CIAT

02S1C-78
Octubre 1979

CIAT
COLECCION HISTORICA

Programa de Yuca

Informe de 1978

Esta publicación es una separata de la sección del Programa de Yuca, Informe Anual del CIAT 1978

CIAT
BIBLIOTECA 47482
23 ENE. 1980

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia S.A.

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS

PERSONAL DEL PROGRAMA DE YUCA

Oficina del Director General

Científicos Principales
John L. Nickel, *PhD, Director General*
Alexander Grobman, *PhD, Director General Asociado, Cooperación Internacional*
*Kenneth O. Rachie, *PhD, Director General Asociado, Investigación*

Personal Asociado
Cecilia Acosta, *Asistente Administrativa*

Programa de Yuca

Científicos Principales
James H. Cock, *PhD, Fisiólogo (Coordinador)*
Anthony C. Bellotti, *PhD, Entomólogo (asignado en Cruz das Almas, Brasil)*
Abelardo Castro, *PhD, Agrónomo*
Reinhardt Howeler, *PhD, Edafólogo (en licencia de estudio)*
Kazuo Kawano, *PhD, Fitomejorador*
Dietrich Leihner, *DAgr, Agrónomo*
J. Carlos Lozano, *PhD, Fitopatólogo*
John K. Lynam, *PhD, Economista Agrícola*
Romeo R. Obordo, *PhD, Coordinador Regional en Asia (con sede en SEARCA, Los Baños, Filipinas)*
Julio César Toro, *PhD, Agrónomo*

Científico Visitante
Yoshiki Umemura, *PhD, Fitopatólogo*

Científico Posdoctoral
Clair Hershey, *PhD, Fitomejoramiento*

Especialista Visitante
Jesús Antonio Reyes, *MS, Entomología*

Investigadores Asociados
*Jairo Castaño, *MS, Fitopatología*
Rafael Orlando Díaz, *MS, Economía Agrícola*
**Carlos Domínguez, *MS, Adiestramiento*
Octavio Vargas, *MS, Entomología*

Investigadores Asociados Visitantes
David Byrne, *MS, Entomología*
Fritz Elango, *MS, Fitopatología*
Rafael Laberry, *MS, Fitopatología*
Bernhard Lohr, *MS, Entomología*
Peter Jan Strobosch, *MS, Sociología Rural*
Hendrick Jan Veltkamp, *MS, Fisiología*

Investigadores Asistentes
*Nancy Acosta, *Ing. Agr., Agronomía*
Bernardo Arias, *Ing. Agr., Entomología*
Eitel Adolfo Buckhardt, *Biólogo, Edafología*
Fernando Calle Calle, *Ing. Agr., Edafología (asignado en Carimagua, Colombia)*
Ernesto Celis, *Ing. Agr., Agronomía*
Julio Eduardo Holguín, *Ing. Agr., Agronomía*
Gustavo Jaramillo, *Ing. Agr., Agronomía*
Javier López, *Ing. Agr., Prácticas culturales*
*Carlos Medina, *Ing. Agr., Edafología*
Sara Mejía, *Ing. Agr., Fisiología*
Germán E. Parra, *Ing. Agr., Fisiología*
Edgar Salazar, *Ing. Agr., Edafología (asignado en Carimagua, Colombia)*
Ana Milena Varela, *Ing. Agr., Bióloga*
*Uldarico Varón, *Ing. Agr., Economía Agrícola*
Ana Cecilia Velasco, *Tec. Med., Fitopatología*

---

* Se retiró en 1978

** Pertenece a la Unidad de Adiestramiento y Conferencias

CONTENIDO

INTRODUCCION	**A-1**
FISIOLOGIA	**A-3**
Patrón de Ramificación de la Yuca	A-3
Vida Foliar	A-5
Respuesta a los Fertilizantes	A-6
Cultivos Múltiples	A-9
Crecimiento Temprano	A-13
ENTOMOLOGIA	**A-13**
Gusano Cachón de la Yuca	A-14
Comejenes	A-18
Moscas Blancas	A-19
Piojos Harinosos y Escamas	A-20
Escama Negra	A-20
Chinches de Encaje	A-20
Acaros	A-23
La Mosca de la Fruta	A-23
Resistencia Múltiple	A-24
FITOPATOLOGIA	**A-25**
Resistencia de Tipo Amplio	A-25
Añublo Bacterial de la Yuca	A-29
Enfermedad del Superalargamiento	A-31
Cuero de Sapo	A-31
Otras Enfermedades de la Yuca	A-33
Pudrición Radical	A-33
Protección del Material Vegetativo de Siembra	A-33
Influencia del Ecosistema sobre Producción de Estacas para Siembra	A-37
MEJORAMIENTO VARIETAL	**A-39**
Rendimiento y Adaptación	A-41
Líneas Promisorias	A-41
Resistencia Genética al CBB y al Superalargamiento	A-42
Selección por Resistencia al CBB y al Superalargamiento	A-47
Comportamiento Genético de la Resistencia al CBB y al Superalargamiento	A-49
Selección de Campo de Plántulas por su Resistencia a Enfermedades	A-51

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS

AGRONOMIA A-54
PRUEBAS REGIONALES A-54
Pruebas Regionales Establecidas en Colombia A-54
Pruebas Regionales Establecidas Fuera de Colombia A-60
PRACTICAS CULTURALES A-61
Manejo de Material de Siembra A-61
Ordenamientos Espaciales A-63
Ensayos de Fertilidad a Largo Plazo A-63
Diseño de Siembra Trapezoidal A-65
Control de Malezas A-66
Cultivos Múltiples A-74
Cosecha Mecánica A-78
SUELOS Y NUTRICION DE LA PLANTA A-83
Selección en Soluciones Nutritivas A-84
Selección de Campo A-84
Requerimientos Externos de Fósforo A-85
Interacciones Cal/Fósforo A-85
Interacciones Nitrógeno/Potasio A-87
Interacciones Fósforo/Potasio A-89
Cultivos de Cobertura con Yuca A-91
Ensayos de Máximo Rendimiento A-93
ECONOMIA A-94
Ensayos a Nivel de Finca A-94
Sistemas Existentes A-95
Tecnología Evaluada A-97
Productividad y Rentabilidad de la Nueva Tecnología A-98
Limitantes del Rendimiento A-100
Limitantes del Mercado A-102
Implicaciones en la Investigación A-103
Análisis Económico de los Sistemas Intercalados Yuca/Fríjol A-105
COOPERACION INTERNACIONAL A-107
América Latina A-108
Actividades de Adiestramiento A-109
Sureste de Asia A-110

Programa de Yuca

El Programa de Yuca tiene tres objetivos básicos: 1) desarrollar una tecnología sencilla para aumentar la producción en áreas en donde actualmente se cultiva yuca; 2) desarrollar una tecnología para producir yuca en suelos ácidos e infértiles; y 3) dar asistencia a las instituciones nacionales en sus esfuerzos para adaptar esta tecnología a las condiciones locales y así, aumentar la producción de yuca.

El primero de estos objetivos se está logrando rápidamente. Es así como en la costa norte de Colombia, una zona representativa de una gran proporción de las áreas yuqueras del mundo, el paquete tecnológico desarrollado por el CIAT ha sido probado por los agricultores. El uso de un paquete tecnológico constituido por variedades mejoradas, la selección y tratamiento de las estacas, una óptima población de plantas y un buen control de malezas, triplicó los rendimientos. Es importante anotar que tal logro se alcanzó sin el uso de insumos adquiridos en el mercado, con excepción del tratamiento de las estacas, el cual tiene un costo muy bajo (US$3/ha). A pesar de que los rendimientos aumentaron en forma espectacular, se presentaron algunos problemas de mercadeo a causa del bajo contenido del almidón de las líneas seleccionadas por el CIAT. Esta situación condujo a que los esfuerzos investigativos del Programa se concentraran en métodos para aumentar el contenido de almidón, principalmente mediante la selección de líneas con mayores contenidos de esta sustancia.

La tecnología aplicable a los suelos ácidos e infértiles aún no está tan avanzada a causa de los serios problemas que se han presentado con enfermedades en estas áreas. La investigación en este campo ha aumentado; en parcelas experimentales se ha logrado obtener rendimientos consistentes de más de 30 ton/ha. Sin embargo, aún falta resolver problemas, particularmente los relacionados con la producción de grandes cantidades de material de siembra de alta calidad y la disponibilidad de materiales con mayor resistencia a las enfermedades.

La medida del éxito en lo que respecta a la transferencia de tecnología es siempre difícil de definir; sin embargo, se han logrado progresos. Las semillas producidas por el CIAT se han sembrado en varios países y las líneas seleccionadas se están cultivando actualmente en ensayos avanzados de rendimiento. Se han establecido pruebas internacionales de rendimiento en más de 10 países y en Asia se ha multiplicado material a fin de iniciar

ensayos en el Sureste Asiático a principios del próximo año.

El contacto permanente que se ha mantenido con los muchos becarios que han recibido adiestramiento en el CIAT indica que, entre las instituciones nacionales, hay un interés creciente en el cultivo de la yuca y que, como consecuencia de la colaboración con el CIAT y de la diseminación de tecnología desarrollada por este Centro, el logro de una mayor producción de yuca, en algunos países, será pronto una realidad.

FISIOLOGIA

La Sección de Fisiología continuó la evaluación de caracteres asociados con el alto potencial de rendimiento de la yuca. En 1978, los esfuerzos se concentraron en la determinación de las características de la ramificación de diferentes clones, en la forma cómo las diferentes condiciones de crecimiento afectan los hábitos de ramificación y en la obtención de una base más firme para recomendar la longevidad foliar para obtener rendimientos más altos.

Los estudios de fisiología hechos en años anteriores se orientaron hacia la determinación del tipo ideal de planta de yuca para condiciones casi ideales, incluyendo la producción en monocultivo. Sin embargo, gran parte de la producción mundial de yuca se obtiene en suelos pobres, con poca fertilización y en sistemas de cultivos múltiples. Se intensificó la investigación para observar la respuesta de la yuca a diferentes niveles de fertilidad y para definir el tipo de planta requerido para la siembra en sistemas de cultivos múltiples.

Patrón de Ramificación de la Yuca

La forma predominante de ramificación de la yuca se presenta cuando el ápice principal produce una inflorescencia. Aparentemente, cuando ocurre este fenómeno, se rompe la dominancia apical y los 2-6 ápices axilares colocados inmediatamente debajo del ápice principal se desarrollan en ramas que tienen un tamaño muy semejante (Figura 1). El número más común de ramas, en cada punto de ramificación, es 2 ó 3 pero algunos clones producen 4.

Figura 1. Planta madura de yuca que presenta un patrón típico de ramificación.

