a la respiración y a la producción de raíces y brotes. Después de eliminar las raíces y brotes del material almacenado durante 201 días, se encontró que la fracción de azúcar había aumentado de 3.5 a 5%, mientras que la de almidón había disminuido de 26.6 a 8.4%.

Como consecuencia de los procesos mencionados, la cantidad de material de siembra útil disminuye con el almacenamiento.

Cuando se aplicaron los mismos criterios para la selección de estacas a partir de tallos de 1 m que se habían tratado químicamente (BCM y captan a 3000 ppm cada uno) y almacenado por diferentes períodos, después de 180 días de almacenamiento el material de siembra se redujo de un 98 a un 59%.

Aunque un tratamiento de pre-almacenamiento con fungicidas puede reducir el deterioro por patógeno de las estacas, las condiciones de almacenamiento influyen en el

grado de deshidratación y en la pérdida de las reservas de carbohidratos.

Tallos de la variedad CMC-40 de 1 m de largo se almacenaron durante 60, 120 y 180 días en un cuarto seco o en condiciones de campo sombreado por bambú, con tratamiento regular de fungicidas, agregando o no alginato de sodio para protección contra la deshidratación. Después del almacenamiento todos los materiales se sembraron junto con estacas frescas a una distancia de 1 x 1 m en un campo previamente regado.

Se observó el brotamiento, el desarrollo inicial y la formación de la cobertura foliar para determinar si el desarrollo del cultivo se afectaba con los intervalos de almacenamiento o con los tratamientos, y observar cómo una influencia sobre el desarrollo inicial del cultivo afectaría la productividad final.

Ni los lugares de almacenamiento ni el tratamiento químico con alginato de sodio influenciaron el brotamiento y el desarrollo inicial. Los intervalos de almacenamiento no afectaron el porcentaje final de brotes (Figura 15) pero evidentemente influenciaron el crecimiento inicial y la formación de la cobertura foliar (Cuadro 13).

Todas las correlaciones entre estos parámetros, el crecimiento inicial y el rendimiento final de las raíces, fueron no significativas y bastante bajas (Cuadro 14.). No obstante, un desarrollo inicial más vigoroso y la expansión de la cobertura foliar parecieron positivamente relacionados con el alto rendimiento final; esto fue particularmente verdadero para la altura de las plantas a los 45 días, tamaño promedio de las hojas e intercepción de la luz.

Cuadro 13. Efectos de la duración del almacenamiento de material de siembra de yuca sobre los parámetros de crecimiento durante las primeras 10 semanas después de la siembra, en CIAT-Palmira, 1979. ¹

Duración del almacenamiento	Tasa de formación de brotes	Formación final de brotes 31 dds ²	Altura de plantas, 45 dds	Número promedio de tallos/planta 60 dds	Tamaño promedio de hojas, 60 dds	Intercepción de la luz, 76 dds
(días)	(parcela/día)	(%)	(cm)		(cm ²)	(%)
0	1.73 a ³	100 a	26 a	2.66 a	278 ab	77 a
60	1.83 a	100 a	27 a	2.73 a	282 ab	78 a
120	1.59 ab	100 a	23 b	2.36 b	253 b	72 a
180	1.40 b	98 b	25 ab	2.23 b	296 a	75 a

¹ Variedad CMC 40, tratada con BCM y captan (3000 ppm de cada uno) antes del almacenamiento; promedio de dos sitios de almacenamiento y de dos tratamientos químicos (con y sin alginato de sodio).

² dds = días después de la siembra.

³ Valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 5%.



Figura 15. Producción de retoños y establecimiento del cultivo cuando se usan para la siembra de yuca estacas frescas tratadas químicamente.



Figura 16. Producción de retoños y establecimiento de un cultivo proveniente de estacas tratadas químicamente y almacenadas hasta por 180 días en condiciones adecuadas. No hay diferencia con el cultivo de estacas frescas.

Cuadro 14. Correlaciones entre los parámetros de crecimiento inicial y rendimiento final de raíces de yuca cultivada a partir de material almacenado y material fresco, en CIAT-Palmira, 1979.

Rendimiento de raíces	Tasa de formación de brotes	Porcentaje final de formación	Altura de planta	Número de tallos/planta	Tamaño promedio de hojas	Intercepción de la luz
			45 dds ¹	60 dds	60 dds	76 dds
Rendimiento total de raíces frescas	0.237	- 0.025	0.331**	0.181	0.324**	0.460***
Rendimiento comercial de raíces	0.216	- 0.044	0.253*	0.132	0.216	0.366**

¹ dds= días después de la siembra.

El inverso fue verdad cuando el crecimiento aéreo durante las últimas fases se relacionó con el rendimiento de raíces. El peso de las partes aéreas en la cosecha se redujo a causa del almacenamiento, en forma proporcional a la duración del intervalo de almacenamiento; esta reducción en el peso de la parte aérea parece estar directamente relacionada con un aumento en el índice de cosecha que fue el más alto para estacas con 60 y 180 días de almacenamiento y más bajo para estacas frescas. Los rendimientos totales y comerciales de raíces mostraron la misma variación que el índice de cosecha (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efectos de la duración del almacenamiento de material de siembra sobre los parámetros de rendimiento del cultivar de yuca CMC 40, en CIAT-Palmira, 1979.

Almacenamiento (días)	Peso de la parte aérea (ton/ha)	Índice de cosecha	Producción de raíces (ton/ha)	
			Comercial	Total
0	33.0 a ¹	0.43 b	22.0 b	25.4 b
60	31.7 ab	0.49 a	26.8 a	30.3 a
120	29.6 b	0.45 b	20.3 b	24.1 b
180	29.1 b	0.48 a	23.9 ab	27.4 ab

¹ Promedios dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 5%.

Estos resultados indican que:

a) El material de siembra de yuca se puede conservar viable bajo las condiciones de CIAT-Palmira hasta por seis meses, en tallos de 1 m, cuando se tratan con fungicidas.

b) El número de estacas útiles obtenidas a partir de material de siembra almacenado disminuye con el tiempo, aun cuando los tallos se protejan químicamente y se mantengan bajo condiciones adecuadas de almacenamiento.

c) El alginato de sodio, usado junto con fungicidas en tratamientos de inmersión para reducir la pérdida de humedad del material de siembra almacenado, parece que no suministra ninguna ventaja adicional.

d) La transformación de parte de la fracción de los carbohidratos no solubles (almidones) en carbohidratos solubles (azúcar) durante el almacenamiento de tallos de yuca, parece aumentar el crecimiento inicial y la formación de la cobertura foliar en el cultivo joven cuando el almacenamiento ha durado dos meses o menos. Un desarrollo inicial y un establecimiento vigorosos parecen estar positivamente relacionados con el rendimiento final de raíces. Con intervalos de almacenamiento más largos, la pérdida de carbohidratos en los tallos almacenados, debida parcialmente a respiración, enraizamiento y brotes, puede ser considerable y causar disminuciones en el desarrollo del cultivo durante las fases iniciales y finales.

e) El crecimiento aéreo reducido en yuca cultivada a partir de material de siembra almacenado por largos períodos puede causar un aumento en el índice de cosecha y, en consecuencia, en los rendimientos total y comercial de las raíces. Esto se aplica en particular a los tipos de yuca vigorosos y frondosos.

En éste año se continuaron los esfuerzos por desarrollar tecnología de yuca adecuada para las vastas extensiones de suelos ácidos e infértiles, según la estrategia que se esbozó el año pasado (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979).

Con relación al primer aspecto de esta estrategia, se discontinuó la selección de germoplasma en soluciones nutritivas, en parte por dificultades para reproducir resultados a causa de la variabilidad de la planta y en parte porque las selecciones en soluciones nutritivas no dan cuenta de la capacidad diferencial de las variedades para formar asociaciones de micorrizas, que son tan esenciales para la absorción de P. En Carimagua se iniciaron evaluaciones de germoplasma a nivel de campo a gran escala, para buscar tolerancia a deficiencia de P y a acidez, y en CIAT-Quilichao para tolerancia a deficiencia de P.

En el segundo aspecto de la estrategia, de mejorar la eficiencia de la absorción de nutrimentos y de la aplicación de fertilizantes, se realizaron varios ensayos de fertilización para determinar: a) la absorción de nutrimentos y su distribución dentro de la planta durante un ciclo de crecimiento de 12 meses; b) el efecto a largo plazo de las aplicaciones de N, P y K sobre la fertilidad del suelo y sobre el rendimiento de la yuca cultivada continuamente; c) el efecto residual de varias fuentes de P; d) la interacción Cal x P, y e) el efecto de la inoculación de micorrizas sobre la absorción de P.

Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P

La selección a pequeña escala por tolerancia a bajos niveles de P continuó en CIAT-Quilichao. Se sembraron 32 cultivares de la colección de germoplasma sin adición de P y con la adición de 44 kg/ha (100 kg de P_2O_5) aplicado como superfosfato triple en parcelas que en los dos años anteriores habían recibido 88 y 44 kg/ha de P, respectivamente. A los tres meses se tomaron muestras de hojas y a los 12 meses se efectuó la cosecha de las plantas.

El índice de tolerancia a deficiencias de P de los 32 cultivares osciló entre 11 y 86, con un promedio de 43; este índice se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de tolerancia} = \frac{R_o}{R_{44}} \times \frac{R_o}{R_{\text{máx.}}} \times 100$$

en donde:

R_o = rendimiento del cultivar sin aplicación de P
 R_{44} = rendimiento con aplicación de 44 kg/ha de P
 $R_{\text{máx.}}$ = rendimiento máximo de algún cultivar obtenido sin P en este ensayo.

El índice de tolerancia no se relacionó con el contenido de P en las hojas porque éste refleja tanto la capacidad de absorción del elemento como el tamaño de la planta, el cual es muy variable.

El Cuadro 1 muestra el contenido de P en las hojas, el rendimiento de las raíces frescas, el contenido de almidón, el índice de tolerancia a bajos niveles de P y el porcentaje de infección de micorrizas en 10 de los cultivares más tolerantes a bajos niveles de P. El promedio de los rendimientos de las raíces en estos 10 cultivares aumentó solamente en 10% con la aplicación del P; el contenido de almidón, que se estudió en siete cultivares, aumentó en algunos de ellos y disminuyó en otros por la fertilización, pero las diferencias no fueron significativas al nivel de 5%; el contenido de almidón varió significativamente entre los cultivares.

La infección de micorrizas, especialmente en relación con el número de vesículas, fue más alta en las plantas fertilizadas con P que en las no fertilizadas; sin embargo, en la cosecha no hubo correlación entre el porcentaje de infección de las raíces y el rendimiento de las mismas o el índice de tolerancia a bajos niveles de P. Es necesario determinar los cambios en la infección de las raíces durante el ciclo de crecimiento, con el fin de establecer si una infección temprana es esencial para obtener altos rendimientos en suelos con bajo nivel de P.

Cuadro 1. Efecto de la fertilización con P sobre el contenido de este elemento en las hojas, el rendimiento de las raíces, el contenido de almidón y la infección de micorrizas de los 10 cultivares de yuca más tolerantes a bajos niveles de P, en CIAT-Quilichao, 1980.

Cultivar	P en las hojas ¹ (%)		Rendimiento raíces ² (ton/ha)		Almidón en raíces (%)		Infección de micorrizas ³ (%)		Tolerancia a deficiencia de P (Índice) ⁵
	A ⁴	B ⁴	A	B	A	B	A	B	
ICA-HMC-2	0.36	0.35	37	33	22	19	45	44	86
M Col 1226	0.39	-	48	56	26	24	25	56	85
M Mex 59	0.40	0.38	44	49	28	29	35	34	83
M Col 1879	0.28	0.32	37	36	26	27	37	30	80
M Col 1684	0.31	0.29	36	39	25	25	34	24	70
M Col 113	0.30	0.40	42	58	26	25	39	37	63
M Col 131	0.26	0.28	31	32	-	-	40	36	62
M Ven 83	0.30	0.35	36	49	30	31	40	26	57
M Col 88	0.33	0.41	32	39	-	-	22	39	55
Llanera	0.36	0.42	24	23	-	-	43	50	54

¹ Hojas más jóvenes, totalmente expandidas, muestreadas tres meses después de la siembra.

² Rendimientos de un surco, promedio de tres plantas, cuatro repeticiones.

³ Porcentaje del total de observaciones de raíces con hifas, vesículas o arbusculos.

⁴ P aplicado: A=0 kg/ha; B=44 kg/ha.

⁵ Ver fórmula para obtener el índice en la pág. 65.

Absorción y Distribución de Nutrientos

Para determinar el efecto de los fertilizantes sobre la tasa de absorción de nutrientes durante los diferentes estados del desarrollo de la planta y sobre la distribución de los mismos dentro de la planta (perfil de nutrientes) se sembraron dos cultivares de yuca en CIAT-Quilichao en parcelas grandes con y sin aplicación de fertilizantes.

Los cultivares fueron M Col 22, un tipo de planta con poco vigor y M Mex 59, un material muy vigoroso. Todas las parcelas se encalaron con 500 kg/ha de cal dolomítica y las parcelas fertilizadas recibieron 1 ton/ha de 10-30-10, 20 kg de azufre elemental, 10 kg/ha de Zn como ZnSO₄ · 7H₂O, y 1 kg/ha de B como bórax, aplicados al voleo e incorporados antes de la siembra; se aplicaron otros 50 kg/ha de N en forma de úrea a los 60 días.

Mensualmente se cosecharon ocho plantas por tratamiento, separando las láminas foliares (hojas) superiores, intermedias y bajas, los pecíolos y el tallo, así como las raíces; se secaron, pesaron y analizaron muestras para todos los macro y micronutrientes. También se tomaron y analizaron muestras de suelo cada mes.

La Figura 1 muestra la tasa de producción de materia seca (MS) total para las dos variedades. El fertilizante no tuvo efecto significativo sobre M Mex 59, una variedad

altamente tolerante a bajos niveles de P y que no responde a niveles altos de fertilidad (CIAT Informe Anual 1977, 1978 y CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979). M Col 22, por su parte, tuvo una producción de MS significativamente mayor cuando se fertilizó, especialmente durante los últimos seis meses.

Para los rendimientos en raíces secas los efectos fueron similares a los anteriores (Figura 2). En M Mex 59 tales rendimientos fueron altamente variables durante los tres meses finales, y no mostraron respuesta a la fertilización; M Col 22, sin embargo, sí respondió significativamente.

En ambas variedades la fertilización estimuló más el crecimiento aéreo que el de las raíces, disminuyendo el índice de cosecha en un 10 a 15%. La variedad M Col 22 sin fertilizar tuvo un índice de cosecha final de aproximadamente 0.70 a 0.75, el cual permaneció constante durante los últimos cinco meses, mientras que el índice de cosecha de M Mex 59, aunque estuvo en aumento hasta el décimo mes, llegó solamente a 0.55. De esta manera, la variedad más vigorosa M Mex 59 produjo relativamente más crecimiento aéreo, mientras que la no vigorosa M Col 22 produjo más raíces y en una fase más temprana. A los seis meses, M Col 22 había producido cerca del 50% de su rendimiento final de raíces, mientras que M Mex 59 había producido sólo cerca del 25%.

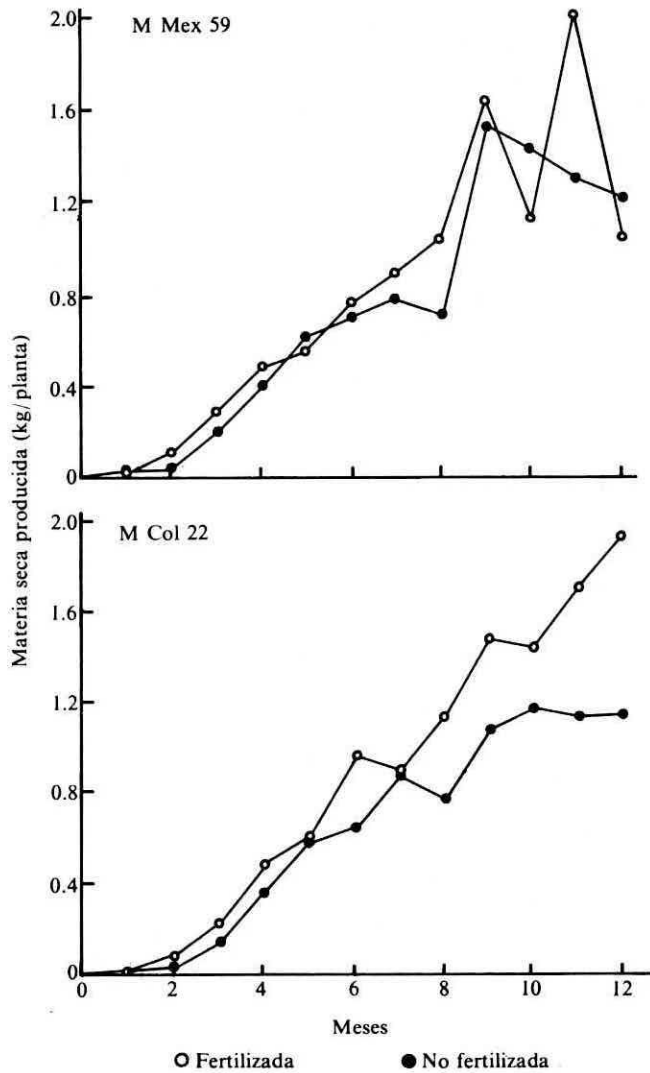


Figura 1. Producción de materia seca total acumulada durante 12 meses, en dos cultivares de yuca con y sin fertilizantes, en CIAT-Quilichao.