Se ha demostrado que el cambio en el hábito de ramificación puede afectar los rendimientos en forma marcada y que existen óptimos patrones de ramificación para obtener rendimientos altos (Informes Anuales del CIAT, 1975, 1976 y 1977). En consecuencia, es importante determinar la variabilidad genética en el hábito de ramificación y la forma en la que las condiciones ecológicas afectan el hábito de ramificación de la yuca. El tiempo de formación de la primera rama, bajo las condiciones del CIAT en Palmira, dependió de la variedad (Figura 2). La variedad M Col 72 no ramificó en el ensayo de un año de duración, en tanto que M Mex 59 ramificó primero aproximadamente a los 60 días después de la siembra. El intervalo

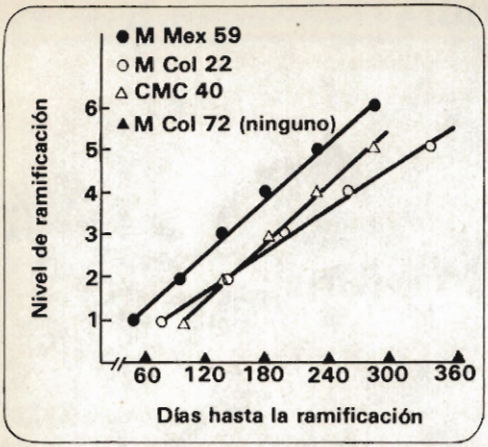

Figura 2. Tiempo hasta la ramificación de cuatro variedades de yuca, en el CIAT.

de tiempo entre la formación de ramas fue constante para una determinada variedad, pero varió entre variedades (Figura 2). Este intervalo de tiempo constante entre los puntos de ramificación es importante para determinar el tipo ideal de planta; por ejemplo, con base en estos datos, sería imposible obtener una variedad que ramificara solamente a las 20 y 30 semanas y luego se detuviera. En estudios posteriores con un modelo de simulación computadorizado y empleando un intervalo de ramificación constante, se determinó que se pueden obtener óptimos niveles de rendimiento con tipos que ramifiquen a las 30 semanas o a las 30 y 45 semanas.

La variedad M Col 113 tiende a producir cuatro ramas en cada punto de ramificación. El intervalo de tiempo entre los puntos de ramificación tendió a aumentar en los niveles de ramas más altos. Cuando el número de ramas en cada punto de ramificación se limitó a uno, se mantuvo el intervalo de tiempo constante (Figura 3). Este resultado indica que, cuando la ramificación es profusa, hay algún tipo de mecanismo interno de competencia que retarda la ramificación en los niveles más altos.

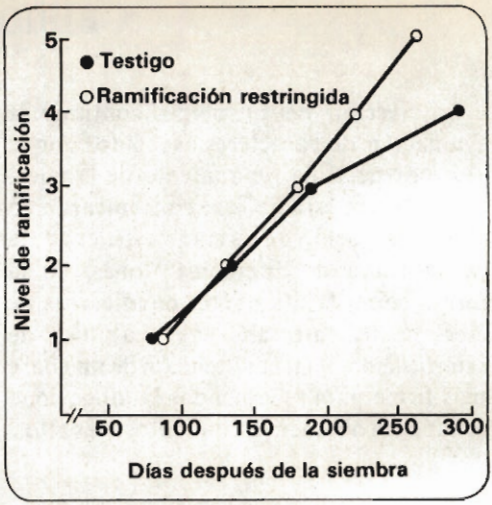

Figura 3. Efectos de la restricción del número de ramas, en cada punto de ramificación, sobre el tiempo requerido para la ramificación en la variedad M Col 113.

Bajo condiciones de temperaturas más bajas, la ramificación en M Col 22 se retardó y el intervalo de tiempo entre la producción de ramas aumentó (Figura 4). Por lo tanto, en lo que respecta al hábito de

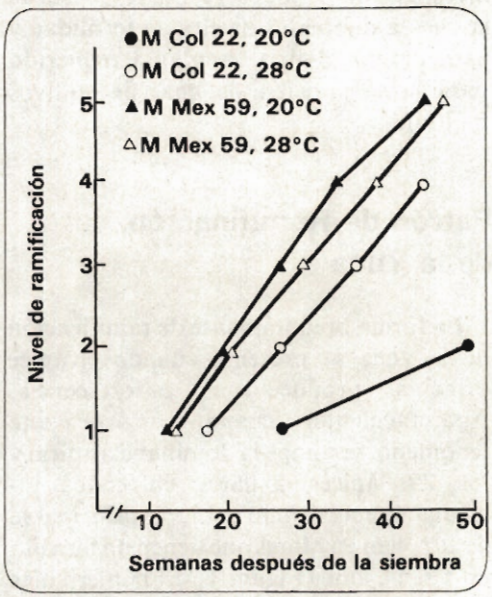

Figura 4. Efectos de la temperatura media del aire sobre el tiempo requerido para la ramificación, en dos cultivares de yuca.

ramificación, es posible seleccionar variedades que sean insensibles a un amplio rango de temperatura.

En CIAT-Quilichao se sembraron tres variedades con niveles de fertilidad bajos, mèdios y altos. El nivel de fertilidad afectó muy poco el tiempo hasta la primera ramificación y el intervalo de tiempo entre la producción de ramas. Sin embargo, a niveles de fertilidad bajos, las plantas produjeron un menor número de ramas por punto de ramificación y el porcentaje de plantas que ramificaron en los puntos más altos se redujo marcadamente o en algunos casos, no se formaron ramas en los estratos altos. El efecto neto de la fertilidad sobre el número de ápices activos por planta fue diferente para cada variedad (Figura 5). La variedad M Col 22 no respondió al cambio en los niveles de fertilidad, en tanto que CMC 40 respondió ligeramente. Sin embargo, con M Mex 59 el número final de ápices activos por planta fue cuatro veces mayor a niveles altos de fertilidad en comparación con los niveles bajos.

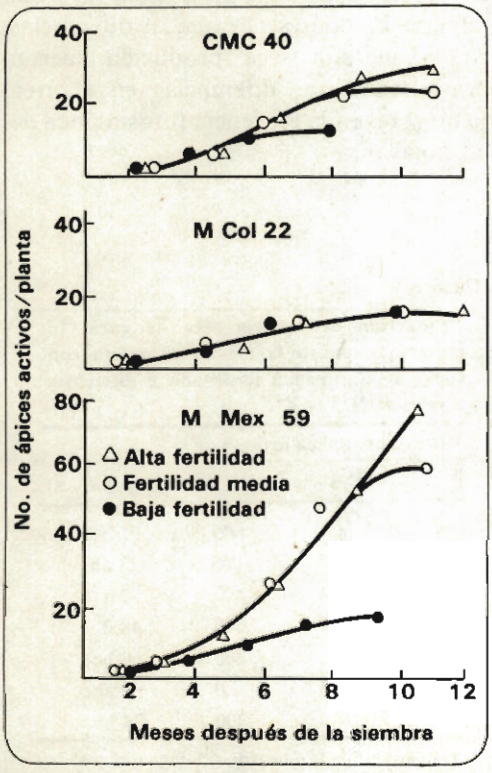

Figura 5. Efectos de tres niveles de fertilidad sobre el número de ápices activos por planta, en tres variedades de yuca.

Vida Foliar

El año pasado se indicó que una vida foliar larga era ventajosa para la obtención de altos rendimientos y se presentaron resultados acerca de los efectos del cambio en la vida foliar sobre el rendimiento, hasta los 9 meses después de la siembra (Informe Anual del CIAT, 1977). Los datos de cosecha de un año indican que el rendimiento aumenta con la vida foliar hasta los 90-100 días (Figura 6). También indican que, al aumentar la vida foliar de 50 a 100 días, se pueden esperar aumentos en el rendimiento de aproximadamente un 25 por ciento. La tasa fotosintética de hojas viejas sólo fue ligeramente inferior que la de hojas más jóvenes, hasta edades foliares de 90-100 días (Figura 7), lo cual sugiere

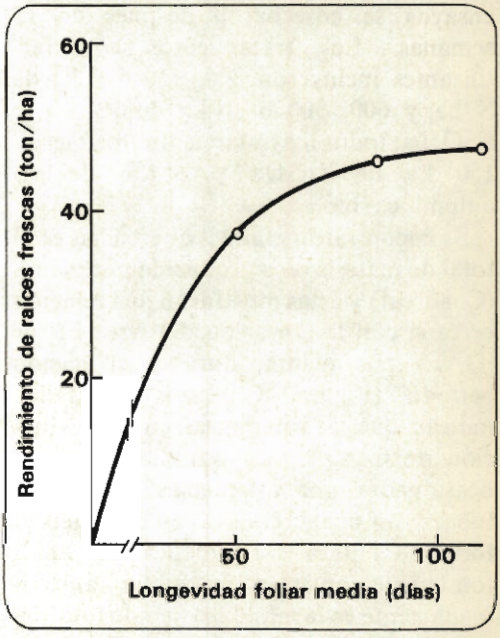

Figura 6. Efectos de la longevidad foliar sobre el rendimiento de la variedad de yuca M Col 72.

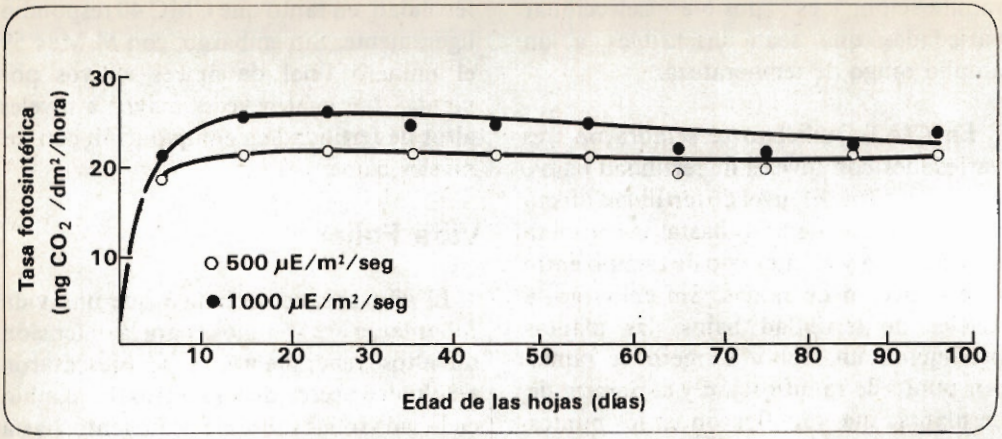

Figura 7. Tasa fotosintética de hojas de yuca de la veriedad M Col 72, bajo dos niveles de luz.

que las hojas más viejas continúan haciendo contribuciones muy útiles a la fotosíntensis total de la cubierta foliar del cultivo.

Respuesta a los Fertilizantes

La variedad M Col 22 se cultivó en materos con suelo de Carimagua a niveles de fertilidad altos, medios y bajos. Los ensayos se cosecharon después de 13 semanas. Los tratamientos con fertilizantes incluyeron 300, 150 ó 0 kg de N/ha y 600, 300 ó 0 kg de P_2O_5 y K_2O/ha; todos los tratamientos recibieron 150 kg de $ZnSO_4$ y 2 ton de cal dolomítica/ha.

Se encontraron grandes diferencias en el total de materia seca producida por planta (Cuadro 1) y éstas mostraron una relación cercana con la Duración del Area Foliar (DAF) por planta, durante el mismo período (Figura 8). Estos resultados indican que las diferencias en la producción de materia seca por planta fueron ocasionadas por diferencias en el área foliar y no por diferencias en la eficiencia foliar. La tasa fotosintética de hojas totalmente abiertas se midió aproximadamente en la mitad del tiempo total del experimento(5 semanas). Los bajos niveles de K redujeron muy poco la tasa fotosintética, pero los bajos niveles de N y de P la redujeron en aproximadamente un 20 por ciento (Figura 9). Esta disminución fue baja en comparación con la reducción en la materia seca producida, lo cual refuerza la hipótesis de que las diferencias en la materia seca producida fueron ocasionadas por diferencias en el área foliar y no en la eficiencia fotosintética de las hojas.

Cuadro 1.

Producción de materia seca de yuca, 13 semanas después de la siembra, en materos con suelo de Carimagua fertilizado a diferentes niveles de N, P y K[1].

Fertilizante aplicado (kg/ha)			Materia seca
N	P_2O_5	K_2O	(g/planta)
0	600	600	67 bc[2]
150	600	600	73 ab
300	600	600	82 a
300	0	600	48 d
300	300	600	68 bc
300	600	0	70 abc
300	600	300	74 ab

1 Peso seco de la estaca de siembra, aproximadamente 20 g.
2 Los valores seguidos por las mismas letras no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

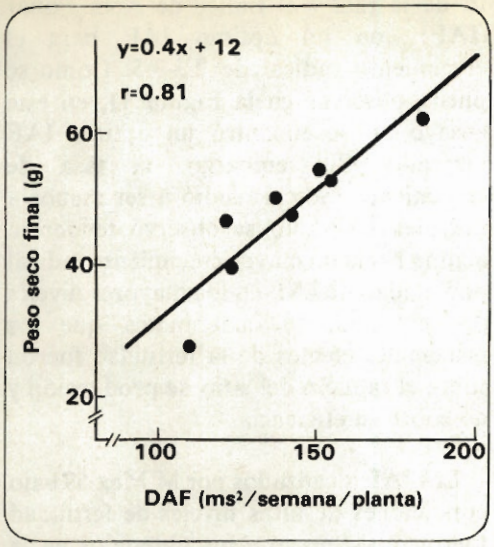

Figura 8. Peso seco de plantas de yuca de la variedad M Col 22, de 13 semanas de edad, cultivadas en materos, con relación a la duración del área foliar (DAF). (La estaca de siembra de 20 cm tuvo un peso inicial de 15 g.)

Las diferencias en el área foliar por planta fueron ocasionadas principalmente por diferencias en el tamaño de las hojas. La tasa de formación de hojas sólo disminuyó ligeramente como consecuencia de los bajos niveles de N, P y K; el K ejerció el efecto más leve sobre la tasa de formación de hojas.

En la estación CIAT-Quilichao se sembraron las variedades M Col 22, CMC 40 y M Mex 59 (no vigorosa, medianamente vigorosa y muy vigorosa, respectivamente) en parcelas con niveles de fertilidad bajos, medios y altos. Las dósis de aplicación de los tres elementos básicos fueron iguales a las indicadas anteriormente en los ensayos en materos. Además, las parcelas recibieron 1.5 y 0.5 ton/ha de cal cálcica y dolomítica, respectivamente, y las estacas se trataron con $ZnSO_4$ antes de la siembra.

En la cosecha final, hecha 12 meses después de la siembra, no se observaron diferencias significativas entre las variedades ni entre las interacciones variedad x tratamiento sobre el rendi-

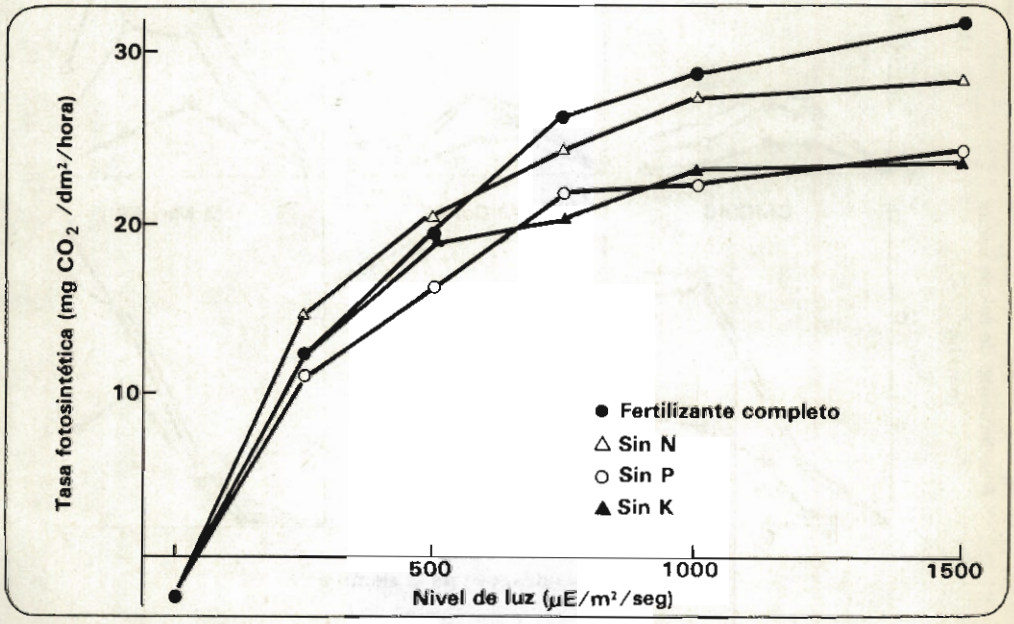

Figura 9. Tasa fotosintética de hojas individuales de la variedad de yuca M Col 22, cultivada bajo diferentes niveles de fertilización.

miento Los rendimientos fueron significativamente mayores a los niveles de fertilidad alto y medio — 13.5 y 11.9 ton/ha de raíces secas, respectivamente — en comparación con el nivel bajo (5.4 ton/ha de raíces secas). En las cosechas efectuadas a los seis y nueve meses se observó una interacción significativa (P= .05) en la interacción variedad x tratamiento. Las variedades M Col 22 y CMC 40 se aproximaron a sus máximos rendimientos en todos los niveles de fertilidad a los nueve meses después de la siembra (Figura 10), en tanto que en los niveles alto y medio el rendimiento de M Mex 59 aumentó considerablemente entre los 9 y 12 meses. Bajo estas condiciones, M Col 22 y CMC 40 se pueden considerar como variedades tempranas.

En el pasado, se había encontrado una relación cercana entre la tasa de crecimiento de la raíz y el Indice de Area Foliar (IAF) con un óptimo IAF, para el crecimiento radical, de 2.5-3.5. Como se puede observar en la Figura 11, en este ensayo no se encontró un óptimo IAF marcado. Sin embargo, la tasa de crecimiento radical tendió a ser menor a mayores IAF. No se observó tendencia alguna hacia un mayor crecimiento radical por unidad de IAF en los mayores niveles de fertilidad, lo cual indica que los principales efectos de la fertilidad fueron sobre el tamaño del sitio de producción y no sobre su eficiencia.

Los IAF alcanzados por M Mex 59 bajo condiciones de altos niveles de fertilidad fueron mayores que los obtenidos en la mayoría de los ensayos. Por lo general, cuando el IAF es mayor de 3.5 las hojas más bajas reciben tanta sombra que se caen; aparentemente, esta caida no ocurrió

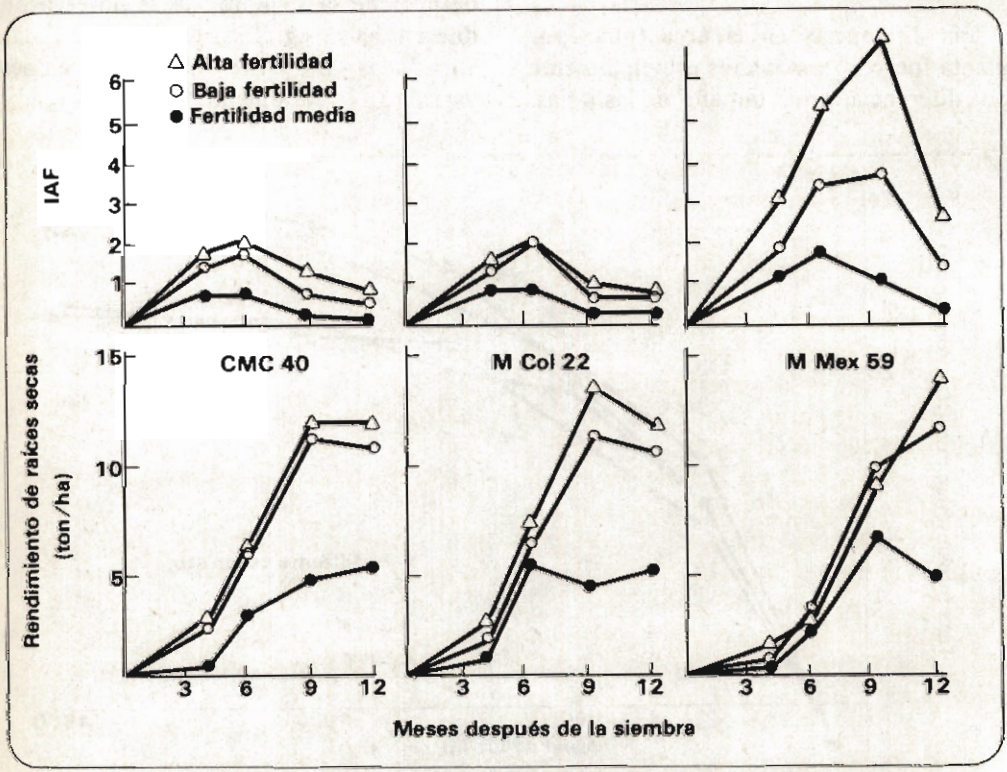

Figura 10. Efectos de tres niveles de fertilidad sobre el Indice de Area Foliar (IAF) y sobre los rendimientos de raíces secas, en tres variedades de yuca.