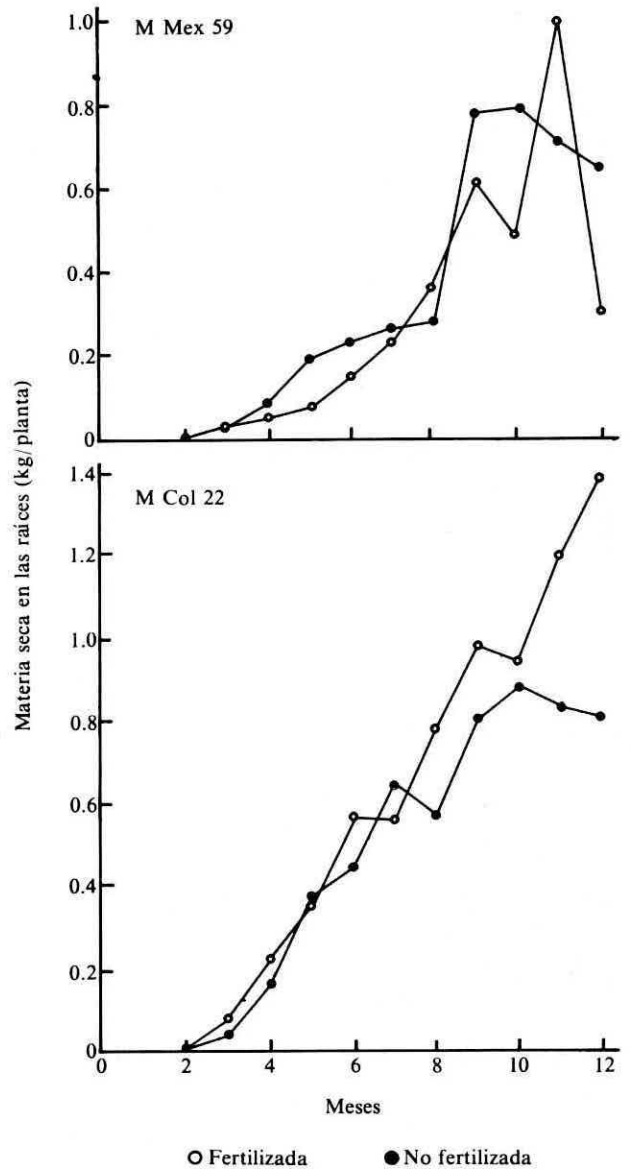


Figura 2. Producción de materia seca acumulada durante 12 meses en las raíces de dos cultivares de yuca con y sin fertilizantes, en CIAT-Quilichao.

La Figura 3 muestra la distribución de la MS entre las raíces, los tallos, las hojas y los peciolos durante los ciclos de crecimiento de los cultivares sin fertilización. Las raíces empezaron a acumular MS después de dos meses y alcanzaron su máximo contenido a los 10 meses en ambos cultivares; sin embargo, M Col 22 translocó a las raíces la mayor parte de la MS después del tercer mes, mientras que M Mex 59 no lo hizo sino solamente después del octavo mes. La distribución de MS en las plantas fertilizadas siguió esencialmente el mismo patrón, excepto que en M Col 22 la acumulación en las raíces se continuó hasta el duodécimo mes.

En general, las concentraciones de N, P y K en las diversas partes de la planta disminuyeron con el tiempo,

especialmente en el tejido de la parte superior del tallo. El contenido de nutrientes de las hojas superiores también disminuyó con el tiempo, pero no al mismo grado en que lo hizo el de los tallos, peciolos o raíces, resultando así este tejido más adecuado para propósitos de diagnóstico. Se recomienda tomar muestras a los tres meses, ya que en una fecha posterior los niveles críticos estarían reducidos. Los contenidos de los demás nutrientes también disminuyeron con el tiempo, excepto los de Fe y Mn que permanecieron constantes en las hojas superiores y el de Ca que aumentó en las hojas superiores y en los peciolos.

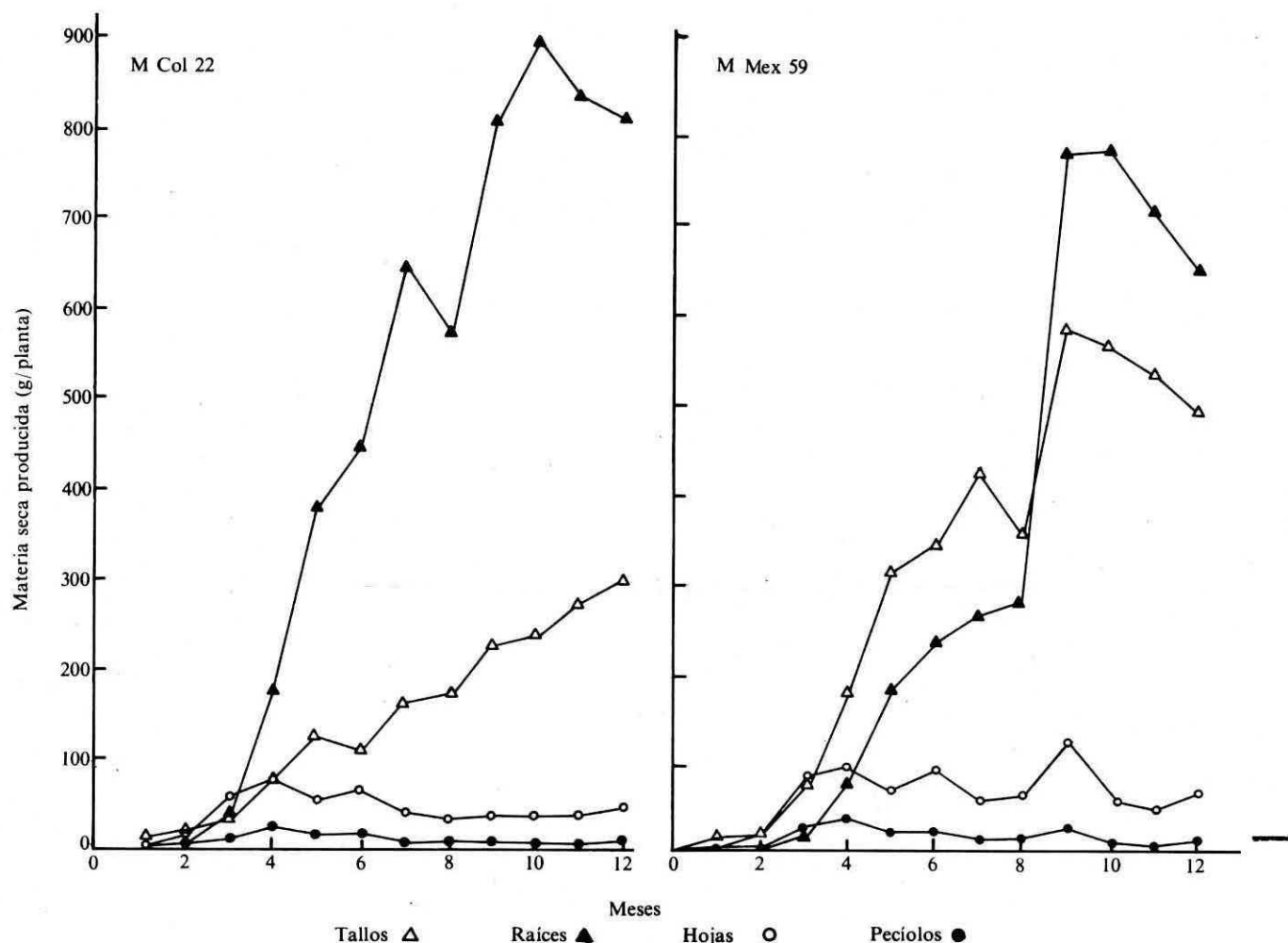


Figura 3. Distribución de la materia seca durante 12 meses en las raíces, tallos, hojas y peciolo de dos cultivares de yuca sin fertilizar, en CIAT-Quilichao.

Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en las hojas, peciolo y tallos superiores, intermedios e inferiores y en raíces de yuca¹.

Parte de la planta		Contenido de nutrimentos (%)						Contenido de nutrimentos (ppm)				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Hojas	superiores	5.75	0.42	1.98	0.72	0.34	0.30	11.1	12.2	176	400	107
	intermedias	5.18	0.27	1.80	1.01	0.38	0.28	11.9	12.1	237	523	119
	inferiores	4.40	0.20	1.58	1.34	0.49	0.22	11.7	11.1	386	697	137
Peciolo	superiores	2.25	0.22	2.93	0.90	0.38	0.06	10.6	9.0	66	533	90
	intermedios	1.41	0.14	2.35	1.13	0.39	0.02	9.9	7.1	56	835	127
	inferiores	1.35	0.12	2.23	1.54	0.48	0.01	10.9	7.5	123	1470	190
Tallos	superiores	2.73	0.30	3.15	0.82	0.37	0.18	10.5	18.1	133	339	86
	intermedios	2.21	0.27	2.21	1.02	0.38	0.16	8.6	22.7	107	379	120
	inferiores	1.28	0.22	1.14	0.65	0.31	0.09	6.4	23.6	225	170	97
Raíces		1.52	0.18	1.56	0.24	0.14	0.05	6.0	10.7	508	178	66

¹ Promedio de muestras tomadas a dos, tres y cuatro meses, de plantas fertilizadas y sin fertilizar de M Col 22 y M Mex 59.

Para todos los elementos nutritivos considerados, el contenido en las raíces disminuyó marcadamente debido a la acumulación de almidón en ellas. Es evidente que las raíces tienen contenidos relativamente altos de N y K y que estos elementos se remueven en la mayor cantidad en cada cosecha de raíces.

El Cuadro 2 presenta las concentraciones de nutrimentos en las diferentes partes de la planta a la edad de dos a cuatro meses. La fertilización incrementó más que todo el contenido de nutrimentos de todos los tejidos sin cambiar significativamente el patrón de distribución. Los contenidos de N y P siguieron patrones de distribución similares y disminuyeron en todas las partes de la planta desde la parte superior hacia la inferior. El contenido de K fue más alto en los tallos superiores, seguido por el de los pecíolos y por último por el de las hojas; sin embargo, la gradiente de K de la parte superior del tallo a la inferior fue mucho más grande que para las hojas. Las hojas fueron más indicativas del nivel de K que los tallos superiores o los pecíolos; los tallos o los pecíolos más bajos también podían ser un buen tejido indicador para K, pero al tomar los primeros se destruiría la planta durante el muestreo.

Las concentraciones de Ca y Mg están en niveles casi igualmente altos en las hojas, los pecíolos y los tallos y bajos en las raíces. A diferencia de lo que ocurre con N, P y K, las hojas inferiores y los pecíolos presentan más altos contenidos de Ca y Mg que las hojas superiores. El contenido de S es alto en las hojas, extremadamente bajo en los pecíolos e intermedio en los tallos; el de B es bastante uniforme en toda la planta; el de Cu es alto en los tallos; el de Fe es alto en las hojas, especialmente en las inferiores y los de Mn y Zn son altos en los pecíolos especialmente en los inferiores. Los contenidos de Fe, Mn y Zn aumentaron de las hojas superiores hacia las inferiores y pecíolos. En este suelo extremadamente ácido (pH 3.9-4.1), las concentraciones de Fe y Mn en los tejidos son muy altas, probablemente por encima del nivel crítico para toxicidad.

La Figura 4 muestra los perfiles de distribución de N, P y K en M Col 22. Las plantas acumularon los nutrimentos durante todo el ciclo de crecimiento, pero la mayor tasa de absorción ocurrió del segundo al quinto mes, especialmente para el K. Después del quinto mes los tres elementos se habían acumulado principalmente en las raíces de este cultivar, que es precoz en la formación de tubérculos. Al momento de la cosecha, las cantidades de N, P y K fueron mayores en las raíces (66% para K) seguidas por los tallos, las hojas y los pecíolos. No obstante, el Ca, el Mg y el Mn se acumularon más en el tallo que en las raíces.

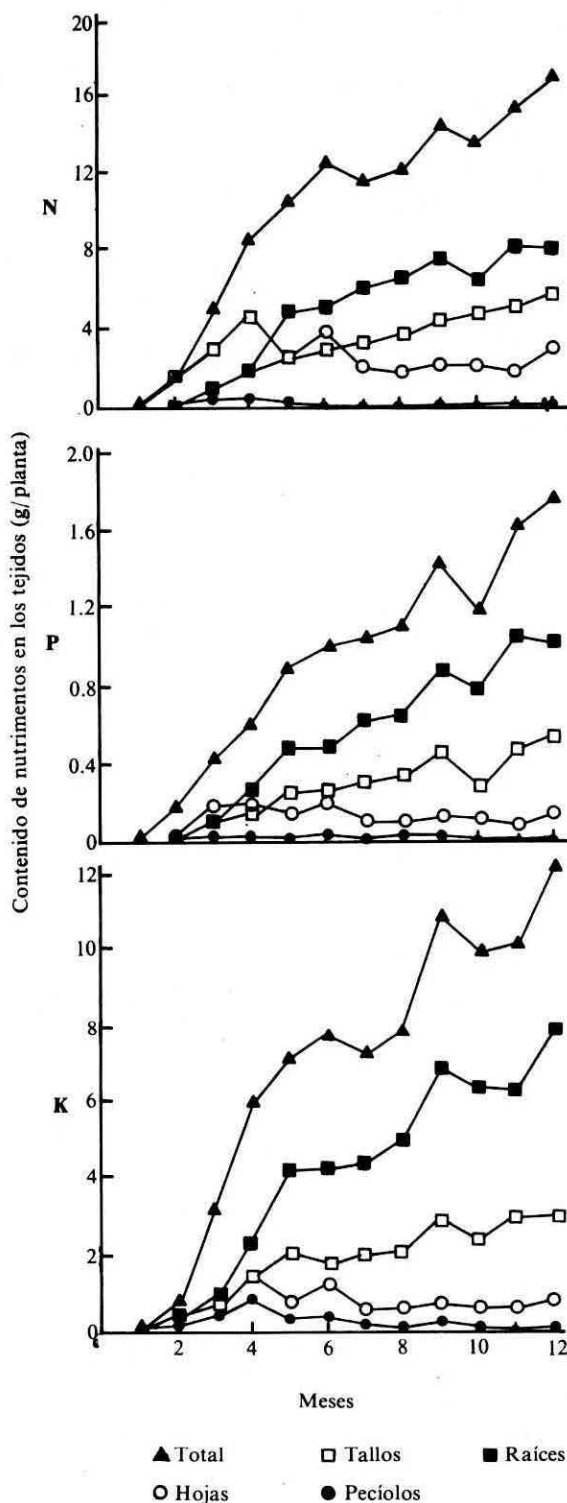


Figura 4. Absorción total y distribución de N, P y K en las diferentes partes de la planta del cultivar de yuca M Col 22 en 12 meses, en CIAT-Quilichao. (Promedio de plantas fertilizadas y no fertilizadas.)

Los análisis mensuales que se hicieron de los suelos no fertilizados mostraron cambios no significativos en el pH y en el contenido de Ca y un ligero aumento en el Al intercambiable de 2.5 a 3.5 meq/100 g. Hubo un pequeño incremento en el P disponible, de 4 a 6 ppm, debido posiblemente a la caída y descomposición de hojas, una pequeña disminución en el Mg intercambiable y una disminución significativa en el K intercambiable, de 0.4 a 0.2 meq/100 g. En las parcelas fertilizadas, el K intercambiable disminuyó de 0.60 a 0.25 meq/100 g, aumentando de nuevo durante el último mes. La marcada disminución de K en el suelo es la causa del agotamiento del mismo después de cultivar yuca en él y la explicación de por qué la yuca responde más a la fertilización con K después de varios cultivos consecutivos.

Si cada planta de yuca extrae cerca de 10 g de K (ver Figura 4) que provienen en su totalidad de los 20 cm de la capa superficial del suelo y no hay reintegro, la disminución corresponde a 0.17 meq de K por 100 g del suelo; adicionalmente, el K se puede perder por lixiviación y erosión. Por lo tanto, una adecuada fertilización con K es esencial para obtener altos rendimientos y mantener la fertilidad del suelo. (Ver la próxima sección.)

Ensayos de Fertilidad a Largo Plazo

Los objetivos, tratamientos experimentales y resultados de la primera siembra con el cultivar Llanera se

describieron el año pasado (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979).

En el segundo año se sembró el cultivar CMC 40 en las mismas parcelas; esta vez no se usó fertilizante, excepto en las ocho parcelas adicionales que se fertilizan anualmente. La Figura 5 muestra la respuesta de este cultivar a los efectos residuales de N, P y K en términos de rendimientos de raíces y de follaje, índice de cosecha y contenido de N, P y K en las hojas de las plantas de tres meses de edad. A pesar de que no se aplicó fertilizante adicional, los rendimientos de las raíces fueron muy altos, con un mínimo de 31 ton/ha para el cero absoluto de fertilización con N, P y K.

En general, las plantas respondieron a la fertilización más en términos de follaje que de rendimiento de raíces, pero a diferencia del primer año, no hubo disminución significativa en el índice de cosecha debido a la fertilización.

La Figura 6 muestra la respuesta en rendimiento de raíces que la yuca presentó al efecto residual de una fertilización previa y a la fertilización anual con dosis mediana y alta. Aunque hubo un significativo efecto residual de los fertilizantes aplicados inicialmente, los rendimientos de las raíces aumentaron otras 5 a 6 ton/ha con la reaplicación de fertilizantes; esto sería económico a un nivel intermedio de aplicación, pero no al nivel más alto.

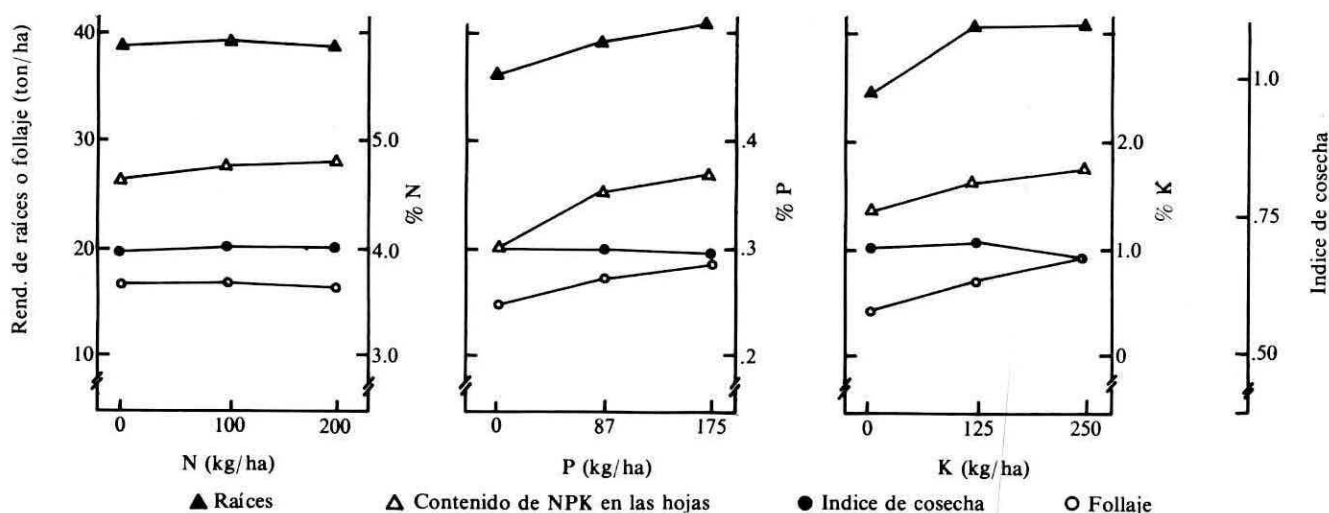


Figura 5. Efecto residual de tres niveles de N, P y K que se habían aplicado a un cultivo previo de yuca sobre el contenido de nutrientes en las hojas superiores del cultivar CMC 40 a los tres meses, sobre su producción de follaje y raíces y sobre su índice de cosecha a los 12 meses de edad, en CIAT-Quilichao.

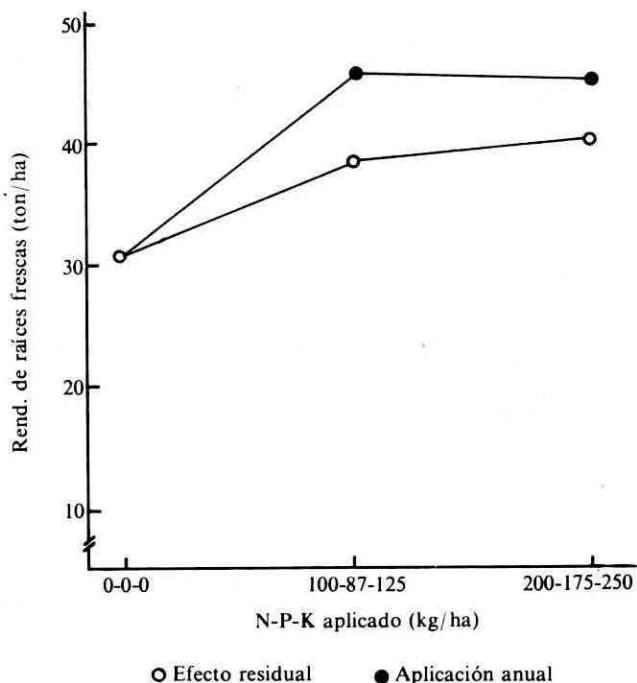


Figura 6. Respuesta en producción de raíces del cultivar de yuca CMC 40 a niveles nulos, medios y altos de N, P y K aplicados en el cultivo anterior o en el cultivo actual, en CIAT-Quilichao.

Después de dos años de sembrar yuca en un mismo suelo, el contenido de P disponible había disminuido de 7.8 a 2.3 ppm sin la aplicación de P y de 41.8 a 6.9 ppm con la aplicación de 175 kg/ha. De manera similar, el contenido de K intercambiable del suelo disminuyó de 0.20 a 0.12 meq/100 g cuando no se aplicó ese elemento, y de 0.48 a 0.14 meq/100 g cuando se hizo una aplicación inicial de 250 kg/ha.

Sólo con la reaplicación anual de 250 kg/ha de K se pudo mantener el contenido de K del suelo en 0.21 meq/100 g después de la segunda cosecha, y se necesitaría una aplicación anual de 90 a 100 kg/ha de P para mantener un contenido de 7 ppm de P disponible en el suelo.

Fuentes de P

Dos experimentos que se iniciaron en 1978 en CIAT-Quilichao para estudiar el efecto de varias fuentes de P, niveles y métodos de aplicación sobre los rendimientos de yuca (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979), se repitieron en 1979 para estudiar el efecto residual.

Durante el primer año los rendimientos de la yuca Llanera variaron entre 20 y 25 ton/ha, sin una respuesta significativa a la aplicación de P. En el segundo año, sin aplicación adicional de P, los rendimientos de las raíces del cultivar M Col 1684 variaron entre 42 y 51 ton/ha, de nuevo sin una respuesta significativa a P. En las parcelas usadas como testigos, los contenidos de fósforo de las hojas superiores a los tres meses variaron de 0.38 a 0.42%, o sea que tales contenidos estuvieron alrededor del nivel crítico de 0.4%, lo que indica un nivel adecuado de P en las plantas. El rendimiento en las parcelas usadas como testigos fue de 46 ton/ha en promedio. Este alto rendimiento se alcanzó en un suelo con un contenido inicial de P (Bray II) de sólo 3 ppm, que aumentó hasta 5 a 6 ppm por efecto de la mineralización de la materia orgánica aun antes de la primera siembra y permaneció a ese nivel en la segunda siembra.

Las plantas de todos los tratamientos estaban altamente infectadas (48-83%) de micorrizas, dando como resultado una eficiente absorción de P aun en los suelos con muy bajo contenido de ese elemento. La infección con micorrizas fue particularmente evidente en las parcelas que no recibieron P, en las que recibieron sólo pequeñas cantidades de P soluble, o en las que recibieron altas cantidades de fuentes fosfatadas insolubles; la infección disminuyó al aumentar las cantidades de P soluble aplicado. El contenido de almidón de las raíces varió de 26 a 28% y las aplicaciones de P no tuvieron efectos significativos sobre él.

Estos ensayos sufrieron una defoliación de 30 a 50% a los ocho meses debido a un severo ataque del gusano cachón, seguido por tres meses de severa sequía (57 mm de precipitación total) sin ningún efecto perjudicial aparente.

Interacción Cal x P

Para determinar los efectos de la interacción entre las aplicaciones de cal y de P sobre un suelo ácido e infértil se planteó un ensayo de diseño sistemático en Carimagua. La cal se aplicó a razón de 0 a 4.8 ton/ha y el P a razón de 0 a 209 kg/ha (480 kg/ha de P_{205}).

Las aplicaciones de cal aumentaron el pH del suelo de 4.15 a 4.75, disminuyendo el Al intercambiable de 3.5 a 1.3 meq/100 g y la saturación de Al de 88 a 27%. Los rendimientos de las raíces de M Col 638 oscilaron entre 7 ton/ha sin cal ni P y 25 ton/ha con una combinación de 3.6 ton/ha de cal y 167 kg/ha de P (380 de P_{205}).

La Figura 7 muestra las respuestas a las aplicaciones de P y cal en términos de rendimiento de raíces y de crecimiento del follaje. En promedio se obtuvieron rendimientos casi máximos con 92 kg/ha de P (210 de P₂O₅) y 1.1 ton/ha de cal. Mientras los rendimientos de las raíces mostraron una respuesta al P más o menos cuadrática, los rendimientos del follaje mostraron una respuesta casi lineal, como se informó también en 1978. El índice de cosecha fue más alto (0.65) con 0.3 ton de cal y 92.5 kg de P (210 kg de P₂O₅) y disminuyó a 0.50 con las dosis más altas de cal y P.

En Carimagua, los rendimientos máximos se pueden obtener aparentemente con la aplicación de 90 a 100 kg/ha de P y 1 ton/ha de cal dolomítica; con esta aplicación el suelo alcanzó un pH de 4.3 con 2.75 meq de Al/100 g o 76% de saturación de Al. Estos datos no sólo indican que la yuca es extremadamente tolerante al pH bajo y Al alto, sino que además ilustran el efecto benéfico de pequeñas aplicaciones de cal.

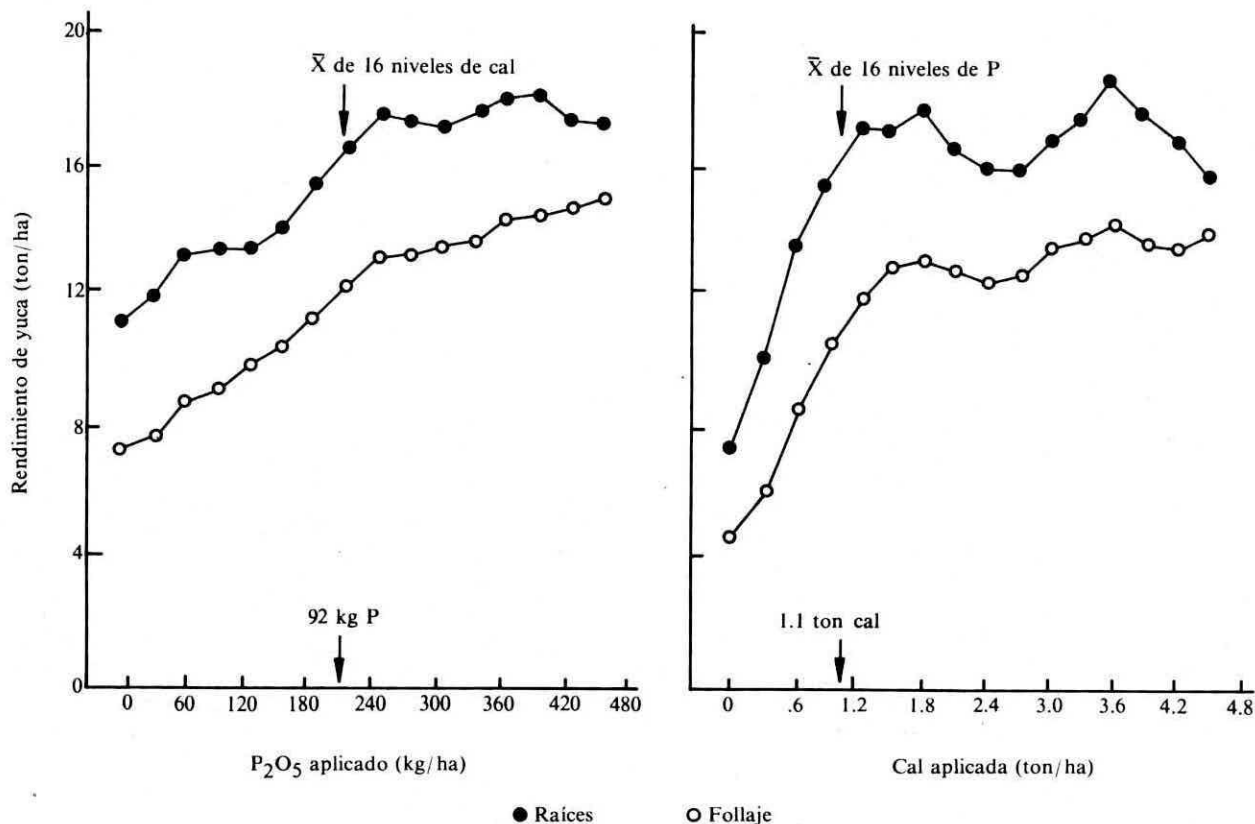


Figura 7. Efectos del incremento en los niveles de aplicación de P y cal sobre la producción de raíces y follaje en el cultivar CMC 40, en Carimagua. Las flechas señalan las tasas requeridas para una producción de 95% del máximo.

Inoculación con Micorrizas

En muchas áreas productoras de yuca en América Latina el principal limitante del cultivo es la deficiencia de P. Se ha demostrado que la inoculación con micorrizas mejora la capacidad de la yuca para absorber P a partir de suelos y soluciones nutritivas con bajas concentraciones de ese elemento (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979).

Respuesta de la yuca a la inoculación. Plántulas de yuca producidas en una cámara nebulizadora, se sembraron en materos con suelo esterilizado de CIAT-Quilichao, al cual se le habían aplicado nueve niveles de P. Las plántulas se sembraron sin inoculación, o se inocularon con esporas de micorrizas o con raíces infectadas.

La respuesta a la aplicación de P fue evidente después de dos semanas. La respuesta a la inoculación de las raíces

se observó después de tres semanas y se hizo más pronunciada con el tiempo; en la Figura 8 se puede apreciar la magnitud de esta respuesta.

Las plantas no inoculadas permanecieron deficientes en P a pesar de que este elemento se aplicó a razón de 800 kg/ha y sólo alcanzaron un desarrollo cercano al máximo con 1600 y 3200 kg/ha de P. Las plantas inoculadas con raíces infectadas obtuvieron un desarrollo muy bueno aun sin haber recibido P; la respuesta a la aplicación de P fue baja inicialmente y casi había desaparecido al

momento de la cosecha. La respuesta a la inoculación con esporas fue esencialmente nula.

El testigo para P inoculado con 2 g de raíces infectadas aumentó en más de 80 veces su crecimiento aéreo en comparación con el no inoculado; la inoculación fue casi tan efectiva como la aplicación de 1600 kg/ha de P (Figura 9). Las plantas que no tuvieron infección de micorrizas absorbieron muy poco P aun de un suelo al cual se habían aplicado 800 kg/ha del elemento.

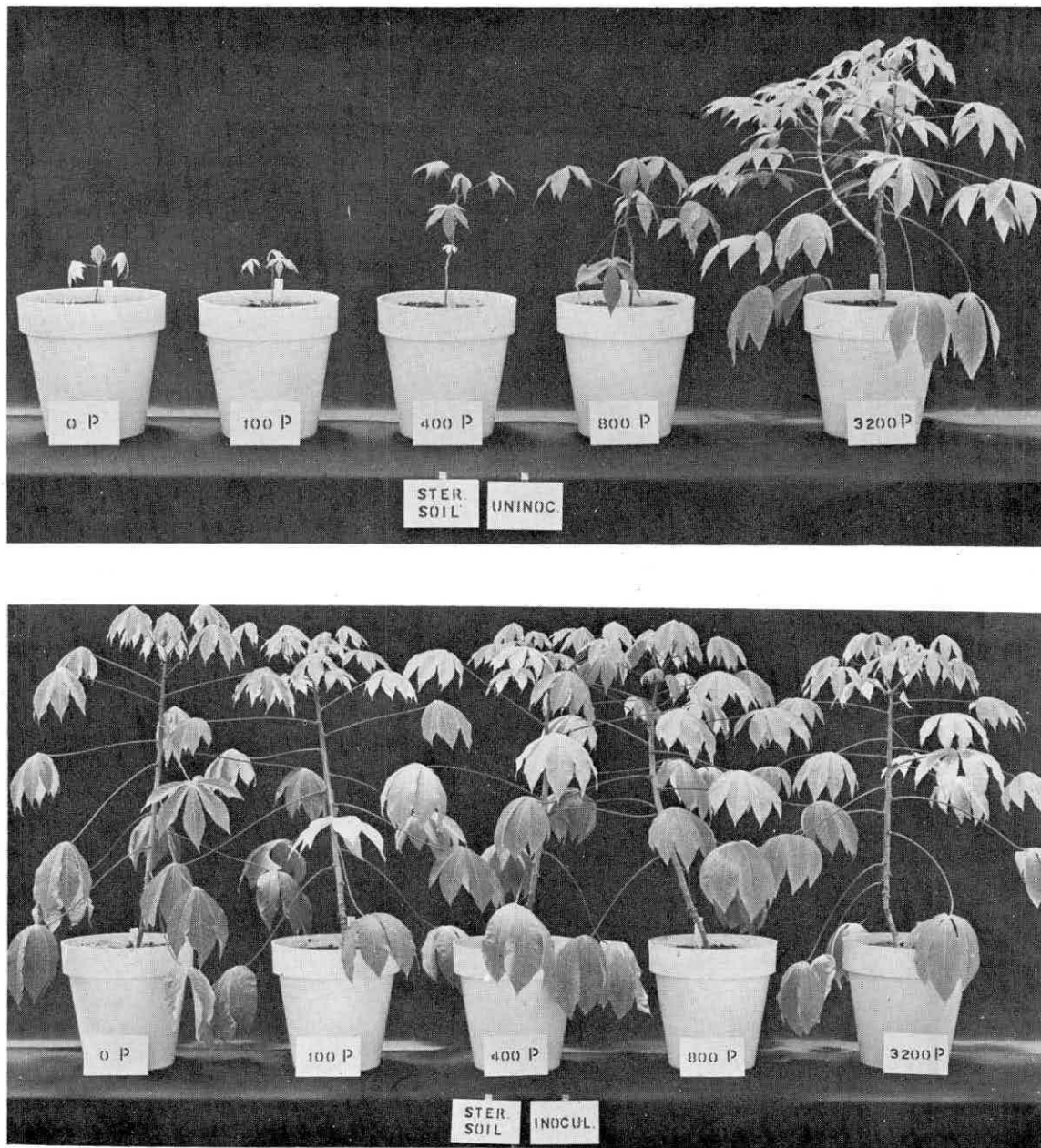


Figura 8. Respuesta del cultivar de yuca M Mex 59 a la inoculación con micorrizas y a varios niveles de aplicación de P en suelo esterilizado de CIAT-Quilichao.