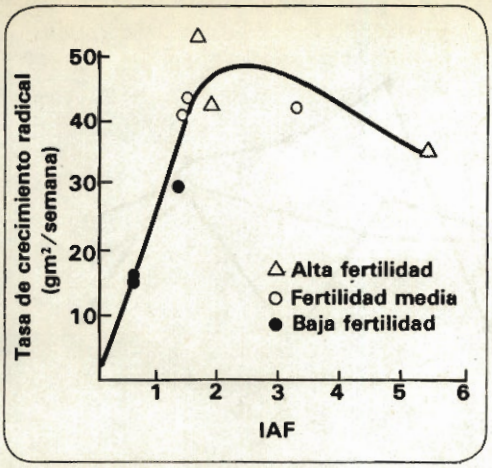

Figura 11. Tasa de crecimiento de las raíces de yuca con relación al Indice de Area Foliar (IAF) entre los 4 y los 9 meses después de la siembra, de tres variedades bajo tres niveles de fertilidad.

en el ensayo (Figura 12). La vida foliar sólo fue ligeramente menor para las hojas marcadas a los 4-8 meses, bajo altos niveles de fertilidad, cuando se obtuvieron IAF superiores a 6.0 y permanecieron por encima de 3.5 durante un período prolongado. En consecuencia, la alta fertilidad puede evitar la caida de las hojas; sin embargo, a los bajos IAF de M Col 22, no se observó un efecto consistente de la fertilidad sobre la vida foliar (Figura 12).

El IAF aumentó como consecuencia de los aumentos en los niveles de fertilidad (Figura 9). Los mayores niveles de fertilidad aumentaron tanto la tasa de formación de hojas por ápice en aproximadamente un 20 por ciento (Figura 13), como la vida foliar (Figura 14) y el número de ápices activos (Figura 5). En estos ensayos la yuca cultivada bajo condiciones de bajos niveles de fertilidad limitó su desarrollo de área foliar; sin embargo, la proporción de materia seca total cosechada en las raíces, medida en términos del Indice de Distribución (tasa de crecimiento de la raíz dividida por la tasa de crecimiento del cultivo) fue mucho mayor a bajos IAF (Figura 15). Por lo tanto, aún sin la aplicación de fertilizantes, todas las variedades dieron un rendimiento de más de 5 ton/ha de raíces secas. La ausencia de una interacción entre la variedad y el nivel de fertilidad en la cosecha de los 12 meses indica que las variedades se pueden seleccionar de tal manera que den un buen rendimiento a bajos niveles de fertilidad pero que también respondan a altos niveles de fertilidad, como ocurrió en este ensayo.

Con frecuencia se afirma que la yuca es un cultivo que da un buen rendimiento a bajos niveles de fertilidad. También, se afirma que la planta de yuca tiene esta capacidad puesto que cuando el nivel de fertilidad es bajo tiende a conservar un alto nivel de nutrimentos en las hojas reduciendo su IAF (Cuadro 2). Las plantas con este bajo IAF tienen hojas relativamente eficientes en términos de fotosíntesis. Además, como consecuencia de esta restricción al desarrollo foliar, la planta utiliza menos energía para formar hojas y tallos a bajos niveles de fertilidad, lo cual da un alto Indice de Distribución. A pesar de que se producen cantidades relativamente pequeñas de carbohidratos, casi todos son transportados a las raíces cuando las condiciones de fertilidad son bajas.

Cultivos Múltiples

El año pasado se demostró que el fríjol y la yuca se pueden cultivar en sistemas intercalados y obtener altos Indices Equivalentes de Tierra (IET) (Informe Anual del CIAT, 1977). También se observó que se obtienen mayores IET con la variedad de yuca M Mex 11 que con M Col 113. En 1978, la variedad Porrillo Sintético — un fríjol negro de hábito de crecimiento indeterminado — se intercaló con 20 genotipos de yuca de características morfológicas muy variadas. Se observó

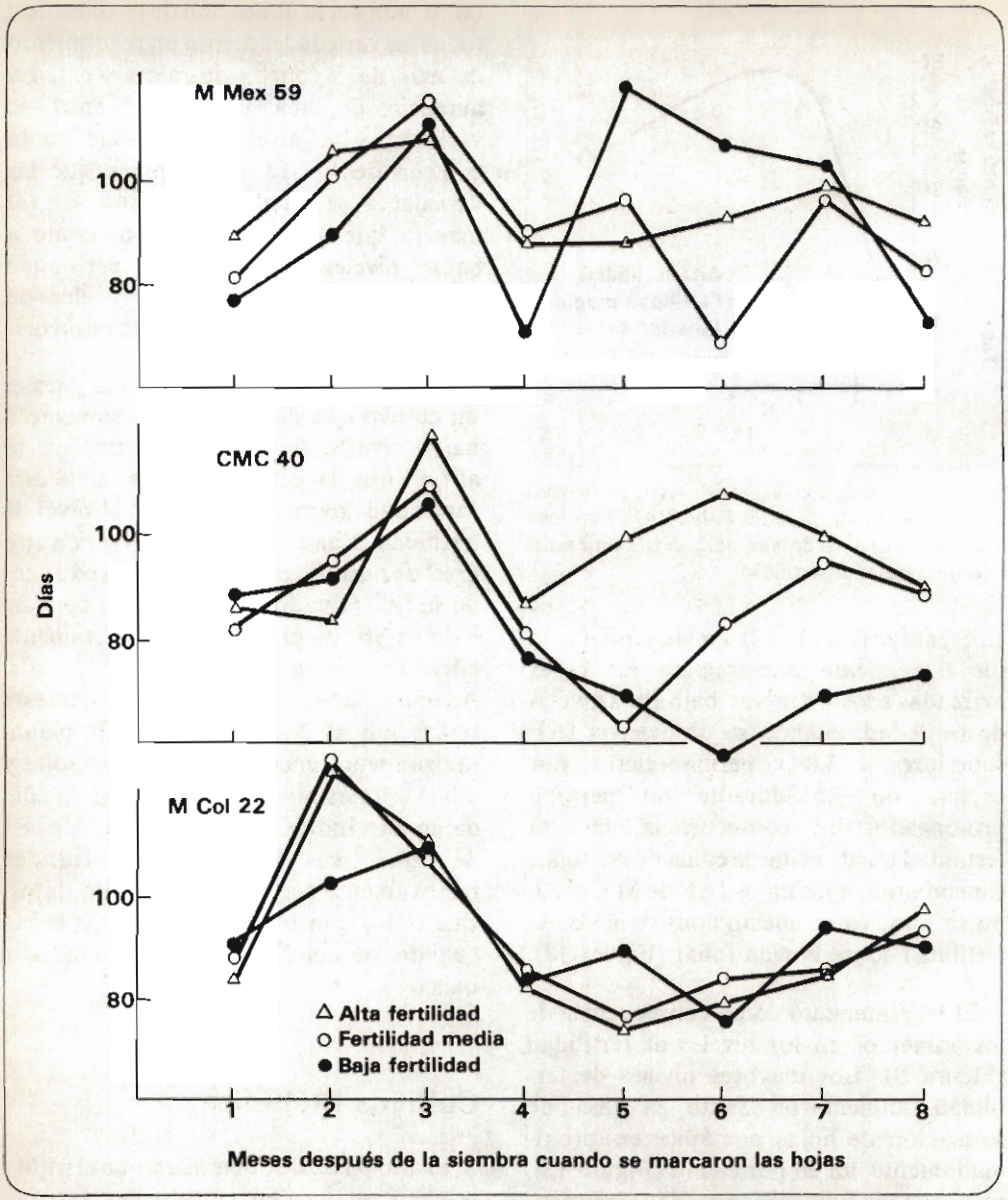

Figura 12. Longevidad foliar de tres variedades de yuca, bajo tres niveles de fertilidad.

una fuerte correlación negativa (r = -0.495*) entre el rendimiento del fríjol en comparación con el monocultivo y el crecimiento de la parte aérea de la planta de yuca tres meses después de la siembra. Por lo general, el crecimiento de la parte aérea es mayor en los tipos de ramificación temprana y se ha sugerido que los tipos de alto rendimiento son de ramificación tardía (Informe Anual del CIAT, 1976 y 1977). En este experimento se observó una correlación no significativa pero positiva entre el rendimiento del fríjol y el rendimiento de raíces frescas de yuca indican-

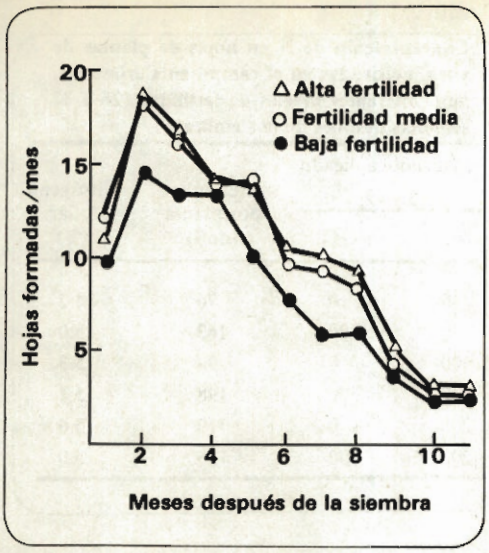

Figura 13. Tasa de formación de hojas de yuca, por ápice activo, bajo tres niveles de fertilidad (promedio de tres variedades).

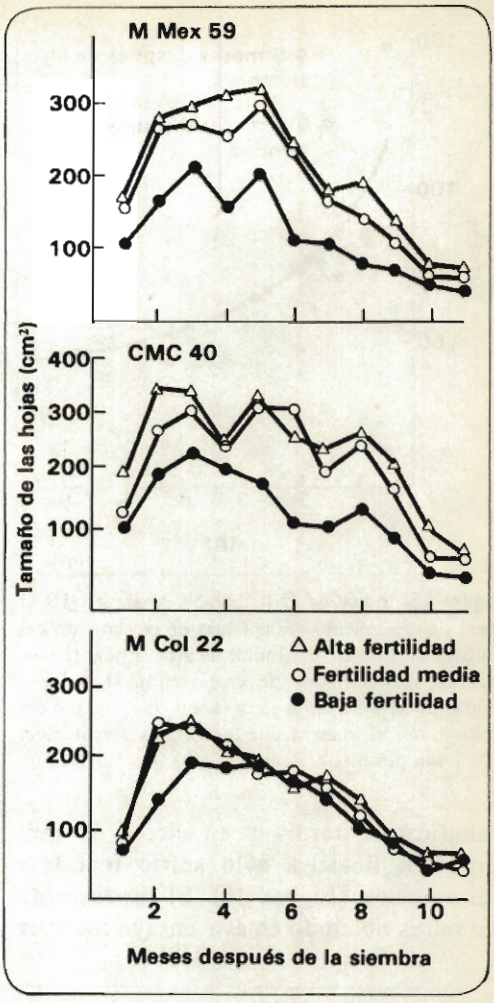

Figura 14. Tamaño de las hojas de tres variedades de yuca, bajo tres niveles de fertilidad.

do que es posible seleccionar tipos de yuca por alto potencial de rendimiento en monocultivo, los cuales también son adecuados para cultivos múltiples con fríjol *Phaseolus*. Estas variedades han de ser de ramificación tardía.