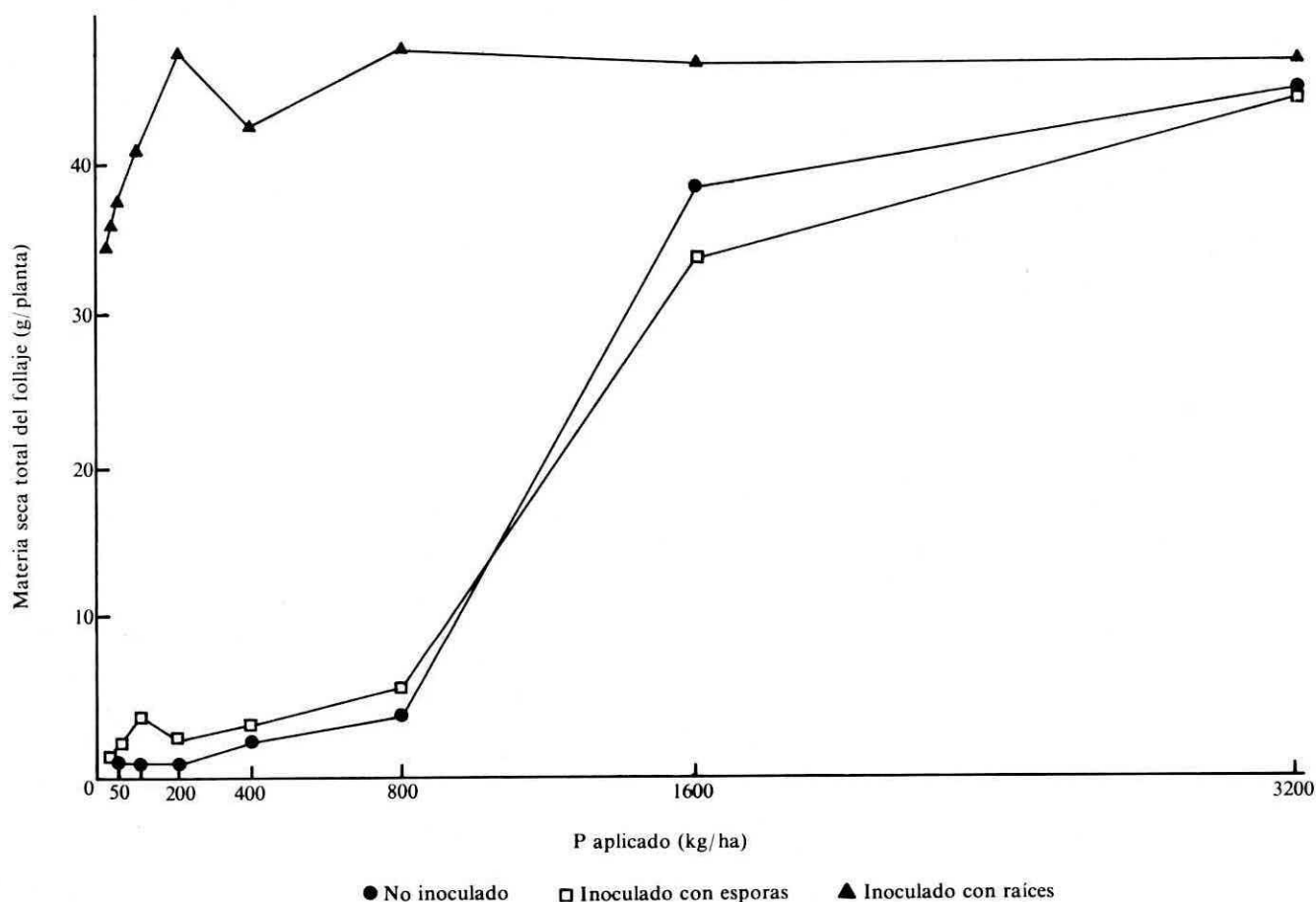


Figura 9. Efectos de la inoculación con micorrizas y de varios niveles de aplicación de P sobre la producción de materia seca en la parte aérea del cultivar de yuca M Mex 59, en suelo esterilizado de CIAT-Quilichao.

En el suelo de CIAT-Quilichao la inoculación con micorrizas fue altamente efectiva aun sin ninguna aplicación de P, aunque en este nivel la infección y la concentración de P en las partes aéreas fueron relativamente bajas (Cuadro 3). La infección máxima ocurrió a niveles intermedios de P, esto es, con aplicaciones de 50 y 100 kg/ha de este elemento, que son las dosis usadas en el campo para el cultivo de yuca. Sin la aplicación de P, la absorción total fue 100 veces más alta en las plantas con micorrizas que en las sin micorrizas; aun en los niveles más altos de aplicación de P, las plantas con micorrizas tenían concentraciones de P más altas y absorbieron más P que las plantas sin micorrizas.

La Figura 10 muestra la relación entre la producción de MS y el contenido de P disponible (Bray II) en el suelo después de la cosecha para ambos tratamientos, inoculado y sin inocular. Las curvas se trazaron visualmente uniendo los puntos; se colocaron flechas para indicar el contenido crítico de P, definido como el requerido para alcanzar el 95% del rendimiento máximo.

Aunque las plantas inoculadas y no inoculadas alcanzaron casi el mismo rendimiento máximo, es evidente que la presencia de micorrizas redujo marcadamente el nivel crítico de P en el suelo; el nivel crítico de 15 ppm para plantas con micorrizas sólo está ligeramente por encima del nivel de 8-10 ppm obtenido en experimentos de campo, mientras que el nivel de 190 ppm para plantas sin micorrizas es irrealísticamente alto.

La inoculación con esporas no produjo una infección aparente en las raíces ni mejoró el crecimiento de la planta; pero la inspección del suelo después de la cosecha reveló una gran población de esporas; la resiembra de yuca en estas materas dio como resultado un considerable aumento en el crecimiento, a niveles intermedios de P.

Aunque la infección por inoculación con esporas fue mucho más lenta que la infección por inoculación con raíces, con el tiempo estos métodos probablemente sean igualmente efectivos.

Cuadro 3. Efecto de la inoculación con micorrizas y de la aplicación de diferentes niveles de P sobre la infección en las raíces de la yuca, sobre la concentración de P en las partes aéreas y sobre la absorción total por las mismas. ¹

P aplicado (kg/ha)	Grado de infección ²			Concentración de P en las partes aéreas (%)			Absorción de P por las partes aéreas (mg/planta)		
	NI ³	IR ³	IE ³	NI	IR	IE	NI	IR	IE
0	0	1.7	0	0.05	0.08	0.05	0.2	27.7	0.3
25	0	2.2	0	0.07	0.07	0.05	0.5	25.5	0.6
50	0	2.6	0	0.04	0.11	0.08	0.3	41.3	1.5
100	0	2.6	0	0.05	0.12	-	0.3	49.4	-
200	0	2.4	0	-	0.17	0.09	-	81.0	2.0
400	0	2.0	0	0.06	0.17	0.09	1.2	73.0	2.8
800	0	1.5	0	0.09	0.18	0.06	3.4	86.0	3.4
1600	0	1.0	0	0.15	0.16	0.08	58.3	75.3	27.5
3200	0	1.0	0	0.20	0.25	0.21	90.5	118.3	93.5

¹ Cultivar de M Mex 59 sembrado en suelo esterilizado de CIAT-Quilichao, en el invernadero.

² Grado de infección: 0=ninguno, 3=alto número de hifas y vesículas en las raíces

³ NI=no inoculado, IR=inoculado con raíces, IE=inoculado con esporas.

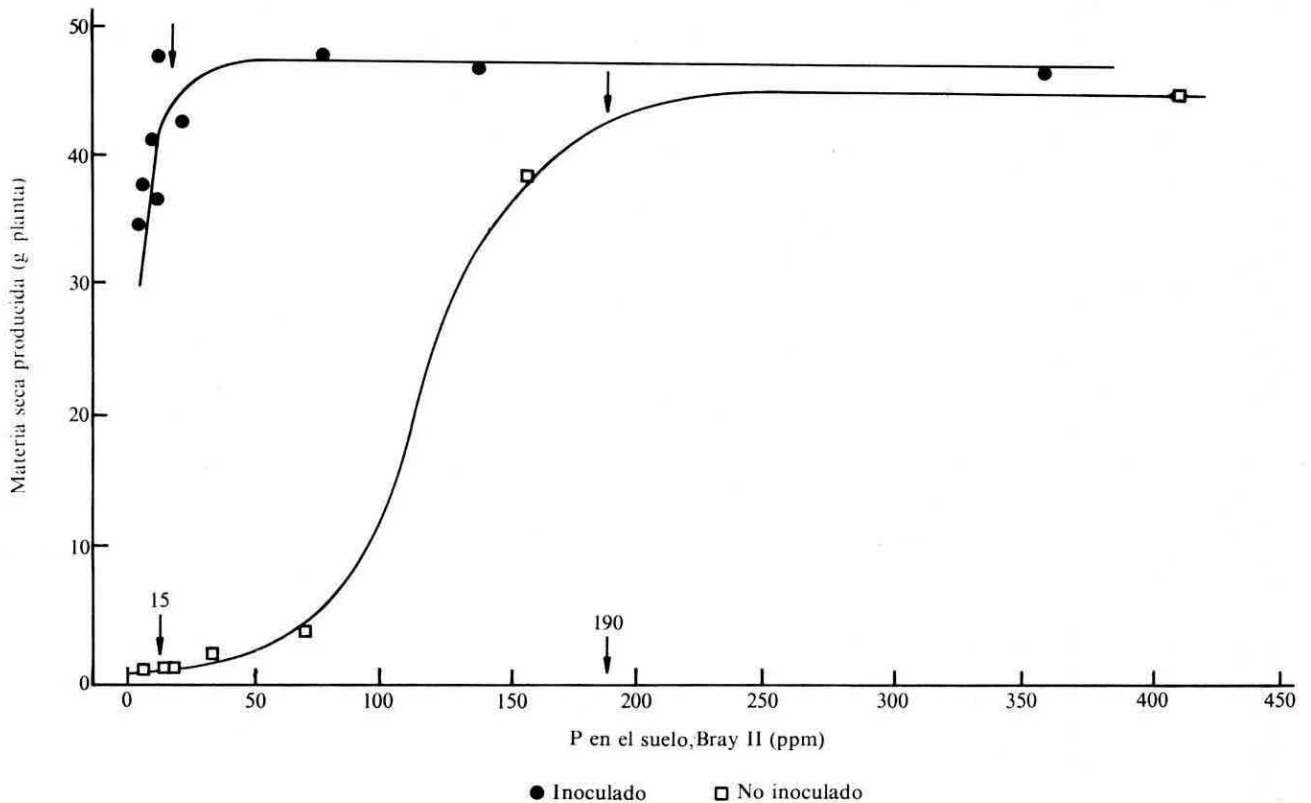


Figura 10. Relación entre la producción de materia seca del cultivar de yuca de M Mex 59 inoculado y no inoculado y el contenido de P en el suelo después de la cosecha. La flecha indica los niveles críticos de P para una producción de 95% del máximo.

Los resultados de este experimento corroboran la conclusión (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979), según la cual sin una asociación con micorrizas las raíces de yuca son extremadamente ineficientes en la absorción de P, y además indican una gran dependencia del cultivo de las micorrizas cuando se siembra en suelos con bajos niveles de P.

Las implicaciones prácticas de estos resultados, sin embargo, no son aún evidentes. Primero, en un suelo no esterilizado la población de micorrizas nativas puede ser altamente eficiente, reduciendo el efecto benéfico de la inoculación, a menos que se puedan identificar especies y razas más eficientes.

En segundo lugar, la yuca se cultiva normalmente a partir de estacas, las cuales tienen una considerable reserva de nutrimentos que sirven a la planta para formar un sistema de raíces eficiente; en estas estacas el contenido de P es de 10 a 50 mg/ unidad, mientras que en las plántulas enraizadas es menor de 1 mg; en yuca cultivada a partir de estacas, las respuestas iniciales a la inoculación fueron pequeñas comparadas con las procedentes de plántulas enraizadas. Queda por investigar cuáles son los efectos a largo plazo de la inoculación una vez que se agoten las reservas de la estaca.

Especificidad del hospedero. Para determinar el grado de especificidad del hospedero, se inocularon con raíces de yuca infectadas con micorrizas las siguientes especies: maíz, frijol, caupí, arroz, *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guyanensis* y el híbrido de yuca CM91-3; las siete especies se sembraron en un suelo esterilizado de CIAT-Quilichao y se hicieron aplicaciones de 0, 100 y 500 kg/ha de P.

El Cuadro 4 presenta la respuesta a la inoculación y a la aplicación de P de estas especies. Todas ellas, a excepción del arroz, se beneficiaron notablemente con la inoculación a los niveles de 0 y 100 kg/ha de P; la yuca, el frijol, el caupí y el *Stylosanthes* también respondieron a 500 kg/ha de P. La falta de respuesta en el arroz puede indicar alguna especificidad del hospedero, pero probablemente se debió al sistema radicular extremadamente fino y altamente ramificado de esta especie. La falta de respuesta a la inoculación de *Andropogon* y maíz con 500 kg/ha de P también refleja un sistema radicular denso, bien desarrollado y altamente ramificado.

Como se observó en las soluciones nutritivas (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual 1979), sin una infección de micorrizas la yuca requirió dosis de P mucho más altas para alcanzar un desarrollo normal que especies exigentes en P, como el frijol.

Usando la relación de MS obtenida sin inoculación sobre la obtenida con inoculación como una medida de la dependencia de las micorrizas (Cuadro 4) y considerando el promedio para todos los niveles de P, la yuca fue la especie más dependiente de las micorrizas, seguida por *Stylosanthes guyanensis*; sin la aplicación de P estas dos especies resultaron de nuevo más dependientes de las micorrizas, aunque en orden inverso; con 100 kg/ha de P, *Stylosanthes*, *Andropogon* y caupí resultaron aún más dependientes de las micorrizas que la yuca.

Por otra parte, con una asociación de micorrizas la yuca fue más tolerante a la deficiencia de P ($MS_{P_0} / MS_{P_{500}}$) que cualquiera de las especies incluyendo el arroz. De este modo, la bien conocida capacidad de la yuca para crecer en suelos con bajo nivel de P se debe a la gran reserva de P en su estaca, así como a una efectiva asociación de micorrizas en muchos suelos, aunque no necesariamente en todos, con bajo nivel de P.

Cuadro 4. Efecto de la inoculación con micorrizas y de la aplicación de P sobre la materia seca en las partes aéreas de siete especies de cultivos. ¹

Especies	Materia seca en las partes aéreas (g/matero)						Proporción de dependencia de micorrizas ²			
	No inoculado			Inoculado						
	P-0	P-100	P-500	P-0	P-100	P-500	P-0	P-100	P-500	Promedio
Yuca	0.34	0.72	0.54	4.33	14.21	16.36	0.08	0.05	0.03	0.05
Frijol	1.11	3.44	8.29	3.08	18.79	25.01	0.36	0.18	0.33	0.29
Caupí	0.96	0.64	13.65	2.60	20.68	36.32	0.37	0.03	0.38	0.26
<i>Stylosanthes</i> sp.	0.08	0.08	2.74	1.25	9.33	12.20	0.06	0.01	0.22	0.10
<i>Andropogon</i> sp.	0.15	0.39	34.24	1.26	16.67	32.18	0.12	0.02	1.06	0.40
Maíz	1.19	8.74	59.35	4.84	34.75	53.57	0.25	0.25	1.11	0.54
Arroz	3.79	26.63	30.60	3.83	22.36	31.23	0.99	1.19	0.98	1.05

¹ Cultivos sembrados en suelo esterilizado de CIAT-Quilichao, en el invernadero. Fertilización con 0, 100 ó 500 kg/ha de P.

² La dependencia de las micorrizas está en términos de la proporción: $\frac{\text{Materia seca producida sin inoculación}}{\text{Materia seca producida con inoculación}}$

El objetivo a largo plazo de la sección de Economía es analizar el impacto potencial de la tecnología mejorada en yuca en América Latina. Este objetivo delimita un programa de investigación relativamente amplio, puesto que la adopción potencial de la nueva tecnología está determinada tanto por las características de la misma tecnología como por el acceso al mercado que tenga ese aumento en la producción.

El precio de venta se convierte en un parámetro clave del análisis. Por un lado, determina la rentabilidad de la tecnología a nivel de finca, y por otro lado determina la capacidad de competencia de la yuca (y de esta manera su potencial) en mercados alternativos.

Para la mayoría de los demás cultivos bajo el mandato del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), la demanda no es un factor de influencia crítica en la adopción de tecnología; pero en el caso de la yuca, tanto la investigación económica de la producción como la de la demanda, son factores esenciales dentro de la estrategia de investigación del programa.

Economía de la Producción

Ensayos a Nivel de Finca en Media Luna

Los sistemas de producción de yuca en la zona de Media Luna se describieron el año pasado. También se informó sobre los resultados de los ensayos realizados en fincas, comparando la variedad local con cultivares introducidos (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual, 1979); aunque los rendimientos entre los cultivares no difirieron sustancialmente, la variedad local produjo raíces de calidad superior.

La yuca es un producto que se daña rápidamente después de cosechada y además tiene un período de cosecha que es indeterminado; por lo tanto, el almacena-

miento en el suelo es uno de los medios principales para regular la oferta en el mercado, especialmente si hay un período crítico de siembra. Como quiera que la yuca no se puede almacenar después de que ingresa a los canales del mercado urbano para productos frescos, la cosecha escalonada es indispensable para mantener el flujo constante del producto durante el año. Si se quiere reducir al mínimo el riesgo del agricultor y mejorar el acceso de su producto fresco al mercado, hay que mantener el rendimiento y la calidad de la yuca durante este período de almacenamiento.

Para evaluar el potencial futuro de las introducciones de híbridos, así como para desarrollar una metodología dentro de los ensayos a nivel de finca destinados a evaluar el almacenamiento de yuca, se comparó la variedad local Secundina con tres líneas nuevas en una fase temprana de selección. Los ensayos se establecieron durante la primera época de siembra de la zona.

La cosecha se realizó entre los 10 y los 15 meses después de la siembra, período que abarcó desde la estación seca hasta la iniciación de las lluvias, e incluyó tres meses de lluvias fuertes; así se duplicó el período de la cosecha normal en el área. Los resultados de este ensayo se presentan en el Cuadro 1.

La información obtenida acerca de Secundina confirma las razones por las cuales esta variedad domina en el área de Media Luna. En primer lugar madura tempranamente, pero continúa produciendo por varios meses más cuando se deja en el suelo; en segundo lugar, durante el período de almacenamiento conserva su alta calidad, especialmente en términos de los contenidos de almidón y de fibra; finalmente, resiste bien la pudrición de la raíz. Estas características reducen al mínimo los riesgos de producción y de mercadeo, aseguran el acceso del agricultor a los mercados y suministran un adecuado ingreso por la tierra y la mano de obra usadas en la producción.

Cuadro 1. Características del rendimiento de cuatro líneas de yuca en función de períodos de cosecha diferentes, en Media Luna, 1979-80.¹

Características de rendimiento	Período de cosecha (meses después de la siembra)					
	10(0) ²	11 (3)	12 (50)	13 (170)	14 (240)	15 (180)
Contenido de materia seca (%)						
Secundina	36.6	33.1	32.3	32.2	41.4	35.5
CM 323-375	28.5	22.5	23.6	23.1	25.6	23.7
CM 305-38	28.9	27.3	25.9	24.6	28.0	22.7
CM 391-2	29.8	26.8	27.2	21.1	33.2	30.2
Pudrición radicular (% del total de raíces)						
Secundina	0.8	1.0	0.7	0.3	1.1	0.4
CM 323-375	4.1	13.3	6.3	2.8	4.5	4.5
CM 305-38	4.8	10.4	10.9	4.1	3.0	5.6
CM 391-2	2.2	18.3	14.1	5.8	4.3	1.0
Contenido de fibra (%)						
Secundina	2.8	2.6	4.8	nd ³	3.4	4.0
CM 323-375	3.1	3.6	5.3	nd	3.9	3.3
CM 305-38	3.2	4.1	nd	nd	4.4	6.4
CM 391-2	3.3	3.4	6.4	nd	4.5	3.3

¹ La yuca se sembró en mayo de 1979.

² Las cifras entre parentesis indican mm de precipitación durante los meses de cosecha.

³ Información no disponible.

Los resultados en relación con las otras líneas sugieren que para las características de calidad una sola evaluación frecuentemente puede ser engañosa, como ocurre, por ejemplo, en el caso de CM 391-2. Las evaluaciones se deben basar en la forma como el agricultor adapta su sistema agrícola a las exigencias del sistema de mercadeo, en el patrón de lluvias y, en algunas áreas, en las temperaturas, puesto que la evidencia sugiere que el contenido de almidón correlaciona inversamente con la temperatura (CIAT, Informe Anual 1978).

Ensayos a Nivel de Finca en Mondomo

Sistemas agrícolas. Las características ambientales y económicas de los sistemas agrícolas de Mondomo, departamento del Cauca, Colombia, difieren completamente de las de Media Luna; la precipitación es de cerca de 2400 mm anuales en promedio y está relativamente bien distribuida; no existe período crítico de siembra, sino que éste está determinado por la disponibilidad de la mano de obra y por las exigencias del mercado. La altura de 1500 msnm y la temperatura de 19°C en promedio dan como resultado un mayor período de crecimiento, de 14 a 18 meses.

Los factores del suelo son los mayores limitantes en el sistema; en ellos el P varía de 0.8 a 2.7 ppm (Bray II), o sea

que está muy por debajo de los niveles críticos; el K también varía sustancialmente, de 0.10 a 0.78 meq/100 g. El uso de fertilizantes está aumentando pero todavía no está generalizado.

Para el cultivo de la yuca, los agricultores manejan la fertilidad del suelo mediante un sistema de descanso del terreno y de selección de variedades según su respuesta relativa a las condiciones de fertilidad.

En el mejor de los casos, los agricultores dejan descansar el suelo por lo menos durante seis años y luego siembran tres o algunas veces cuatro cosechas sucesivas de yuca; sin embargo, este sistema depende del área de la finca (fluctúa entre 4 y 40 ha con un promedio de 15) ya que los agricultores con áreas más pequeñas deben reducir el período de descanso del suelo. Comúnmente se siembran cuatro variedades de yuca y cada una responde de manera diferente a la fertilidad del suelo.

Aunque con rendimientos bastante bajos, el café es el único cultivo en competencia, ya que produce adecuadamente bajo las condiciones locales; en promedio, el patrón de cultivo es de 2.1 ha de café, 3.6 ha de yuca, 1.6 ha de otros cultivos (principalmente plátano), y 8 ha en barbecho. Los períodos críticos en cuanto a demanda de mano de obra para las dos cosechas de café determinan la

programación de las actividades en yuca; debido a esta competencia, la cantidad de mano de obra que se dedica a la deshierba es más baja aquí que en las otras zonas.

Las restricciones del mercado no son tan severas como en el caso de Media Luna. La yuca va casi exclusivamente hacia la industria de almidón en pequeña escala y ésta a su vez vende exclusivamente a la industria panadera. Los precios que recibe el agricultor son ligeramente más bajos que los de la venta al por mayor en el mercado urbano; pero la variedad con alta calidad, adecuada para el mercado urbano, no produce buenos rendimientos bajo las condiciones de baja fertilidad de los suelos de la región. El contenido de almidón determina los precios de venta, los cuales están determinados en el mercado para las variedades locales, así: Valluna 7.30 \$Col/kg; Americana 5.00 \$Col/kg; Algodona 4.00 \$Col/kg. Los agricultores reclaman que los rendimientos potenciales de las tres variedades se relacionan inversamente con el contenido de almidón.

La continuidad en la oferta se mantiene mediante siembras escalonadas.

Ensayos realizados. Se utilizó un tratamiento factorial completo con fertilizantes, que incluía 500 kg/ha de cal y 500 kg/ha de 10-30-10 aplicados a dos variedades locales, Algodona y Americana, y a un material híbrido introducido, CM 323-375. Este último había dado rendimientos consistentemente altos a través de las pruebas regionales realizadas en sitios con alturas algo más bajas; en condiciones de suelo similares a las de CIAT-Quilichao produjo 19 ton/ha. Los rendimientos en el área de Mondomo fueron de 6.7 ton/ha aproximadamente.

El Cuadro 2 muestra los resultados de los ensayos. Algodona produjo más que cada una de las otras dos variedades, lo cual es consistente con su predominio local. Por otro lado, las variedades no difirieron significativamente en el contenido de materia seca, hecho que no guarda relación con el menor precio que rige para Algodona, a menos que otro factor esté ocasionando diferencias en las tasas de extracción de almidón; en Australia se ha informado acerca de dicho factor, llamado simplemente latex.

Las diferencias entre los tratamientos de fertilizantes no fueron significativas pero sí lo fueron las diferencias entre agricultores; en otras palabras, las diferencias entre las fincas (replicaciones) fueron mayores que entre tratamientos, lo que no es extraño y, como en el caso de Media Luna, confirma la microvariación sustancial entre los sitios de los ensayos a nivel de finca.

Cuadro 2. Rendimiento de raíces frescas y contenido de materia seca de la yuca evaluada en los ensayos a nivel de finca, en Mondomo, 1979-80.

Parámetros de rendimiento y tratamiento de fertilidad ¹	Variedad de yuca		
	Algodona	Americana	CM 323-375
Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)			
Cal + fertilizante	10.3	6.3	5.5
Fertilizante solamente	10.4	4.9	6.2
Cal únicamente	9.3	4.8	4.7
Testigo	9.1	4.9	3.1
Materia seca (%)			
Cal + fertilizante	36.8	35.9	37.6
Fertilizante únicamente	36.6	33.7	36.2
Cal únicamente	36.1	35.1	36.4
Testigo	35.4	34.3	37.5

¹ El tratamiento de cal fue de 500 kg/ha; el tratamiento de fertilizante fue de 500 kg/ha de 10-30-10.

El Cuadro 3 presenta los promedios de rendimiento para Americana y Algodona en cada finca, junto con las historias de las parcelas de cultivo. Así mismo, se calculó un índice de rotación del cultivo, aunque en forma algo arbitraria; básicamente se adaptó a partir del esquema normal de rotación que usan los agricultores, que es de seis años de barbecho y tres de cultivos sucesivos de yuca. Curiosamente, el orden de los índices correspondió a una ordenación virtualmente exacta de los rendimientos.

Cuadro 3. Rendimientos de dos variedades locales de yuca en fincas individuales, con relación a la historia de la parcela y al tamaño de la finca, en Mondomo.

Tamaño la finca (ha)	Uso previo de la parcela (años)	Índice de rotación ¹	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	
			Americana	Algodona
44.8	1 con yuca y 15 en barbecho	13	8.5	16.6
12.6	2 en barbecho, 1 con yuca, y 10 en barbecho	10	²	13.7
19.2	10 en barbecho	10	³	11.4
4.5	8 en barbecho	8	6.6	8.7
5.8	6 en barbecho	6	6.2	6.9
15.1	2 en barbecho	2	3.5	6.5
5.0	2 con yuca y 8 en barbecho	4	4.6	4.7
12.6	2 con yuca y 2 en barbecho	-2	2.7	²

¹ Índice de rotación= número de años en barbecho menos dos veces el número de años anteriores con yuca.

² Resultados obtenidos en la misma finca pero en parcelas con historias diferentes para las dos variedades.

³ Parcela perdida.

La muestra se estratificó de acuerdo con el índice de rotación, usando el 6 como el punto de separación, o sea el punto implícito en el sistema de rotación en el cual la fertilidad del suelo estaba declinando.

El Cuadro 4 muestra que para las tres variedades, el rendimiento y el contenido de materia seca difirió significativamente entre los dos grupos (excepto para la materia seca de CM 323-375).

Cuadro 4. Rendimiento en raíces frescas y en contenido de materia seca de tres variedades de yuca, en relación con la duración del período previo de barbecho, en Mondomo.¹

Estrato de rotación	Variedad de yuca		
	Algodona	Americana	CM 323-375
Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)			
Rotación adecuada	11.5	7.1	7.3
Rotación reducida	5.6	3.6	2.5
Materia seca (%)			
Rotación adecuada	37.2	37.5	37.6
Rotación reducida	34.0	32.2	36.6

¹ Excepto en el caso de contenido de materia seca de CM 323-375, hubo diferencias significativas al nivel del 5% entre los dos grupos de rotación para todos los demás valores.

En el caso de Algodona hubo además una respuesta significativa y económica al fertilizante en las parcelas con fertilidad crítica y no hubo respuesta significativa en las parcelas donde se mantuvo un período de rotación suficiente (Cuadro 5). La influencia decisiva del sistema de barbecho y la respuesta diferencial hacia el fertilizante en contra de la reducción en el período de descanso del suelo, definen los requisitos para la nueva tecnología en esta zona.

Cuadro 5. Respuesta en rendimiento de la variedad de yuca Algodona a los tratamientos de fertilizantes, con relación a la duración del período de rotación, en Mondomo.

Tratamiento de fertilidad ¹	Rendimiento de raíces frescas según rotación (ton/ha)	
	Rotación adecuada	Rotación reducida
Fertilizante + Cal	11.3 a ²	7.7 a
Fertilizante	11.1 a	8.9 a
Cal	12.1 a	2.5 b
Testigo	11.0 a	4.2 b

¹ Cal=500 kg/ha; fertilizante=500 kg/ha de 10-30-10.

² Los valores dentro de columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5%.

Ensayos de Cultivos Asociados con Yuca

El cultivo de la yuca está principalmente en manos de pequeños agricultores en lugares donde la tierra generalmente es un recurso limitado y para quienes conseguir dinero en efectivo durante todo el año es una preocupación principal. Los cultivos asociados permiten intensificar el uso de la tierra y, donde se usan cultivos con diferente época de maduración, pueden ayudar a estabilizar el ingreso efectivo.

La yuca está bien adaptada al sistema de cultivos múltiples, pero dado su amplio rango ecológico, su mejor potencial para este sistema varía de acuerdo con las diferentes zonas ecológicas. Los ensayos de cultivos asociados a nivel de finca se llevaron a cabo en dos localidades y estuvieron a cargo de la sección de Prácticas Culturales; aquí se informa sobre los análisis de gastos e ingresos de estos ensayos.

Media Luna. En Media Luna el maíz es el principal cultivo asociado con yuca. (Para información sobre las condiciones ambientales y los sistemas agrícolas, ver CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual, 1979.) El maíz no tiene problemas de mercadeo, es un cultivo de ciclo corto, y aunque tiene baja productividad bajo las condiciones existentes, sembrado con la yuca suministra una renta adecuada para la inversión.

Los agricultores de la zona usan un sistema de cultivo con baja población de plantas, el cual aparentemente reduce al mínimo la competencia por luz entre el maíz alto y la yuca que es de crecimiento más lento y sensible a la sombra (Figura 1).

Usando la variedad local Secundina se inició un ensayo para comparar el sistema de los agricultores tanto en monocultivo como en cultivo intercalado, con un sistema mejorado en el cual se aumentó la densidad de plantas tanto de yuca como de maíz y se modificó el ordenamiento espacial de la yuca (Figura 1). Se agregó un tratamiento de N como un componente adicional, más que todo para beneficiar al maíz.

Al revisar los resultados en rendimientos que presenta el Cuadro 6 surgen cuatro conclusiones evidentes: a) cuando se modificó la población de plantas o el ordenamiento espacial de la yuca en monocultivo no se aumentó el rendimiento; b) bajo el sistema de los agricultores, el maíz no anuló los rendimientos de la yuca; c) la población más alta de maíz en el sistema mejorado produjo un ligero descenso en los rendimientos de la yuca, pero casi triplicó los rendimientos del maíz; d) no hubo respuesta económica al fertilizante.



Figura 1. *Arriba: Sistema intercalado de yuca y maíz, típico del agricultor de la zona de Media Luna.
Abajo: Sistema intercalado desarrollado por el CIAT.*

Según los cálculos sobre el ingreso neto, esto es, sin tener en cuenta la tierra y los costos de manejo (Cuadro 6), el sistema mejorado de cultivo intercalado sin fertilizantes fue el más rentable cuando la relación de precios yuca:maíz fue más alta (\$Col 4.00 para yuca y 5.00 para maíz); con precios bajos para la yuca, hubo un aumento sustancial en el ingreso con sólo incrementos marginales en los costos. El experimento se continuará al menos por tres años para evaluar la estabilidad de los sistemas, especialmente de aquellos sin aplicación de fertilizantes.

Caicedonia. Comparada con las condiciones agrícolas marginales de Media Luna, Caicedonia es una tierra cafetera de primera calidad en donde la yuca debe competir con cosechas de alto valor; por tal razón, en este caso se seleccionó para el estudio el frijol como cultivo intercalado de más alto valor.

La yuca pudo competir económicamente debido a los altísimos rendimientos obtenidos, al precio preferencial obtenido por la alta calidad de la variedad cultivada en la zona (generalmente más del doble de los precios en las fincas de la costa norte), y a los altos niveles de los precios para la yuca en todo el país.

Se realizaron tres cambios agronómicos básicos en los sistemas de los agricultores para los cultivos intercalados yuca-frijol. En primer lugar, se aumentaron las poblaciones de plantas para ambos cultivos (10 veces para los frijoles); en segundo lugar, se usó un herbicida preemergente en lugar de dos deshierbas manuales y se aplicó fertilizante (100-100-80 kg/ha de N - P - K);

finalmente, la siembra de la yuca colocando la estaca verticalmente en lugar de hacerlo en forma horizontal, permitió la siembra simultánea del frijol ya que de esa manera la yuca germina más rápidamente y se reduce al mínimo la competencia entre las especies.

Al igual que en Media Luna, no hubo competencia aparente en los cultivos intercalados y aún se evidenciaron algunas tendencias en cuanto al aumento en los rendimientos de yuca (Cuadro 7); no hubo respuesta aparente de la yuca al fertilizante, pero el impacto sobre el frijol es inseparable del aumento en la densidad. De nuevo, como en el caso de Media Luna, la principal ventaja del sistema mejorado estuvo en el mejoramiento de los rendimientos de los cultivos intercalados, con rendimientos cinco veces mayores para el frijol.

Un análisis simple de los gastos e ingresos reveló que los sistemas de cultivos intercalados son más aconsejables que los de monocultivo y que el sistema mejorado es muy rentable (Cuadro 7). Con todo esto, la yuca dominó en los aspectos económicos de la asociación y el frijol sólo contribuyó marginalmente a la rentabilidad total del sistema.

Los ingresos por concepto de tierra y administración en Caicedonia fueron 10 veces mayores que los ingresos por el mismo concepto en los sistemas de yuca de Media Luna. Si tales diferencias en ingresos resultan de incorporar tierras de primera calidad a la producción de yuca, éstas deberán abastecer solamente mercados preferenciales de altos precios tales como el de yuca fresca en Bogotá.