Los mismos 20 cultivares se sembraron con el cultivar de soya ICA Tunia. Este cultivar de soya tiene un ciclo de crecimiento de 125 días en tanto que las variedades de fríjol *Phaseolus* utilizadas en experimentos anteriores tienen todas ciclos de crecimiento de menos de 100 días. Los rendimientos de yuca y de soya se correlacionaron negativamente (r=-0.347).

Aparentemente, el fríjol *Phaseolus* de ciclo corto puede completar su crecimiento antes de que la yuca cubra el suelo y por lo tanto produce buenos rendimientos intercalado con yuca. Por otra parte, el período de llenado de los granos de la soya ocurre cuando la yuca necesita estar alcanzando la cobertura total del suelo si se desea obtener un buen rendimiento. Por lo tanto, los dos cultivos compiten y es difícil seleccionar una variedad de yuca que produzca buenos rendimientos y que también le permita lo mismo a la soya. La siembra de la soya al mismo tiempo que la yuca en vez de dos semanas después, como en este experimento, puede solucionar parcialmente este problema.

Con el fin de estudiar esta posibilidad se sembró soya simultáneamente con la variedad de yuca M Mex 11 de

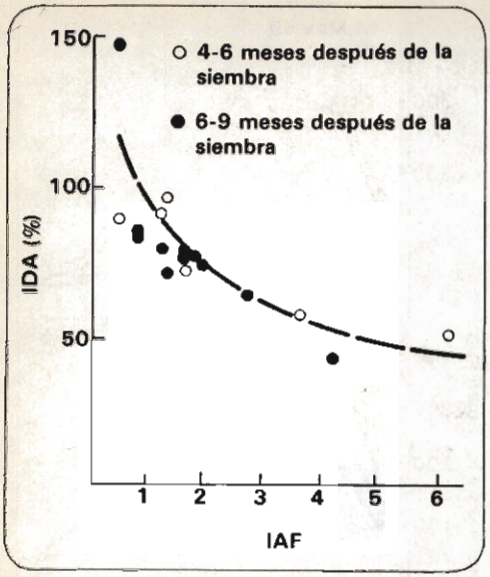

Figura 15. Indice de Distribución Aparente (IDA) (tasa de crecimiento radical/tasa de crecimiento del cultivo) en función del Indice de Area Foliar (IAF), durante dos períodos de crecimiento. (Las hojas caídas no se incluyeron en la tasa de crecimiento del cultivo, de tal manera que los valores mayores del 100% son posibles.)

Cuadro 2.

Concentración de N en hojas de plantas de yuca, cultivadas en el campo en Carimagua, bajo diferentes niveles de fertilidad (28 a 32 semanas después de la siembra).

Fertilizante aplicado (kg/ha)		Area foliar por planta	Nitrógeno foliar
N	K_2O	(dm^2)	(%)
0	0	76	4.2
0	300	163	5.0
100	0	94	5.3
100	300	198	5.1
200	0	119	5.0
200	300	156	5.0

ramificación tardía y en efecto, el rendimiento de soya sólo sufrió una leve disminución (Figura 16). El rendimiento de raíces obtenido en este ensayo fue muy variable, sin embargo, la biomasa total de yuca no se redujo sustancialmente (Figura 16).

Los cultivos múltiples son más frecuentemente utilizados por los pequeños agricultores que utilizan pocos recursos. Cuando se cultivó yuca intercalada con fríjol y sin la aplicación de insecticidas, las poblaciones de plagas de ambos cultivos se redujeron (Informe

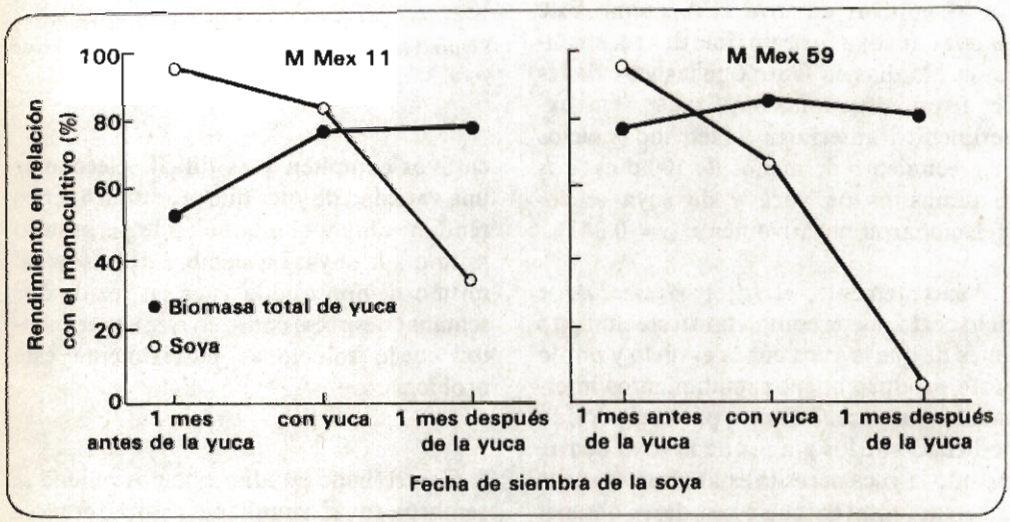

Figura 16. Rendimientos relativos de yuca y soya, en respuesta a diferentes fechas de siembra de la soya.

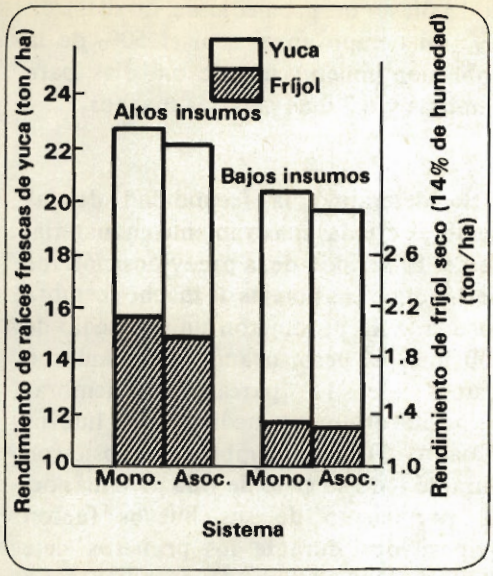

Figura 17. Efectos de dos niveles de insumos sobre los rendimientos de la yuca en asociación con fríjol.

Anual del CIAT, 1977) Los rendimientos del fríjol y de la yuca fueron casi iguales en monocultivo y en cultivo múltiple sin la aplicación de insecticidas (Figura 17), lo cual indica que el cultivo múltiple es muy ventajoso en sistemas de producción con pocos insumos.

Crecimiento Temprano

La yuca es muy sensible a la competencia ejercida por las malezas en los primeros 90 días de su ciclo de crecimiento (Informe Anual del CIAT, 1974). Esto indica que es muy importante el vigor que tengan las plantas durante estas etapas iniciales en el rendimiento final de yuca. Cuando se aplicó sombra a las variedades CMC 40 y M Col 22 durante períodos de dos semanas (50% de sombrío) y durante los primeros tres meses después de la germinación, el rendimiento final se redujo en todos los casos, aunque las diferencias no fueron significativas. Un nivel de sombrio del 50 por ciento durante los primeros tres meses redujo los rendimientos marcadamente. Esto indica que el vigor y el crecimiento en las primeras etapas de la planta son muy importantes para determinar el rendimiento; de ser así, la calidad de la estaca de siembra es vital para determinar el crecimiento temprano y por lo tanto para el rendimiento final. Cuando se almacenaron estacas por períodos hasta de dos semanas después de la siembra, sin tratamiento alguno, la germinación fue superior al 90 por ciento pero el rendimiento se redujo marcadamente.

ENTOMOLOGIA

En el año 1978, la Sección de Entomología completó los estudios relacionados con la biología del gusano cachón de la yuca *(Erinnyis ello)* e intensificó el trabajo para tratar de ampliar el conocimiento sobre las actividades biológicas y parasitarias de varias especies que atacan al gusano cachón.

Durante un estudio de dos años, hecho en una importante región productora de yuca de Colombia, se observó un 57 por ciento de parasitismo de huevos de gusano cachón por *Trichogramma.* Se realizaron estudios biológicos de varias especies importantes de este género. También, se iniciaron estudios con otros dos parásitos de huevos: *Telenomus* sp. y *Chrysopa* sp. En el campo se estudió el parásito de la larva del cachón *Polistes* para determinar la forma óptima de establecer colonias de la avispa. Se identificaron varias especies de insectos que atacan a las avispas *Polistes.*

Se hicieron selecciones para buscar resistencia de la planta hospedante a las

moscas blancas *(Aleurotrachelus* sp.), piojos harinosos *(Phenacoccus gossypii),* escamas *(Vatiga manihotae)* y ácaros *(Tetranychus* y *Mononychellus).* En cada especie se observó alguna resistencia natural.

Se desarrollaron tratamientos químicos efectivos para proteger las estacas de siembra de yuca contra el ataque de comejenes en los lugares en que esta plaga tiene importancia económica.

Gusano Cachón de la Yuca

Biología

Antes de desarrollar un programa de control integrado es necesario entender la biología, el comportamiento y las interacciones que existen entre las plagas y sus enemigos naturales.

Se estudió la longevidad de los adultos del gusano cachón de la yuca *(E. ello)* en jaulas colocadas en el campo (25°C, 80% de HR) y en las cuales se le suministró a los adultos una solución de miel al 7 por ciento. Las hembras adultas tuvieron un ciclo de vida hasta de 19 días (promedio de 8.6 días) en tanto que los machos presentaron longevidades más cortas (un máximo de 15 días y un promedio de 7.0 días). El T_{50} (el tiempo en el cual el 50% de la población muere) fue de 6.6 días para hembras y 6.2 días para los machos.

Se determinó la fecundidad de las hembras criadas masivamente en material verde. El período de la preoviposición fue de 3-4 días. Las parejas de macho/hembra en una jaula produjeron un promedio de 850 huevos, pero, cuando se enjaularon grupos de 11 pares, las hembras ovipositaron un promedio de 448 huevos (Cuadro 3). Las hembras ovipositaron durante todo su ciclo de vida pero más del 70 por ciento de sus huevos fueron ovipositados durante los primeros siete días de la postura (Figura 18). La oviposición diaria máxima de una hembra fue de 500 huevos.

La fertilidad media de los huevos fue del 88 por ciento (Cuadro 3), pero este parámetro varió en la población criada masivamente durante las diferentes estaciones del año. A pesar de la alta tasa de eclosión, la mortalidad de larvas fue superior al 80 por ciento, principalmente debido a un virus de la granulosis (Baculovirus).

Cuadro 3.

Fecundidad y fertilidad del gusano cachón de la yuca (*Erinnyis ello*) bajo condiciones de jaula en el campo[1].

	No. de observaciones	Valores		
		Max.	Min.	Prom. (EE)
Fecundidad (huevos/hembra)	10 grupos de 11 pares	1374	132	448 (23.5)
	Pares individuales	1852	200	850 (249)
Fertilidad (%)	4440 huevos	98.8	77.7	88

1 25°C y 80% de H.R.

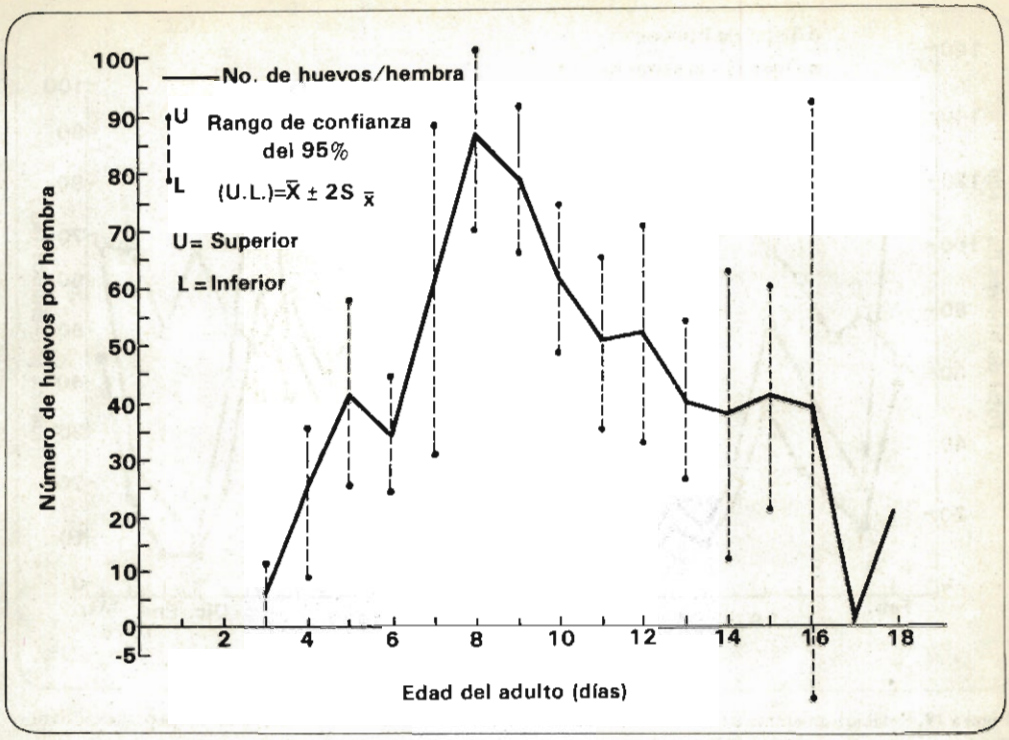

Figura 18. Fecundidad promedio de 52 hembras adultas de *Erinnyis ello.*

Las hembras y los machos se separaron durante el estado de pupa según la posición de la apertura genital. La apertura genital del macho (gonoporo) se encuentra localizada en el noveno segmento abdominal con el octavo segmento libre, en tanto que la apertura genital de la hembra alcanza a ocupar el octavo segmento. La relación de sexos (con base en 2914 pupas observadas) fue de una hembra para cada 1.12 machos.

Control Biológico

Los estudios con *Trichogramma* recibieron énfasis especial ya que, en las plantaciones de yuca este microhimenóptero se encuentra parasitando huevos de *E. ello* durante todo el año y porque es fácil de criar masivamente y de liberar en los campos.

Entre febrero de 1976 y marzo de 1978 se contaron los huevos de gusano cachón parasitados y no parasitados, en campos cercanos a las ciudades de Armenia y Caicedonia, en Colombia. Se encontró una relación positiva entre el número total de huevos de *E. ello* y el número de huevos parasitados por *Trichogramma* (Figura 19). El porcentaje de parasitismo permaneció relativamente constante durante los dos años de observación. En todos los muestreos se encontraron huevos de gusano cachón y siempre con algún grado de parasitismo por *Trichogramma.* El parasitismo promedio para los dos años fue del 37 por ciento (EE = 0.91).

La relación de sexos del *Trichogramma* nativo colectado en cuatro localidades se determinó a nivel de laboratorio. En todas las localidades siempre se encontró un

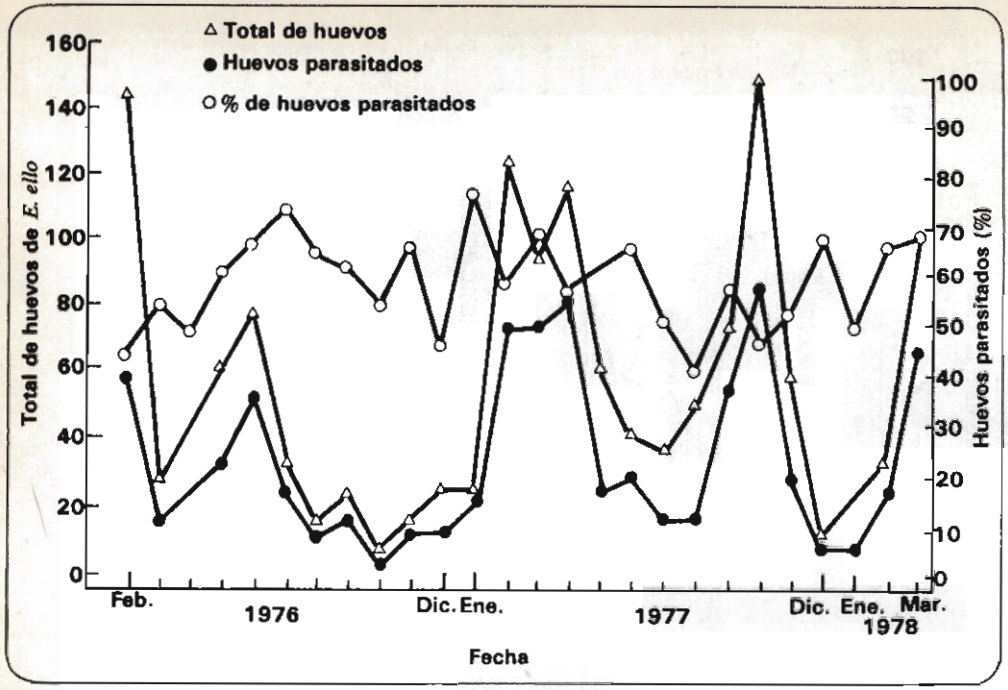

Figura 19. Relación existente entre el número de huevos de *Erinnyis ello* y el número de huevos parasitados por *Trichogramma* entre 1976 y 1978, en Armenia y Caicedonia, Colombia.

mayor número de hembras que de machos. El promedio global fue de 3.6 hembras por cada macho (oscilando entre menos de 1 hasta 21 hembras por macho). La mortalidad natural de huevos de *Trichogramma* fue del 19.5 por ciento.

Se estudió la habilidad parasitaria y la relación de sexos de cinco especies de *Trichogramma* utilizando avispas adultas colectadas de programas de liberación en plantaciones de yuca para controlar el gusano cachón. Todas las especies parasitaron huevos de *E. ello;* la especie más efectiva fue un *Trichogramma* nativo (93%) y *T. australicum* (90%) y la menos efectiva fue *Trichogrammatoidea armigera* (42%).

Los estudios preliminares a nivel de laboratorio se realizaron con otras dos especies de interés particular en el control biológico, puesto que atacan el estado de huevo del gusano cachón.

El parásito *Telenomus* sp. (Hymenoptera:Scelionidae) tiene una preferencia marcada por los huevos del gusano cachón. En el laboratorio (a 24°C y a 75% HR) emergió un promedio de cuatro adultos de *Telenomus* de cada huevo de gusano cachón (400 huevos observados); el tiempo requerido para la emergencia de los adultos de los huevos de *Telenomus* fue de 11-14 días. Las observaciones preliminares indicaron que una hembra de *Telenomus* puede producir hasta 150 individuos de su especie.

El género *Chrysopa* (del órden Neuroptera) es un predator general en los campos de yuca. Ha sido observada consumiendo huevos de gusano cachón y se sabe que ataca ácaros, escamas y piojos harinosos. En un estudio de laboratorio, el último estado ninfal consumió un promedio de 17 huevos de gusano cachón en 24 horas.

Se observó que la capacidad de depredación de *Polistes* está determinada principalmente por el número de larvas de la avispa y no por el número de adultos. El máximo número de larvas de *E. ello* consumido por larvas de *Polistes* diariamente fue de 1.1 y el mínimo de 0.08 (promedio de 0.47, EE = 0.004).

Se estudió la relación entre el tamaño del nido de *Polistes* y las proporciones de sexo de las poblaciones. No se encontraron machos en nidos que presentaban menos de 50 celdas. En nidos más grandes, el número de machos aumentó con un mayor número de huevos, larvas y pupas. La función del macho de *Polistes* es copular con hembras que dejan su nido para iniciar nuevas colonias. En consecuencia, para lograr programas exitosos de colonización con *Polistes* en campos de yuca es preferible introducir nidos grandes, con muchas celdas, de tal manera que se puedan establecer nuevas colonias vigorosas.

Se observó que las poblaciones de *Polistes* están reguladas no sólo por el clima y las aplicaciones de insecticidas sino también por otra serie de insectos asociados con sus nidos. En asociación con *Polistes* se han encontrado 10 especies de Hymenoptera, cuatro de Coleoptera, dos de Lepidoptera, dos de Diptera y una de Psocoptera.

Entre estos insectos, *Oxysarcodexia,* un parásito de larvas y de pupas de *Polistes,* parece ser uno de los principales enemigos naturales de *Polistes.* Este parásito se ha encontrado en diversas regiones del Valle del Cauca, en Colombia, generalmente atacando nidos con más de 200 celdas. Entre 412 nidos examinados, el 17 por ciento fue atacado por *Oxysarcodexia.* A su vez, este insecto es parasitado por varios enemigos naturales incluyendo *Pachyneuron* sp. y *Brachymeria conica.*

La especie *Podisus* sp. (Hemiptera:Pentatomidae) también es predatora de *E. ello.* Bajo condiciones de laboratorio (24.5°C, 75% de HR), las hembras de *Podisus* sobrevivieron por un período hasta de 82 días (promedio de 42.8 días) (Cuadro 4). La hembra oviposita un máximo de 1400

Cuadro 4.