Cuadro 6. Rendimientos e ingresos netos en varios sistemas de cultivos intercalados de yuca y maíz, en Media Luna.

Sistema de cultivo y (espaciamiento) ¹	Promedios de rendimiento		Ingreso neto por hectárea según precios de yuca ²			
	Yuca (ton/ha)	Maíz (ton/ha)	(\$Col/kg)			
			1.0	2.0	3.0	4.0
Sistema de los agricultores:						
Monocultivo de yuca (1.2 x 1m)	14.3	-	1944	16,244	30,544	44,844
Yuca (1.2 x 1m)/maíz (2 x 1.2m)	15.7	0.7	5256	20,956	36,656	52,356
Sistema mejorado sin fertilizante:						
Monocultivo de yuca (1 x 1m)	15.0	-	2644	17,644	32,644	47,644
Monocultivo de yuca (1.6 x 0.6m)	14.1	-	1744	15,844	29,944	44,044
Yuca (1.6 x 0.6m)/maíz (1.6 x 0.3m)	13.9	1.9	9506	23,406	37,306	51,206
Sistema mejorado con fertilizante:						
Yuca (1.6 x 0.6m)/maíz (1.6 x 0.3m)	13.6	1.9	8661	22,261	35,861	49,461

¹ Para el caso del maíz se usaron 3 plantas/sitio en el sistema del agricultor y 2 plantas/sitio en el sistema mejorado.

² El precio del maíz se mantuvo constante en 5.00 \$Col/kg.

Cuadro 7. Rendimientos e ingresos netos en varios sistemas de cultivos intercalados de yuca y frijol, en Caicedonia.

Sistema de cultivo	Promedio de rendimientos		Ingresos y costos variables por sistema (\$Col/ha)			
	Yuca	Frijol	Ingreso bruto ¹		Costo variable	Ingreso neto
	(ton/ha)	(kg/ha)	Yuca	Frijol		
Sistema de los agricultores						
Monocultivo de yuca	31.7	-	253,600	-	(11,090)	242,510
Yuca/Frijol	37.5	210.0	300,000	6300	(14,727)	291,573
Sistema mejorado						
Monocultivo de yuca	36.0	-	288,000	-	(14,920)	273,080
Yuca/Frijol	37.4	1022.0	299,200	30,660	(20,499)	309,361

¹ Los precios de venta fueron de 8 \$Col/kg para la yuca y de 30\$Col/kg para el frijol.

Economía de la Demanda y el Mercadeo

El éxito en la difusión de la nueva tecnología de producción agrícola está necesariamente subordinado a que el aumento que se obtenga en la producción llegue a mercados lucrativos. En el pasado la yuca se ha comportado bien como cultivo destinado a la alimentación básica en muchas zonas de América Latina, pero la futura tecnología que aumente los rendimientos sólo será adoptada si la producción adicional se puede vender fácilmente en el mercado.

La yuca es un producto que se puede mercadear en varias formas diferentes, de las cuales sobresalen cinco:

- como yuca fresca para consumo humano;
- procesada para consumo humano;
- como un alimento para animales;
- como almidón industrial;
- como materia prima para la destilación de combustibles.

El conocimiento sobre el precio al cual se debe vender la yuca para competir en cada uno de los mercados no solamente indica a cuáles mercados de yuca es más probable ingresar, sino que da un estimativo del nivel de productividad que se debe alcanzar con la nueva tecnología de producción si la yuca va a competir en cada uno de estos mercados.

Estudio de un Caso en Colombia

Debido a que la política del CIAT da énfasis al aumento en la disponibilidad de productos alimenticios, se programó el presente estudio con un enfoque principal hacia el análisis de los mercados de yuca donde ésta se usa

directa o indirectamente como alimento. Para el caso se escogió la industria avícola en Colombia, considerando las tasas de crecimiento enormemente rápidas que presenta esta industria y la de alimentos concentrados relacionada con la misma; la yuca bien puede hallar un mercado importante en esta última industria como sustituto de uno o más granos alimenticios. Se considera que algunos resultados de este extenso modelo se podrían adaptar fácilmente en otros países de la región.

Para la industria de alimentos avícolas se construyó un modelo de programación lineal que suministrara una ración alimenticia de costo mínimo destinada a pollos para asar. Se asumieron dos niveles de producción mejorada de yuca, uno de los cuales era de 15 ton/ha, con una tecnología de bajo costo y adecuada para regiones con estreses moderados; el otro modelo era 24 ton/ha para las mismas regiones de producción, pero empleando niveles mayores de fertilizantes y medidas adecuadas para control de malezas. El Cuadro 8 muestra los porcentajes de reducción en los costos logrados al usar las raciones de costo mínimo y nutritivamente adecuadas, que se obtuvieron mediante sustituciones en la ración por yuca producida bajo tres niveles de tecnología.

El modelo asume que la yuca está disponible durante el tiempo del estudio a precios asociados con las tecnologías potenciales y que además se dispone de materiales alimenticios alternativos, a los precios corrientes.

Dado el alto precio del sorgo a nivel nacional (cerca del doble de los precios del mercado mundial), la yuca reemplazó completamente dicho grano en el cálculo de la ración de costo mínimo. El punto óptimo económico para

sustituir granos por yuca en el alimento de pollos para asar, se encontró en el 43% de la dieta, pero el nivel de la yuca se limitó a no más del 10 al 20%, ya que hace falta definir completamente el comportamiento de los pollos con ese nivel de yuca en su ración.

El impacto que la disminución en los precios de los alimentos concentrados tiene sobre el bienestar de los consumidores se puede investigar a través de un modelo de oferta y demanda en el sector avícola, como se calculó para este caso de estudio; los resultados se presentan en el Cuadro 8, en términos de los beneficios brutos obtenidos según los diferentes niveles de tecnología y los niveles de sustitución por yuca. La magnitud de estos beneficios en Colombia solamente, se puede comparar favorablemente con la suma total invertida en las investigaciones que se realizan en yuca.

Es además importante anotar que de acuerdo con los rendimientos promedios actuales en Colombia, los beneficios de la tecnología de bajo costo (de 15 ton/ha) alcanza casi el 75% de los obtenidos con la tecnología de

costo mayor (de 24 ton/ha), a pesar de que el aumento en rendimientos requerido para obtener 15 ton/ha es solamente 40% del implicado en lograr 24 ton/ha. Este patrón de beneficios tiende a sustentar la estrategia de investigación del Programa de Yuca del CIAT en la cual se da énfasis a la tecnología de insumos mínimos.

Los beneficios brutos indicados en este estudio se refieren solamente a los atribuibles al aumento en el consumo y a los precios más bajos de los pollos cuando la yuca sustituye otros ingredientes alimenticios; pero también resultarían otros beneficios sociales y políticos. Si por ejemplo, la yuca remplazara completamente el sorgo en las raciones para pollos, Colombia podría realizar un ahorro anual de divisas equivalente a \$US12.7 millones en promedio, considerando los precios de 1979 y el promedio de las importaciones de sorgo. Por otra parte, si se adoptara un nivel de sustitución del 20% y la tecnología de 15 ton/ha, se crearía un empleo adicional de 4.2 millones de días-hombre que serían necesarios para producir la yuca adicional requerida.

Cuadro 8. Disminución aproximada en el costo de los concentrados comerciales para aves y beneficios brutos obtenidos con la sustitución de sus componentes por yuca producida bajo tres niveles de tecnología, en un modelo industrial colombiano.

Sustitución de yuca en el concentrado (%)	Disminución en costos (%) a niveles de rendimiento de yuca de:			Beneficio bruto nal. (US\$1000) a niveles de rendimiento de yuca de:		
	12 ton/ha	15 ton/ha	24 ton/ha	12 ton/ha	15 ton/ha	24 ton/ha
10	0.4	1.3	1.9	208	658	973
20	0.7	2.6	3.8	353	1320	1941
43 ¹	1.06	5.5	8.2	808	2795	4151

¹ Punto óptimo económico para todos los niveles de tecnología.

En 1980 las actividades de la sección de Cultivo de Tejidos se concentraron en el mejoramiento y aplicación de la técnica del cultivo de meristemas, a la vez que se iniciaron trabajos en relación con otros cultivos de tejidos.

Cultivo de Meristemas de Yuca

Los trabajos sobre cultivo de meristemas se orientaron de una manera especial hacia la erradicación de enfermedades y a la conservación e intercambio internacional de germoplasma.

Mejoramiento de la Técnica del Cultivo de Meristemas

La exitosa regeneración de plantas de yuca a partir de cultivos de meristemas depende de la interacción del genotipo con la composición química del medio de cultivo (CIAT, Informe Anual 1978).

En el cultivo de meristemas, las variedades de yuca respondieron de modo diferente a la formación simultánea de retoños y raíces en un medio dado (Figura 1a). Sin embargo, la mayoría de las variedades tendieron a diferenciar retoños más consistentemente que raíces; por lo tanto, se ideó un sistema mejorado de dos fases que permite la regeneración de plantas en forma completa independientemente de la variedad; la técnica se muestra en la parte b de la Figura 1.

Con ese sistema, en cuatro o cinco semanas, cada meristema da origen a tres plántulas; de allí en adelante cada cultivo se puede multiplicar de nuevo cinco veces cada mes, mediante el cultivo de nudos; además, una vez que los retoños se han diferenciado en cultivos de retoños múltiples (CIAT, Programa de Yuca, Informe Anual, 1979), también se pueden multiplicar a través de cultivos de nudos. Más de 600 variedades de yuca se han procesado exitosamente de esta manera.

Erradicación de la Enfermedad Cuero de Sapo

Para limpiar los materiales de yuca infectados con la enfermedad cuero de sapo se ha empleado un método que consiste en cultivar ápices meristemáticos de 0.5 a 0.6 mm, provenientes de retoños de estacas que han crecido durante tres a cuatro semanas a temperaturas de 40°C en el día y 35°C en la noche.

La efectividad de la técnica se probó mediante la propagación en el campo, y por ciclos consecutivos, de estacas de plantas provenientes de meristemas. Al final del primer ciclo, en ocho de los 13 cultivares probados el 100% de las plantas estaba libre de la enfermedad y en cinco de ellos había un 82 a 90% de plantas libres; después del segundo ciclo de propagación todos los cultivares resultaron 100% libres de la enfermedad.

Utilizando la metodología del cultivo de meristemas y termoterapia para controlar la enfermedad de cuero de sapo, se inició en 1980 un trabajo de rutina para limpiar los materiales de yuca de diversa procedencia; se incluyeron tanto algunos materiales infectados con la enfermedad como otros sin infecciones aparentes y materiales coleccionados y traídos al CIAT en forma de cultivos de meristemas. Así, cerca de 300 cultivares se recuperaron por cultivos de meristemas, se sembraron en materos y se entregaron al Programa de Yuca.

Estudios en injertos. Se sabe que la enfermedad cuero de sapo se transmite en un 100% hacia abajo a través de la unión del injerto (CIAT, Informe Anual 1977); pero comprender el alcance de la transmisión ascendente también puede ser importante para los estudios sobre la traslocación y diseminación del agente causal.

Utilizando plantas libres de la enfermedad provenientes de cultivos de meristemas, y plantas enfermas, se realizaron injertos recíprocos (esquejes enfermos sobre porta-injertos sanos y viceversa) con cuatro variedades de yuca. A lo largo del esqueje de cada injerto recíproco se hicieron cortes de tallos a varias alturas, se enraizaron y se cultivaron en el invernadero.

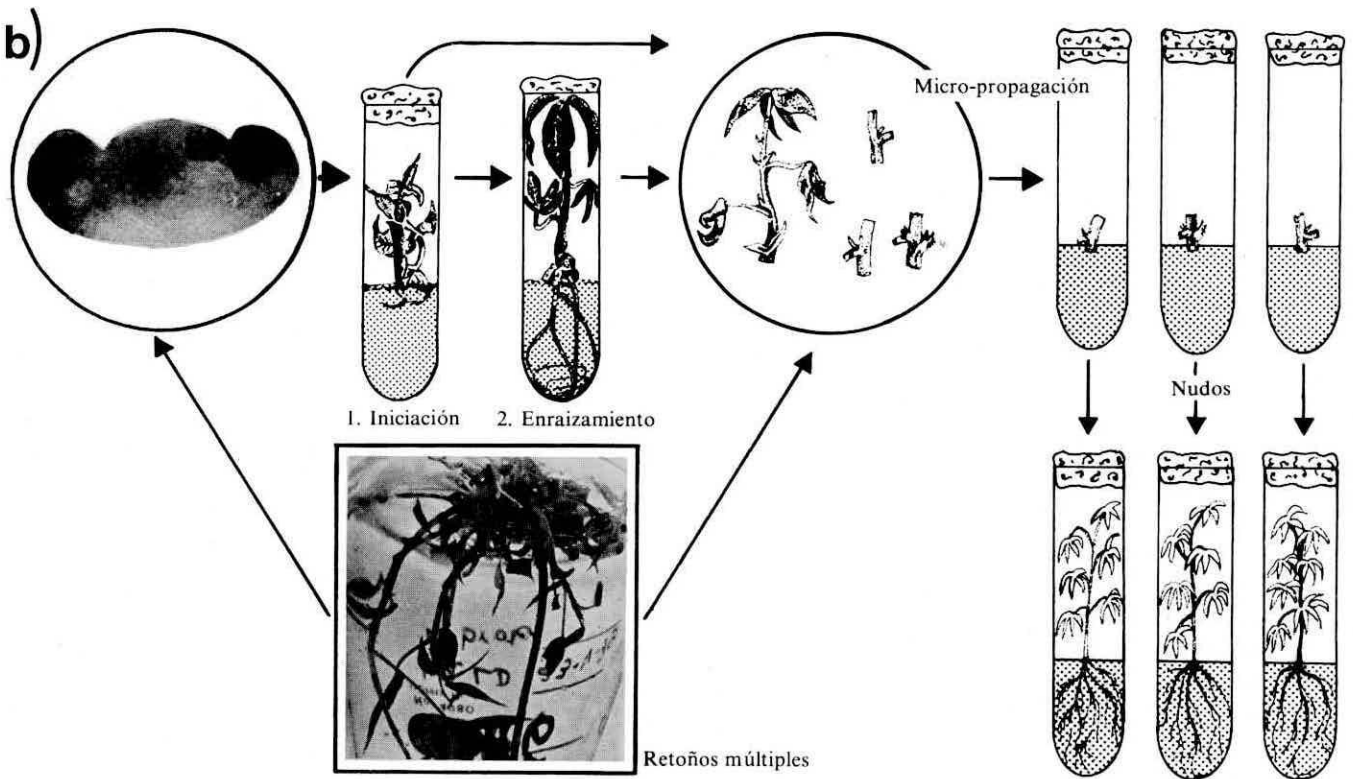
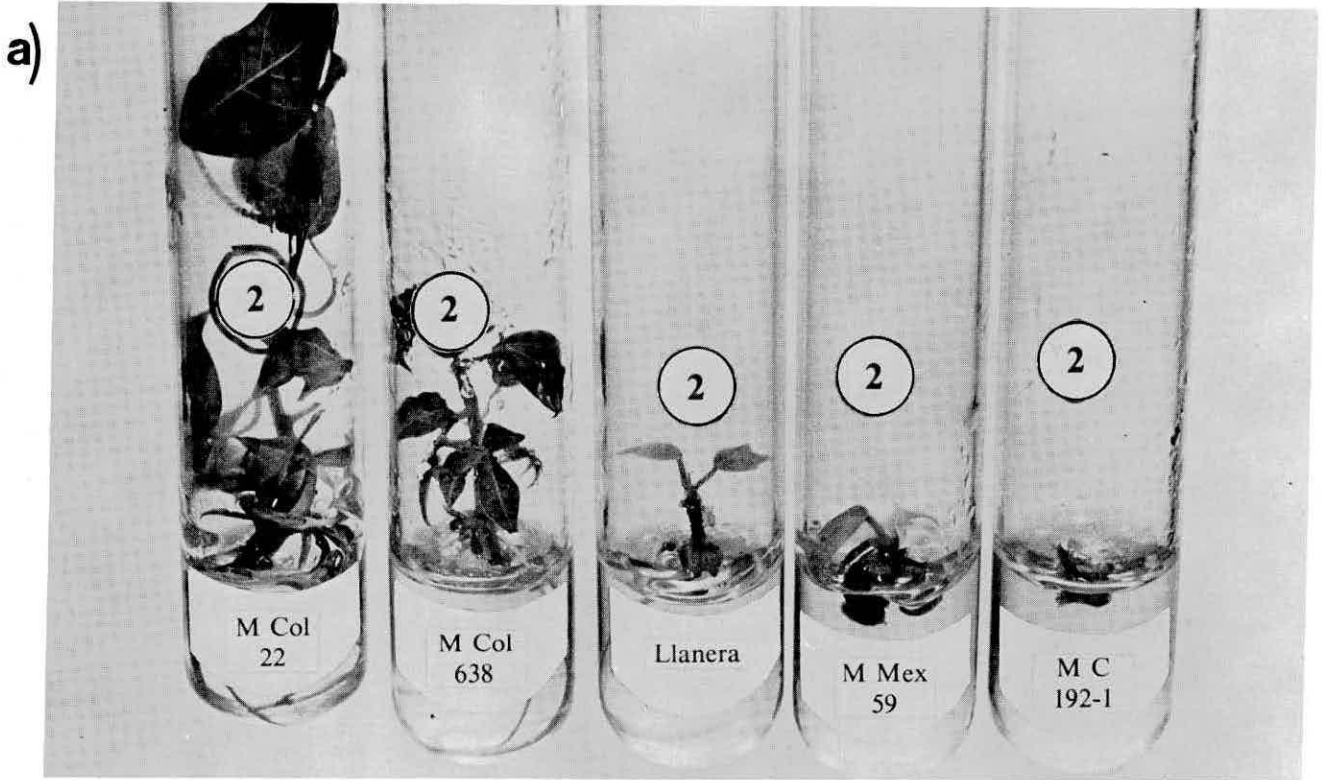


Figura 1. El desarrollo simultáneo de retoños y raíces en un solo medio está influenciado por el genotipo (a). Mediante una técnica de dos fases se pueden regenerar plantas de yuca a partir de cultivos de meristemas independientemente de la variedad (b).

Todas las raíces de los injertos normales y de los recíprocos (esquejes sanos sobre porta-injertos enfermos) mostraron síntomas de la enfermedad tres a cuatro meses después de realizado el injerto. El mayor grado relativo de síntomas y el número más grande de raíces con síntomas se observó en los esquejes del tallo más cercanos a la unión del injerto; el menor número de síntomas se observó en los esquejes procedentes de la parte superior del tallo (Cuadro 1).

Sorprendentemente, cuando el cultivar M Col 721 se usó como esqueje libre de enfermedad, no se detectaron síntomas en ninguna de las plantas procedentes de sus cortes de tallo, aun cuando los síntomas de la enfermedad estaban presentes cuando el mismo clon actuó como porta-injerto. Esto puede sugerir que hay factores estructurales que impiden la traslocación de la enfermedad hacia arriba, aunque ésta se puede mover libremente hacia abajo.

Cuadro 1. Transmisión de la enfermedad cuero de sapo a través de injertos recíprocos entre diferentes variedades de yuca.

Injerto ¹		Transmisión descendente	Transmisión ascendente		
Esqueje	Porta injerto		Posición del esqueje en el tallo ²	Síntomas relativos	Raíces con síntomas/total ³
M Col 67*	M Col 67	100%			
M Col 67	M Col 67*		1	+	2/6
			2	++	2/4
			3	+++	8/8
			4	++++	10/10
M Col 67*	M Col 33	100%			
M Col 33	M Col 67*		1	+	3/6
			2	+	4/8
			3	++	10/10
			4	+++	8/8
M Col 67*	M Col 721	100%			
M Col 721	M Col 67*		1	-	0/6
			2	-	0/5
			3	-	0/10
			4	-	0/8
M Col 329*	M Col 721	100%			
M Col 721	M Col 329*		1	-	0/6
			2	-	0/8
			3	-	0/10
			4	-	0/12

¹ El asterisco (*) señala las plantas enfermas; las otras son plantas libres de enfermedades, provenientes de cultivos de meristemas.

² Altura del corte del tallo con respecto a la unión del injerto en plantas que muestran síntomas de cuero de sapo en la raíz; 1= brote superior; 4= brote más cercano a la unión del injerto.

³ No. de raíces con síntomas/No. total de raíces con un diámetro mayor de 0.5 cm.

Conservación de Germoplasma

Se han diseñado condiciones para mantener *in vitro* materiales de yuca provenientes de meristemas, por prolongados periodos; dichas condiciones permiten disminuir al mínimo la tasa de crecimiento de los cultivos mientras se aumenta al máximo su viabilidad. El trabajo ha demostrado la importancia no sólo de la temperatura y

la iluminación del almacenamiento sino también de la composición del medio del cultivo. La tasa de crecimiento de los retoños en cultivos de meristemas se relacionó directamente con la temperatura del almacenamiento, dentro de los límites relativos de 15 a 35°C y dependiendo de los materiales. Las temperaturas inferiores a 18°C disminuyeron el crecimiento en la mayoría de las variedades, especialmente después de tres a cinco meses de exposición.

La cantidad de raíces formadas durante el almacenamiento también es importante. El enraizamiento rápido acortó el período de transferencia de los cultivos a tubos con medios frescos, debido al deterioro ocasionado por la oxidación de exudados de tipo fenólico liberados al medio por las raíces antiguas.

La temperatura baja, que retarda el crecimiento de los retoños, tendió a fomentar el enraizamiento. La alta iluminación (cerca de 4000 lux) también favoreció el enraizamiento; cuando se disminuyó la iluminación y se alteró la composición del medio de cultivo al agregar un alto nivel de citoquinina y una baja concentración de sucrosa, no sólo se retardó el enraizamiento sino que los cultivos permanecieron altamente viables, de manera que el período de transferencia se alargó a dos años por lo menos.

Por consiguiente, las condiciones determinadas para el almacenamiento *in vitro* de cultivos de yuca provenientes de meristemas son:

Temperatura: 20-22°C
Iluminación: 1000 - 1500 lux
Fotoperíodo: 12 horas
Medio de cultivo: Sales minerales de Murashige-Skoog.
Baja sucrosa
Citoquinina alta
Alta giberelina
Agar
Tipo de cultivo: Cultivos nodales y cultivos de retoños múltiples en tubos de ensayo.
Período de transferencia: Cada dos años

Con el objeto de establecer *in vitro* el banco de germoplasma de yuca del CIAT, este año se instaló un cuarto (3 m de ancho x 4 m de largo x 2.5 m de alto) con las condiciones antes citadas. El cuarto puede almacenar más de 14,000 tubos de ensayo con cultivos (Figura 2).



Figura 2. Cuarto de almacenamiento para cultivos *in vitro* provenientes de meristemas de yuca, en la unidad de Recursos Genéticos del CIAT. El cuarto, con luz y temperatura controladas, tiene capacidad para más de 14,000 tubos de ensayo.

Se están transformando rutinariamente materiales de yuca de diverso origen en cultivos de meristemas para su almacenamiento *in vitro*. Se da prioridad a los materiales libres de la enfermedad cuero de sapo, a los clones del banco de germoplasma, a líneas híbridas avanzadas, y a materiales recientemente introducidos al CIAT.

Hasta noviembre de 1980, se mantuvieron materiales por más de dos años sin volver a rellenar el medio de cultivo; otros materiales se preservaron durante 15 a 18 meses y la mayor parte de las variedades se conservaron hasta por un año. A lo largo del almacenamiento, los cultivos produjeron yemas axilares nuevas.

El número promedio de las yemas axilares por variedad se relacionó directamente con la capacidad de regeneración de la planta después de su recuperación del almacenamiento; así, ese número es una medida de la viabilidad del cultivo. En promedio, las variedades de yuca almacenadas han producido al menos tres yemas axilares durante períodos de almacenamiento de tres a 24 meses y la variabilidad de esta respuesta entre las diferentes variedades es lo suficientemente baja (0.12-0.17 C.V.) para ofrecer confianza en la aplicación de la técnica.

Es importante comprobar si las características varietales de los materiales permanecen estables durante largos períodos de almacenamiento; con este fin, cada seis y doce meses algunos cultivos de meristemas se han restaurado, propagado y trasplantado al campo para su comparación con materiales propagados por estaca. En términos del crecimiento general y de la morfología de la parte aérea y de las raíces, las plantas almacenadas *in vitro* permanecieron exactas en tipo; además, los materiales provenientes de meristemas mostraron en el campo menos variación que los materiales provenientes de estacas. Este trabajo continúa.

Intercambio Internacional de Germoplasma

Durante 1980, se enviaron 61 variedades de yuca del CIAT a ocho países como cultivos asépticos de meristemas.

Como seguimiento a un curso de adiestramiento sobre el cultivo de meristemas de yuca y en forma de ensayo, se distribuyeron 18 variedades a cinco países del sureste asiático. Los resultados preliminares mostraron que el éxito en el uso del método depende principalmente de dos factores, esto es, de las condiciones de llegada de los cultivos las cuales dependen a su vez de la distancia del

transporte, y de la eficacia con que aquellos se manejen después del arribo.

En el primer envío, que fue preparado y llevado a mano por los becarios mismos, se obtuvo un 45 a 70% de éxito en el manejo; los últimos envíos a Tailandia y Malasia se manejaron con mayor éxito (85-95%) como se pudo apreciar de la información suministrada por los becarios (Cuadro 2). Algunos cultivos presentaron a su llegada deterioro por clorosis y por oxidación fenólica, producida por la prolongada oscuridad (envíos aéreos de 25 a 30 días); sin embargo, después de un manejo apropiado dieron origen a plantas.

Otras 43 variedades de yuca enviadas a Brasil, Costa Rica y los Estados Unidos en un total de nueve despachos, llegaron en buenas condiciones cuando se llevaron a mano o después de viajes aéreos de 3 a 12 días.

Con el fin de reducir al mínimo los efectos perjudiciales de los viajes largos sobre los cultivos, se están realizando investigaciones que permitan acondicionar los materiales para soportar largos períodos de oscuridad sin daños irreversibles e implementar métodos rápidos de propagación de los materiales recuperados después de su distribución por CIAT. Se está adaptando a las condiciones del CIAT una técnica de multiplicación desarrollada en las Filipinas, la cual utiliza esquejes de una sola hoja para multiplicar rápidamente materiales a partir de unos pocos cultivos de meristemas importados (ver discusión en la sección de este informe correspondiente a Agronomía).

Debido a su condición libre de enfermedades, los cultivos de meristemas se pueden utilizar no solamente para distribuir material de yuca a otros países, sino también para enriquecer el banco de germoplasma del CIAT con nuevas introducciones. Este método de transferencia de germoplasma suministra un medio adecuado para minimizar los riesgos de diseminación que existen cuando se transportan estacas de yuca.

La transferencia a Colombia de las colecciones de yuca de Perú y Brasil, que antes no era permitida a causa de la presencia de la roya del café en dichos países, fue posible mediante arreglos que se hicieron con las autoridades de sanidad vegetal del país, aplicando la técnica de cultivos de meristemas; así, en forma de cultivos meristemáticos estériles, se introdujeron al CIAT casi 200 variedades de yuca procedentes de Perú y Brasil en diciembre de 1979 y octubre de 1980, respectivamente (Figura 3).

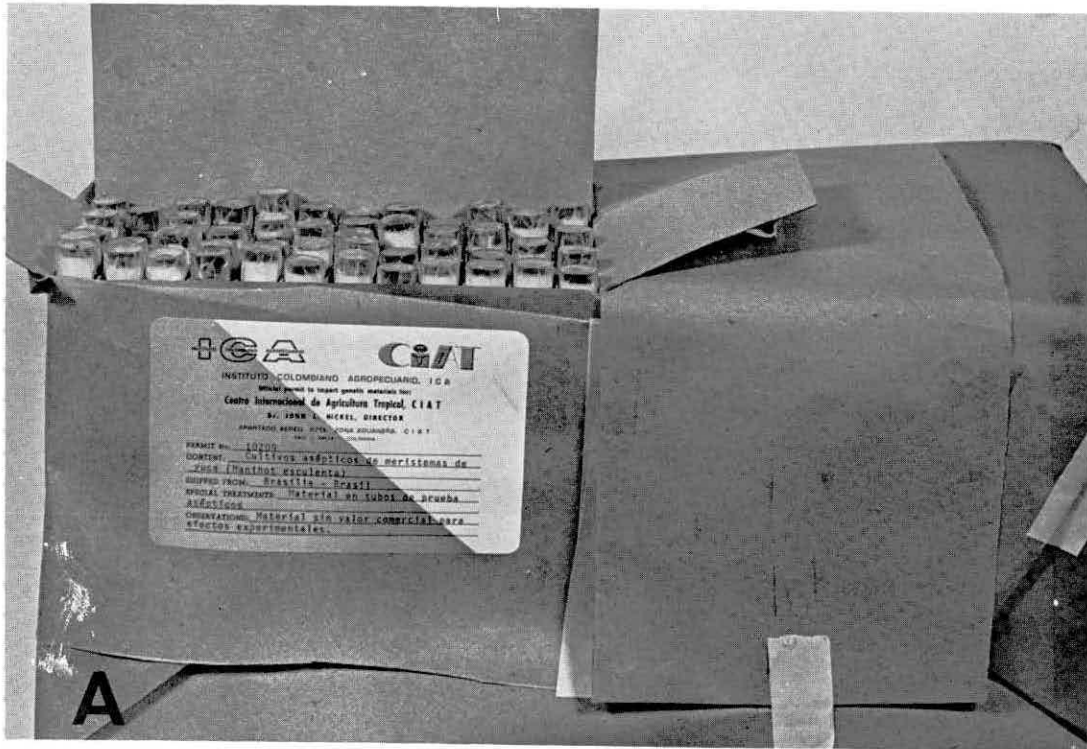


Figura 3. A. Mediante el método de cultivo de meristemas, en este sencillo paquete (45 x 25 x 22 cm) se trajeron al CIAT más de 130 variedades de yuca desde Brasil. B. En este invernadero se mantienen plantas derivadas de cultivos de meristemas procedentes de Perú, antes de ser incorporadas a la colección del CIAT.

Cuadro 2. Distribución de cultivos de meristemas de yuca desde CIAT hacia varias localidades en el sureste de Asia.

Destino	Método de envío	No. de tubos/ No. de variedades	Duración del viaje (días)	Estado del cultivo al arribo	Exito después del arribo (%) ¹	
					Recuperación	Propagación
Tailandia	1. Llevado a mano ²	16/8	10	bueno	65	75
	2. correo aéreo	8/4	30	decolorado, café	85	85
	3. llevado a mano	4/2	8	bueno	90	-
Malasia	1. Llevado a mano ²	18/9	7	bueno	70	70
	2. correo aéreo a Kew Gardens, UK	10/2	10	bueno	-	-
	de Kew Gardens a Malaysia	10/2	15	decolorado	95	-
Filipinas	1. Llevado a mano ²	8/8	8	bueno	45	80
	2. correo aéreo	4/2	25	decolorado, café	50	-
Sri Lanka	1. Llevado a mano ²	9/9	8	verde pálido	60	-
Indonesia	1. Llevado a mano ²	8/8	10	verde pálido	70	-

¹ Exito estimado de acuerdo con la información recibida de los becarios.

² Cultivos preparados y llevados por los becarios que asistieron al curso en CIAT en Noviembre de 1979.

Otros Sistemas de Cultivo de Tejidos en Yuca

Cultivos de anteras. Las microsporas, que son un producto de la meiosis, son células haploides que en condiciones adecuadas pueden llevar a cabo una función completamente nueva como es la de desarrollar tejidos y plantas en vez de gametos masculinos. El número de especies que se han sometido a la androgénesis es considerable; sin embargo, todavía no se han obtenido resultados con la yuca.

Mediante una beca de adiestramiento en el CIAT, se ha iniciado una investigación en cultivo de anteras. Hasta ahora se ha observado una fuerte influencia varietal en el desarrollo de estructuras macroscópicas (por ejemplo, formación de callos) en cultivos de anteras, como una respuesta a los factores del medio. Se están adelantando trabajos para averiguar las condiciones conducentes a la organogénesis en cultivos de callos provenientes de anteras.

Aunque las técnicas están todavía en su infancia, la incorporación de haploides en los programas específicos de mejoramiento de yuca puede ser útil, puesto que los genes en estos materiales segregan en proporciones más bien gaméticas que zigóticas; además, esos genes se podrían encadenar a la fusión somática y actuarían de

acuerdo con los esquemas del mejoramiento genético convencional. Un posible uso práctico de los haploides puede ser la producción de semillas híbridas F_1 de yuca.

Cultivos de protoplastos¹. Existe actualmente la capacidad para generar plantas a partir de células para un número limitado de especies. Esta nueva tecnología puede ayudar en la identificación, montaje, recombinación y selección de formas nuevas de variabilidad genética.

Con el apoyo de una donación de la Fundación Rockefeller al Dr. J. Shepard, los Dres. E. Shanhin y D. Bidney realizaron en la Universidad del Estado de Kansas, Kansas, U.S.A., investigaciones que comprenden el aislamiento enzimático de gran número de protoplastos o células sin sus paredes, a partir de las hojas de yuca, y la incubación de estos protoplastos en un medio de formulación compleja; los protoplastos sufren una serie de divisiones celulares para formar colonias multicelulares y tejidos no organizados de callos.

¹ Aunque esta investigación no se realizó en el CIAT, se registra en el presente informe porque se relaciona directamente con trabajos sobre el cultivo de tejidos hechos en el CIAT. El Centro colabora suministrando materiales seleccionados y a través de discusiones con los conductores de este trabajo, sobre la orientación y metodología de la investigación.

Se ha observado un desarrollo ocasional de retoños al ensayar varios medios adicionales y se adelantan trabajos para definir las condiciones adecuadas para la regeneración de plantas.

Aunque en escala limitada, el Dr. R. Litz también inició un trabajo similar en el Centro Agrícola y de Investigación de la Universidad de Florida.

Usando cultivos de callos inducidos en varios tipos de tejidos, los Dres. G.G. Henshaw y J. Stamp están trabajando con una donación del ODM Británico, en la Universidad de Birmingham, Inglaterra. Aquí se pone atención a aquellas condiciones de cultivo que favorecen el desarrollo de "nódulos" meristemáticos en la masa de callos. El trabajo posterior daría énfasis al uso de tejidos embrionarios y regímenes secuenciales de cultivos.

El CIAT ha suministrado materiales seleccionados para uso en los estudios mencionados arriba.

Conservación mediante Congelación¹

Se continúan las investigaciones en Saskatoon, Canada (Dr. K. Kartha) y Birmingham, Inglaterra (Dres. G.G. Henshaw y J. O'Hara) para almacenar meristemas de yuca en nitrógeno líquido (-196°C). En ambos laboratorios, los cultivos de meristemas sometidos a una serie de protocolos de congelación-deshielo han mostrado baja supervivencia con formación de callos; sin embargo, todavía no se ha obtenido organogénesis de las células de callos.