Ciclo biológico, fecundidad y fertilidad de *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) bajo condiciones de laboratorio[1].

	No. de observaciones	Prom.	EE
Duración del período ninfal (5 estados) (días)	150	20-24	
Longevidad de hembras adultas (días)	16	42.8	10.7
Fecundidad (huevos/hembra)	16	715.4	97.8
Huevos por ooteca	1463	26	1.25
Período de incubación de los huevos (días)	1463	4-5	
Fertilidad de los huevos (%)	1092	79.4	2.25

1 25°C and 75% RH.

huevos durante su ciclo de vida con una fecundidad promedio de 715 huevos/hembra.

La fertilidad de los huevos fue del 79.4 por ciento. El período de incubación de los huevos fue de 4-5 días y el período ninfal, de 20-24 días. Las observaciones preliminares indicaron que, durante su ciclo de vida, cada adulto de *Podisus* consume un promedio de 100 larvas de *E. ello* en su primer o segundo estado larval. Se mantuvieron colonias de *Podisus* y se criaron con larvas de *Galleria mellonella,* una especie que se puede criar con facilidad y a bajo costo.

En 1200 especímenes de *E. ello* colectados en las áreas de Caicedonia, Armenia y Cartago, en Colombia, se observó una mortalidad del 70 por ciento, principalmente debido a una enfermedad no identificada y a tres parásitos dípteros: *Belvosia* sp. (Tachinidae), *Sarcodexia innota* (Sarcophagidae) y *Thysanomyia* sp. (Tachinidae) (Figura 20).

En cultivos de yuca en las regiones de Caicedonia, Armenia y Palmira, también se han encontrado huevos y larvas de otra especie de gusano cachón: *Erinnyis alope* (Drury). Esta especie se había identificado anteriormente en Colombia en cultivos de *Carica papaya* L. pero no en yuca.

El ciclo de vida de *E. alope* es muy similar al de *E. ello;* las dos especies se pueden diferenciar con facilidad en los estados de huevo, larva o adulto (Figura 21). La diferencia más notable se puede observar en los adultos. Los adultos de *E. ello* presentan alas delanteras de color gris claro y traseras de color naranja rojizo oscuro, en tanto que *E. alope* presenta alas delanteras de color marrón oscuro y alas traseras amarillas. Las poblaciones de *E. alope* observadas en yuca han sido bajas.

Comejenes

En algunas áreas productoras de yuca, los comejenes pueden constituir un problema al atacar material de siembra

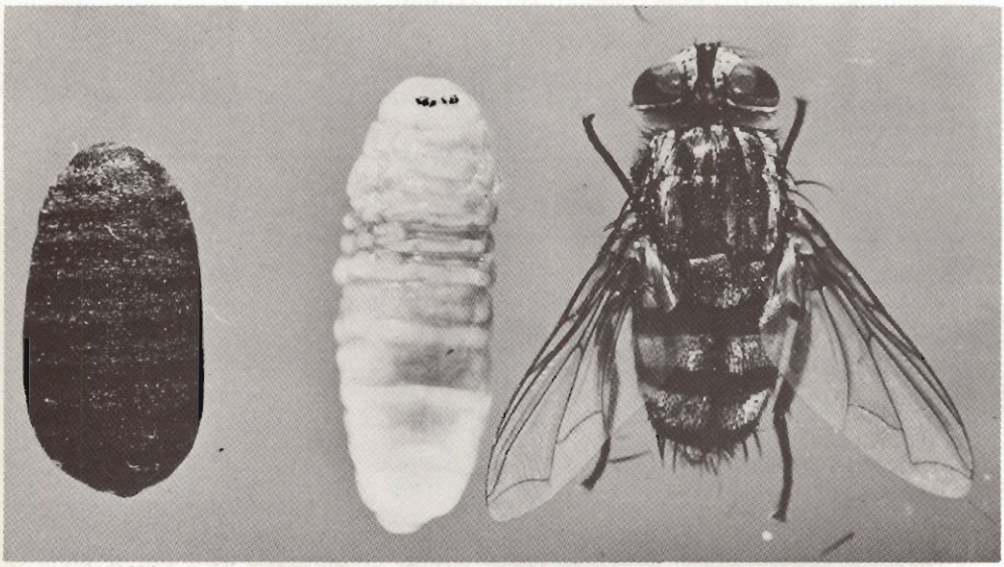

Figura 20. Pupa, larva y adulto de *Thysanomyia* sp. (Tachinidae), un parásito de las larvas del gusano cachón (*Erinnyis ello*).

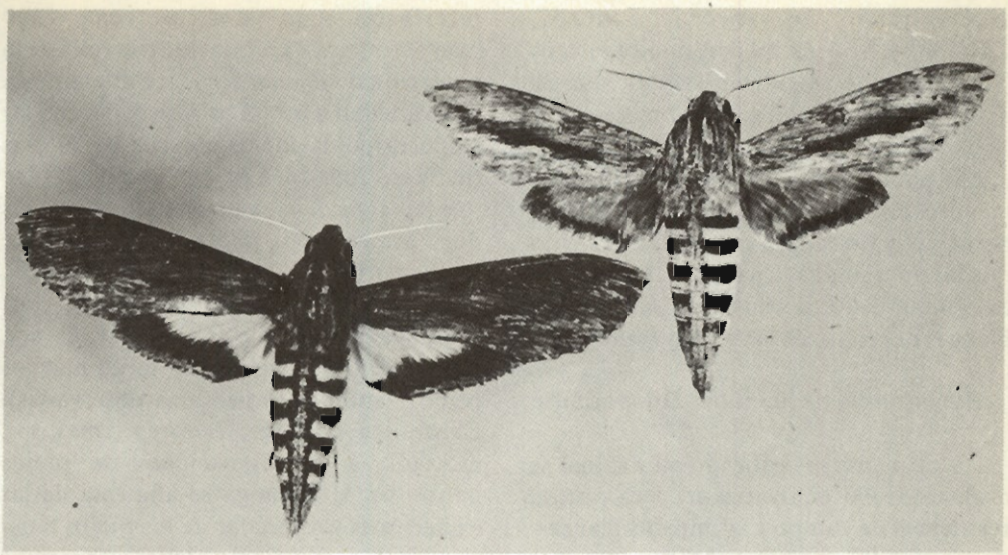

Figura 21. Estados adultos de dos especies de gusano cachón de la yuca: a la izquierda, *Erinnyis alope* (Drury); a la derecha, *Erinnyis ello* (L.). Este último presenta alas frontales de color gris claro y alas traseras de color marrón rojizo en tanto que *E. alope* tiene alas frontales de color marrón oscuro y alas traseras de color amarillo.

almacenado y plantas en crecimiento. La especie encontrada en Colombia es probablemente *Coptotermes niger,* una especie procedente de Asia.

Se probaron 31 combinaciones de tratamientos de las estacas, a fin de determinar su efectividad para controlar los comejenes. La mejor combinación fue la mezcla de captan y carbendazin, en una solución (dósis de 2 g de i.a. de cada uno/litro de agua), sumergiendo las estacas durante 10 minutos en esta solución y posteriormente espolvoreando 0.025 g de aldrin alrededor de cada estaca. Con este tratamiento la muerte de estacas fue del 5 por ciento y el ataque de comejenes, después de 150 días, fue del 5 por ciento. Los mejores cinco tratamiento no fueron significativamente diferentes.

La efectividad de una combinación de un fungicida/insecticida se puede observar en los siguientes ejemplos. Cuando sólo se espolvoreó aldrin en el suelo, al momento de la siembra, el ataque de comejenes después de 150 días fue de solo un 13 por ciento pero la proporción de estacas muertas fue del 34 por ciento. Cuando sólo se aplicó captan y carbendazin, la mortalidad de estacas como consecuencia del ataque de patógenos fue sólo del 1 por ciento, pero, después de 150 días, el 37.4 por ciento de las plantas presentó ataque por los comejenes. La mortalidad de estacas después de aplicar maneb y mancozeb fue del 14 por ciento pero los comejenes habían atacado el 64 por ciento de las estacas después de 150 días.

Moscas Blancas

Reducción del Rendimiento

Las moscas blancas *(Aleurotrachelus* sp.) ocasionan el amarillamiento foliar y la deformación de los puntos de crecimiento; sobre las excreciones azucaradas del insecto crece la "fumagina".

En la región de Espinal, Tolima, en Colombia, en donde las poblaciones de mosca blanca son altas durante todo el

año, se trataron las variedades CMC 57, CMC 40 y M Mex 59 con monocrotofos (CE, 1.5 cc de i.a./litro de agua) cada 20 días hasta la cosecha a los 10 meses.

Las plantas tratadas mostraron grados menores de infestación y un menor número de pupas y dieron un mayor rendimiento que las no tratadas (Cuadro 5). La pérdida en rendimiento a causa de las moscas blancas dependió de la variedad sembrada.

Resistencia de la Planta Hospedante

En otro ensayo realizado en Espinal se evaluaron 300 cultivares de yuca por su resistencia de campo a las moscas blancas. A pesar de que se observaron altas poblaciones de moscas blancas en todos los cultivares, algunos no presentaron clorosis o deformación de las hojas apicales. Los cultivares fueron M Col 336, M Col 339, M Pan 70, M Ecu 72 y M Bra 12.

Control Biológico

Se encontraron dos nuevos parásitos de las pupas de *Aleurotrachelus* sp. — *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) y *Amitus* sp. (Hymenoptera: Platygastridae). Ambos se observaron en las inmediaciones de CIAT-Palmira, Armenia y Caicedonia, en Colombia. El porcentaje de parasitismo de pupas fue del 56.1 por ciento entre casi 6000 pupas observadas.

Piojos Harinosos y Escamas

Este año continuaron los estudios sobre la biología de *Phenacoccus gossypii* y se adelantaron las investigaciones relacionadas con la búsqueda de resistencia y de enemigos naturales.

Bajo condiciones de invernadero (29°C, 50% de HR), se tomaron plantas de dos meses de edad de 12 variedades y se infestaron con dos ootecas (300 huevos/ooteca). La tasa de desarrollo de la población de *Phenacoccus* fue diferente de una variedad a otra. Las variedades con las menores poblaciones después de 70 días (M Ven 208, M Col 689 y Bra 27), se pueden considerar más resistentes que las que presentaron poblaciones altas de piojos harinosos.

Las hembras de *P. gossypii* son partenogénicas y producen tanto machos como hembras (10 hembras observadas). Existe una hormiga, *Brachymyrmex* sp., asociada a las poblaciones de piojos harinosos; la hormiga se alimenta de las excreciones azucaradas de los piojos harinosos y los protege de algunos enemigos naturales.

Control Biológico

En CIAT-Palmira se encontraron algunos parásitos y predatores nuevos de *P. gossypii* (Cuadro 6, Figura 22).