¹ Aunque esta investigación no se realizó en el CIAT, se registra en el presente informe porque se relaciona directamente con trabajos sobre el cultivo de tejidos hechos en el CIAT. El Centro colabora suministrando materiales seleccionados y a través de discusiones con los conductores de este trabajo, sobre la orientación y metodología de la investigación.

Adiestramiento

Las actividades de adiestramiento contribuyeron sustancialmente al progreso alcanzado con la colaboración del Programa de Yuca en actividades relacionadas con el cultivo en América Latina y Asia. Varios países de Oceanía están desarrollando vínculos más positivos con CIAT en el campo de la investigación y la transferencia de tecnología en yuca con la asistencia del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) para las islas del Pacífico Sur.

En cooperación con la oficina de Adiestramiento del CIAT, durante 1980 el Programa de Yuca adiestró en el Centro 38 profesionales de 15 países, así: Brasil y Colombia con ocho adiestrados cada uno; México, Bolivia y los Estados Unidos con tres cada uno; Tailandia, República Dominicana y África del Sur con dos cada uno; Ecuador, Haití, Honduras, Alemania Occidental, Países Bajos, Gran Bretaña e Italia, con uno cada uno. Los 21 estudiantes de los seis países de América Latina que asistieron al curso intensivo especial de adiestramiento de 1980 se incluyeron en estas cifras.

Actividades en América Latina

Los científicos del Programa de Yuca visitaron varios países de América Latina, incluyendo Brasil, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Haití, Honduras, México y Paraguay, para impulsar el desarrollo de los programas nacionales de yuca y fortalecer las actividades de cooperación; se ha dado mayor énfasis a la visita de países sin programas de yuca pero que tengan buenas posibilidades de iniciarlos.

Aunque hay varios programas nacionales de yuca, aquí se describen los casos de Cuba y Ecuador para ilustrar la forma como se ha logrado el desarrollo de tales programas.

Cuba. De particular interés fue la visita de ocho días al Centro Cubano de Investigación de Yuca (Centro de Mejoramiento de Semillas Agámicas - CEMSA) situado en Santo Domingo, provincia de Villa Clara, al comprobar el tremendo progreso que el país ha alcanzado. Antes de establecer un programa de yuca hace cuatro años, el promedio nacional de rendimiento de este cultivo en Cuba era de 9 ton/ha/año; ahora estimativos provisionales sugieren que la producción promedio en gran número de granjas estatales ha aumentado a 25 ton/ha/año en extensas áreas.

La manera como esto sucedió fue simple: tres investigadores de yuca adiestrados en CIAT validaron y adaptaron la tecnología recomendada para Cuba. Se seleccionaron dos variedades cubanas sobresalientes para ensayos bajo la tecnología de CIAT, y los resultados fueron tan buenos que los funcionarios decidieron promover los cambios en el país entero. En CEMSA se adiestraron grupos de agrónomos y agricultores de las 1900 empresas agrícolas del estado, durante sesiones de tres días.

Antes del adiestramiento, los agricultores cubanos sembraban estacas cortas, colocadas horizontalmente en el fondo de pequeños caballones y regaban intensamente. La tecnología básica que se propuso entonces incluía:

- a) buena preparación del suelo, con caballones más altos que los usados para caña de azúcar;
- b) uso de estacas de 30 cm, seleccionadas de la parte basal de plantas maduras y tratadas para reducir problemas de CBB;
- c) siembra vertical de la estaca sobre la parte superior del caballón;
- d) control oportuno de malezas
- e) reducción del riego.

La experiencia cubana refleja el hecho de que la tecnología sencilla puede hacer impacto si se transmite adecuadamente a los agricultores.

Ecuador. El Programa de Yuca del CIAT inició la cooperación con Ecuador basado en la descripción agro-económica de la yuca que hizo Luzuriaga en 1975, según la cual el rendimiento de la yuca ecuatoriana era bajo (10 ton/ha). En la Estación Experimental de Pichilingüe, cerca de Quevedo, se estableció un ensayo cooperativo internacional, sembrado con material promisorio, el cual ha completado cuatro ciclos de cultivo.

El ensayo de Pichilingüe y los sembrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en otras regiones cultivadoras de yuca, han servido para medir el rendimiento potencial del germoplasma seleccionado; usando prácticas agronómicas mejoradas, los rendimientos de los materiales promisorios han sobrepasado los de las variedades locales. Esto llevó a los directores del INIAP a iniciar un programa formal de yuca en este año, como resultado del interés de la institución y del deseo de ofrecer una fuente de carbohidratos más barata para las industrias avícola y porcina y para la producción de almidón comercial.

El Programa de Yuca del CIAT continuará asistiendo al INIAP en la organización y el desarrollo de este nuevo programa.

Taller de prácticas culturales. Se ha adelantado una gran cantidad de investigación sobre prácticas culturales para la producción de yuca en diferentes ambientes. Para consolidar la información existente en un documento que los programas nacionales de yuca puedan usar para el desarrollo de futura investigación, para la determinación de prioridades de investigación y para la transferencia de tecnología, se celebró un taller de prácticas culturales de yuca en Salvador, Brasil, en marzo 18 a 21 de 1980.

Este taller fue patrocinado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, IDRC (International Development Research Centre) y organizado por éste y por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, y el CIAT. Participaron 35 científicos de yuca de 14 países.

Adiestramiento dentro de los países. El CIAT ha asistido con adiestramiento de personal a aquellos países que tienen programas nacionales sólidos de investigación en yuca ligados a un programa de extensión bien

desarrollado, y a los que tienen el objetivo de aumentar la producción nacional de yuca. En este año se realizaron cursos intensivos cortos en México y en República Dominicana.

Durante el curso mexicano, organizado por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el CIAT, se adiestraron 11 investigadores, ocho agentes de extensión y un agricultor. En el curso en República Dominicana, organizado por el Centro Norte de Desarrollo Agropecuario (CENDA) con la cooperación del CIAT, se adiestraron un investigador y 24 agentes de extensión.

Los participantes de extensión fueron componentes importantes en ambos cursos, ya que los respectivos países comprenden que la generación de tecnología debe estar ligada de cerca a su transferencia efectiva a los agricultores, quienes son los usuarios principales. Los dos cursos se basaron en prácticas de campo.

Este tipo de adiestramiento puede resultar muy apropiado para llegar más rápidamente a una masa crítica mayor.

Actividades en Asia

Excluyendo a la República de China, el continente asiático tiene la cuarta parte de la población del mundo y 36% de la producción mundial de yuca, más que todo en Tailandia, India e Indonesia. Estos países, con Malasia, Las Filipinas y Sri Lanka, están prestando considerable atención al fortalecimiento de la capacidad de investigación en los sistemas de producción de yuca.

De las 316 personas que hasta la fecha han recibido adiestramiento en CIAT, 70 han sido asiáticos, así: 24 de Tailandia, 13 de Malasia, 12 de Indonesia, 11 de Filipinas, 5 de India, 4 de Sri Lanka y 1 de Japón.

Siete científicos de yuca del CIAT visitaron cinco países asiáticos durante 1980 para familiarizarse con los sistemas de producción de yuca y con la investigación y la extensión en Asia, así como para proponer nuevas fórmulas de acercamiento con los programas nacionales de desarrollo y participar como profesores en el primer curso de adiestramiento en Asia.

Primer curso de adiestramiento en Asia. El Primer Curso Internacional de Adiestramiento en Asia se realizó del 2 al 30 de junio en el Colegio de Agricultura del Estado

de Visayas (VISCA) en Baybay y en el Centro Regional para Estudios de Graduados en el sureste de Asia (SEARCA), Los Baños, Filipinas.

Este curso, organizado por CIAT y financiado por IDRC, contó con la participación de seis miembros del equipo de yuca del CIAT incluido el funcionario que tiene sede en Asia y con la participación de los miembros de los programas nacionales de ese continente; fue atendido por 24 profesionales de Tailandia, Filipinas e Indonesia, seis de cada país, y de Malasia y Sri Lanka, tres de cada país.

Actividades en Oceanía

Aunque Oceanía produce sólo 0.2% de la yuca del mundo, el PNUD estableció hace dos años el Proyecto de Cultivo de Raíces, con oficina principal en Apia, Samoa Occidental; el líder del proyecto recibió entrenamiento en CIAT anteriormente.

El principal interés del continente en aumentar la producción de yuca es para su uso en alimentación animal, como fuente de almidón, y para la producción de alcohol combustible; en esta región la yuca se usa sólo de modo limitado para la alimentación humana, ya que los principales productos de cultivos de raíces para el efecto son la batata, el taro y el ñame.

Dos científicos del CIAT visitaron el proyecto este año y ofrecieron ayudar con el próximo curso de adiestramiento.

Adopción de Germoplasma Seleccionado

El Cuadro I muestra las variedades e híbridos seleccionados y distribuidos por el CIAT que están actualmente o que pronto estarán en producción comercial en diferentes países. Vale la pena observar que siete líneas de híbridos del programa de Mejoramiento del CIAT se han adoptado en ocho países.

Cuadro I. Variedades e híbridos de yuca seleccionados y distribuidos por CIAT que actualmente se siembran comercialmente o se multiplican para uso comercial.¹

Países	M Col 1468	M Col 1684	M Mex 59	M Col 22	M Ven 218	M Pan 51	SMI-150	CM 309	CM 323	CM 308	CM 192	CM 407	CM 305
Brasil	*	**											
Colombia	*	*		*									
Cuba	*												
República Dominicana	*	*											
Ecuador	*	*		*									
Honduras		*	*						*				
Mexico			*			*		*					
Venezuela	*	*			*		*			*	*		
Australia			*		*		*						
Filipinas		*											
Tailandia												**	**

¹ * sembrado comercialmente; ** en multiplicación.

Publicaciones del Programa y del Personal Científico

- Asher, C.J.; Edwards, D.G.; Howeler, R.H.** 1980. *Nutritional disorders of cassava (Manihot esculenta Crantz)*. Brisbane, Australia, Universidad de Queensland, Departamento de Agricultura. 48p.
- Bellotti, A.C.; Kawano, K.** 1980. *Breeding approaches in cassava*. In Maxwell, G.F. y Jennings, P., eds. *Breeding Plants Resistant to Insects*. New York, John Wiley & Sons. pp. 314-335.
- Bellotti, A.C.; Reyes, J.A.** 1980. *Progress in microbial control. South and Central America, 1975-1980*. In Workshop of Meat Pests Management. Proceedings. Yonkers, N.Y., Boyce Thompson Institute for Plant Research. pp. 20-21.
- Bellotti, A.C.; Vargas, O.; Peña, J.; Arias, B.** 1980. *Yield losses in cassava due to insects and mites*. In International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, 5o., Manila, Filipinas, 1979. Proceedings. Manila. 22p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical.** 1980. *El control de Erinnyis ello (L.) el gusano cachón de la yuca*. Guía de estudio para una unidad audiotutorial. Cali, Colombia. 24p. Serie 04SC-04.01.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical.** 1980. *El cultivo de meristemas de yuca*. Guía de estudio para una unidad audiotutorial. Cali, Colombia. 40p. Serie 04SC-02.02.
- Gómez, J. de C.; Howeler, R.H.** 1980. *Cassava production in low fertility soils*. In Weber, E.J.; Toro M. J.C.; Graham, M., eds. *Workshop on Cassava Cultural Practices*, Salvador-BA, Brasil, 1980. Proceedings. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre. pp. 93-102, 138-152. Serie IDRC-151e.
- Gómez, G.; Cuesta, D. de la; Valdivieso, M.; Kawano, K.** 1980. *Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca*. Turrialba 30:361-365.
- Howeler, R.H.** 1980. *Efecto de la inoculación con micorrizas sobre la nutrición fosfórica de la yuca*. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 26p. Serie SE-3-80.
- Howeler, R.H.** 1980. *Desórdenes nutricionales*. In Schwartz, H.G. y Gálvez, G.E., eds. *Problemas de Producción del Frijol*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 341-362.
- Howeler, R.H.** 1980. *Soil-related cultural practices for cassava*. In Weber, E.J., Toro M., J.C. y Graham, M., eds. *Workshop on Cassava Cultural Practices*, Salvador-BA, Brasil, 1980. Proceedings. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre. pp. 56-69, 138-152. Serie IDRC-151e.
- Leihner, D.** 1980. *Cultural control of weeds in cassava*. In Weber, E.J., Toro M., J.C. y Graham, M., eds. *Workshop on Cassava Cultural Practices*, Salvador-BA, Brasil, 1980. Proceedings. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre. pp. 107-111, 138-152. Serie IDRC-151e.
- Leihner, D.** 1980. *A minimum input technology for cassava production*. 1980. *Zeitschrift für acker-und pflanzenbau* 149:261-270.
- Lizarraga, E.R.; Salazar, L.F.; Roca, W.M.; Schilder-Rentscheler, L.** 1980. *Elimination of potato spindle tuber viroid by low temperature and meristem culture*. *Phytopathology* 70(8):754-755.
- Lozano, J.C.; Byrne, D.; Bellotti, A.** 1980. *Cassava/ecosystem relationships and their influence on breeding strategy*. *Tropical Pest Management* 26(2):180-187.

Roca, W.M. 1980. *El cultivo de meristemas: su potencial en conservación de recursos genéticos, en intercambio y propagación de germoplasma*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 29p. Trabajo presentado en el Curso de Recursos Genéticos, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Roca, W.M.; Rodríguez, A.; Pateña, L.F.; Barba, R.C.; Toro M., J.C. 1980. *Mejoramiento de una técnica de propagación para la yuca que utiliza esquejes con una sola hoja y yema: informe preliminar*. Yuca Boletín Informativo No. 8:4-5.

Sales A., A.M.; Leihner, D.E. 1980. *Influence of period and conditions of storage on growth and yield of cassava*. In Weber, E.J., Toro M., J.C. y Graham, M., eds. Workshop on Cassava Cultural Practices, Salvador-BA, Brasil, 1980. Proceedings. Ottawa,

Canadá, International Development Research Centre. pp. 33-37, 138-152. Serie IDRC-151e.

Toro M., J.C.; Atlee, C.B. 1980. *Agronomic practices for cassava production: a literature review*. In Weber, E.J., Toro M., J.C. y Graham, M., eds. Workshop on Cassava Cultural Practices, Salvador-BA, Brasil, 1980. Proceedings. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre. pp. 13-28, 138-152. Serie IDRC-151e.

Toro M., J.C.; Cock, J.G. 1980. *Recomendaciones sobre el cultivo de la yuca para alcohol carburante en Colombia*. In Brekelbaum, T., Toro M., J.C. e Izquierdo, B.V., eds. Simposio Colombiano sobre el Alcohol Carburante, 1o., Cali, Colombia, 1980. Memorias. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 35-43.

Personal

(al 31 de diciembre de 1980)

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

Científicos principales

- James H. Cock, PhD, Fisiólogo, Coordinador
Anthony C. Bellotti, PhD, Entomólogo
* Abelardo Castro, PhD, Agrónomo
Guillermo G. Gómez, PhD, Nutricionista/
Bioquímico
Clair Hershey, PhD, Fitomejorador
Reinhardt Howeler, PhD, Edafólogo
Kazuo Kawano, PhD, Fitomejorador
Dietrich Leihner, DAg., Agrónomo
J. Carlos Lozano, PhD, Patólogo
John K. Lynam, PhD, Economista Agrícola
* Romeo Obordo, PhD, Coordinador Regional para
Asia (sede en SEARCA, Los Baños, Filipinas)
Julio César Toro, PhD, Agrónomo

Científicos visitantes

- * David Connor, PhD, Fisiólogo
Jesús A. Reyes, MS, Entomólogo
Mabrouk El Sharkawy, PhD, Fisiólogo

Especialista visitante

Edwald Sieverding, PhD, Edafólogo

Científicos posdoctorales

- * Bodo Hegewald, PhD, Cultivo Intercalado de Yuca
Douglas Pachico, PhD, Economía

Asociados de investigación visitantes

- Benhard Löhr, MS, Entomología
Jan Margaret Salick, MS, Entomología
Hendrick Veltkamp, MS, Fisiología
* Christopher Wheatley, MS, Fitopatología
Robert Zeigler, MS, Fitopatología

Asociados de investigación

- Alvaro Amaya, MS, Germoplasma
Rafael Orlando Díaz, MS, Economía
** Carlos Domínguez, MS, Adiestramiento
Rafael Alberto Laberry, MS, Fitopatología
Benjamín Pinedo, MS, Fitopatología
Jorge Santos, MS, Utilización
Octavio Vargas, MS, Entomología

Asistentes de investigación

- Bernardo Arias, Ing. Agr., Entomología
Eitel Adolfo Burckhard, Biólogo, Suelos
Luis Fernando Cadavid, Ing. Agr., Suelos
Fernando Calle, Ing. Agr., Suelos (Carimagua)
Ernesto Celis, Ing. Agr., Agronomía
Carolina Correa, Economista, Economía
Julio Eduardo Holguín, Ing. Agr., Agronomía (ICA-Caribia)
Julián Hernández, Ing. Agr., Suelos (Carimagua)
Diego Izquierdo, Economista, Economía
Gustavo Jaramillo, Ing. Agr., Agronomía
Lucy Kadoch, Bióloga, Fisiología
Pedro Millán, Ing. Agr., Germoplasma
Javier López, Ing. Agr., Prácticas Culturales
* Sara Mejía, Ing. Agr., Fisiología
Pedro Millán, Ing. Agr., Germoplasma
Germán E. Parra, Ing. Agr., Fisiología
Edgar Salazar, Ing. Agr., Suelos (Carimagua)
Ana Milena Varela, Bióloga, Entomología
Mauricio Valdivieso, Zootecnista, Utilización
Ana Cecilia Velasco, Lab. Cl., Fitopatología

* Se retiró en 1980

** En el Programa de Adiestramiento