Escama Negra

Las poblaciones naturales de *Saissetia miranda* fueron bajas en las regiones productoras de yuca de Armenia, Caicedonia y Palmira, como consecuencia de la alta tasa de parasitismo (79.1% entre 3000 observaciones) por *Anagyrus* sp. y *Surtellista* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae).

Chinches de Encaje

En CIAT-Palmira, en mayo y junio de 1978, las poblaciones de *Vatiga manihotae* fueron altas. Durante este período se evaluaron 2203 variedades del banco de germoplasma de yuca por su resistencia a la plaga. Los resultados se presentan en el Cuadro 7. Todas las variedades fueron atacadas y el 59.8 por ciento de los materiales tuvieron puntajes de 3 ó más en la escala de daño de 1 a 5.

Cuadro 5.

Reducción del rendimiento de tres variedades de yuca cultivada en Espinal, Tolima, Colombia, como consecuencia del ataque de moscas blancas (*Aleurotrachelus* sp.).

Variedad	Con tratamiento[1]			Sin tratamiento			Pérdida en rendimiento (%)	% de diferencia en el grado de infestación entre las parcelas tratadas y sin tratar	
	Rendimiento de raíces frescas (kg/parcela) (EE)	Grado de infestación		Rendimiento de raíces frescas (kg/parcela) (EE)	Grado de infestación				
		Población (EE)	Pupas (EE)		Población (EE)	Pupas (EE)		Población	Pupas
CMC 57	3.31 (0.41)	0.57 (0.19)	0.28 (0.12)	0.77 (0.27)	3.92 (0.27)	3.17 (0.23)	76.7	85.5	91.2
CMC 40	5.35 (0.60)	0.82 (0.23)	0.21 (0.10)	2.57 (0.43)	4.75 (0.17)	4.87 (0.08)	52.0	82.7	95.7
M Mex 59	3.63 (0.74)	0.71 (0.21)	0.17 (0.07)	2.41 (0.67)	4.70 (0.16)	4.65 (0.10)	33.6	84.9	96.4

1 Con monocrotofos a razón de 1.5 cc de i.a./litro de agua.
2 Grado de infestación: Población (adultos, ninfas y pupas), 0 = sin infestación; 1 = menos del 20% de hojas infestadas; 2 = 21-40% de hojas infestadas; 3 = 41-60% de hojas infestadas; 4 = 61-80% de hojas infestadas; 5 = 81-100% de hojas infestadas. Pupas, 0 = sin pupas; 1 = menos de 5 pupas/hoja; 2 = 6-10 pupas/hoja; 3 = 11-25 pupas/hoja; 4 = 26-50 pupas/hoja; 5 = más de 51 pupas/hoja.

Cuadro 6.

Predatores y parásitos de *Phenacoccus gossypii* observados en CIAT-Palmira, en 1978.

Orden	Familia	Especies	Asociación
Coleoptera	Coccinellidae	*Olla* sp.	Predatores de huevos, ninfas y hembras adultas
		Curinus colombianus	
		Cicloneda sanguinea	
		Cryptognatha auriculata	
		Hippodamia convergens	
		Pentilia sp.	
		Prodilis sp.	
		Azya sp.	
Hymenoptera	Encytidae	*Anagyrus* sp.	Parásito de ninfas y hembras adultas
Hemiptera	Reuvidae	*Zellus* sp	Predatores de ninfas y hembras adultas
		Emesaya sp.	

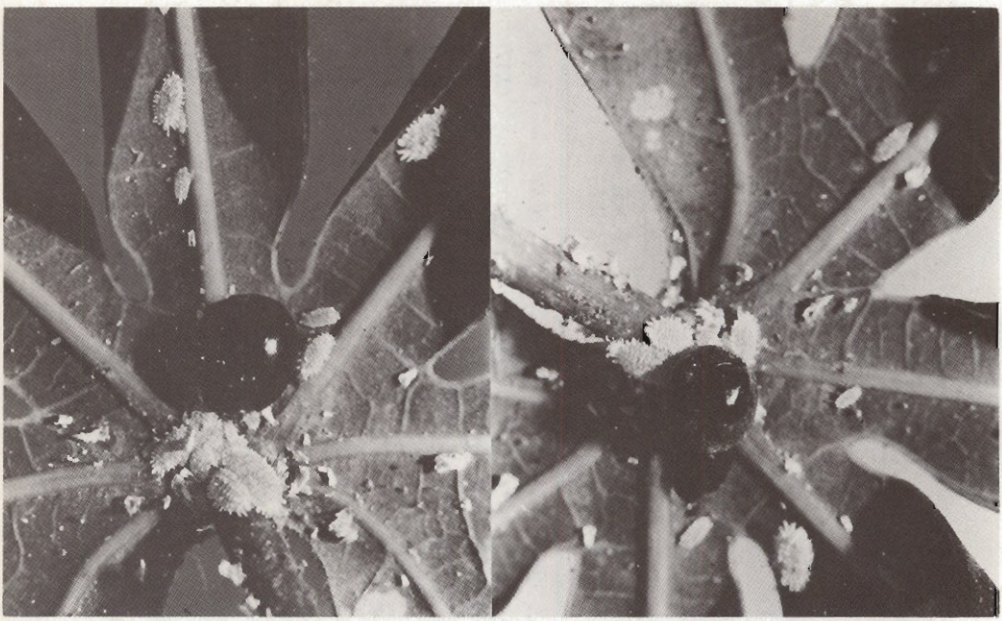

Figura 22. Dos predatores de los piojos harinosos *(Phenacoccus gossypii)* en yuca: a la izquierda, *Curinus colombianus;* a la derecha, *Azya* sp.

Cuadro 7.

Evaluación de 2203 variedades de yuca por el daño ocasionado por *Vatiga manihotae*, durante una infestación natural en el campo.

Escala de daño[1]	No. de variedades	% por clase
0	0	0
1	277	12.57
2	607	27.55
3	920	41.76
4	309	14.03
5	90	4.09

1 0=sin *Vatiga;* 1=pocas manchas amarillas en las hojas más bajas; 2=varias manchas amarillas en las hojas más bajas (las hojas son amarillas); 3=numerosas manchas amarillas en las hojas más bajas y las hojas presentan un color amarillo-rojizo y aparecen enroscadas; 4=enroscamiento y secamiento de las hojas más bajas, y enroscamiento de las hojas de la parte media; 5=defoliación de la planta en sus partes bajas y medias, las hojas apicales son amarillas.

Acaros

Resistencia Varietal

Se continuaron los trabajos de selección por resistencia a tres especies de ácaros bajo condiciones de casa de malla, invernadero y campo. Hasta la fecha se han evaluado 2120 variedades, bajo condiciones de casa de malla, por su resistencia a *Tetranychus urticae.* En el primer ciclo (sin repeticiones) se seleccionaron 96 variedades. Los ensayos replicados de estos 96 materiales resultaron en la selección de 17 variedades promisorias.

La evaluación por resistencia al ácaro *Mononychellus* continuó también bajo condiciones de invernadero y de campo. En el primer ciclo de selección, sin repeticiones, en el invernadero, se seleccionaron 105 variedades entre las 2116 evaluadas. En el segundo ciclo, con repeticiones, se seleccionaron 15 variedades promisorias entre las 105 escogidas anteriormente. Dos ciclos de evaluaciones de campo por resistencia a *Mononychellus* dieron como resultado 71 variedades con resistencia.

Se iniciaron estudios de invernadero y laboratorio para caracterizar la resistencia de diversas variedades a los ácaros *(T. urticae* y *M. tanajoa).* Los resultados preliminares indicaron que ambas especies generalmente prefieren y ovipositan un mayor número de huevos en las variedades más susceptibles.

El banco de germoplasma de yuca del CIAT (2231 cultivares) se evaluó nuevamente por su resistencia al ácaro *Oligonychus peruvianus,* haciendo recuentos del número de telarañas por hoja (promedio de nueve hojas por variedad). Con base en este estudio y dos evaluaciones previas, se seleccionaron 250 variedades como materiales promisorios.

Control Biológico

El escarabajo *Oligota minuta* (Coleoptera: Staphilinidae es un predator eficiente de *M. tanajoa.* Las larvas y los adultos consumen todos los estados del ácaro verde de la yuca. Se hicieron recuentos de adultos de *Oligota* a las 6 a.m., 9 a.m., 1 p.m. y 4 p.m., con el fin de estudiar la distribución de la población del predator en una planta y las fluctuaciones de la población durante el día. Las altas poblaciones de *Oligota* no fluctuaron significativamente durante el día. Entre las primeras 14 hojas (de arriba hacia abajo) observadas, las mayores poblaciones del predator se presentaron entre la quinta y la octava hoja (Cuadro 8). Es importante no aplicar insecticida alguno puesto que éste reduce la población del predator.

La Mosca de la Fruta

La principal especie de mosca de la fruta encontrada en las regiones productoras de

Cuadro 8.

Fluctuación y distribución de poblaciones de *Oligota minuta*, a cuatro horas diferentes del día, en la variedad de yuca M Col 113, bajo las condiciones de CIAT-Palmira, durante un período de 42 días.

Posición de las hojas, de arriba hacia abajo de la planta	Hora				Promedio de adultos por 48 hojas
	6 a.m.	9 a.m.	1 p.m.	4 p.m.	
1	0.9	0.3	0.6	1.1	0.69
2	7.0	1.7	2.1	2.6	3.36
3	14.4	6.5	7.7	8.8	9.36
4	14.4	11.8	12.8	15.0	13.50
5	25.0	16.3	19.2	17.8	19.58
6	21.9	18.5	19.8	20.0	20.05
7	19.5	19.8	21.0	19.8	20.03
8	13.6	18.0	18.4	16.6	16.65
9	12.8	16.4	14.4	13.6	14.30
10	10.2	12.9	12.3	10.6	11.50
11	7.1	10.2	9.9	8.2	8.85
12	4.7	8.0	5.8	5.9	6.10
13	3.5	6.7	5.5	4.8	5.13
14	2.5	5.4	3.7	4.3	3.98
Promedio de adultos por 48 hojas	11.3	10.9	10.9	10.7	10.93

yuca de Armenia y Caicedonia, en Colombia, es *Anastrepha manihoti*. Además del daño ocasionado por la larva, esta mosca de la fruta se asocia con un patógeno bacteriano *(Erwinia carotovora* pv *carotovora)*. Este patógeno reduce la calidad del material de siembra, lo cual ocasiona reducciones en el rendimiento.

Entre setiembre de 1977 y octubre de 1978 se realizó, en Armenia, un experimento para evaluar la efectividad de dos insecticidas para controlar esta plaga. Los insecticidas (Fenthion CE, 0.5 cc de i.a./litro, Ometoato CE, 0.4 cc de i.a./litro) se aplicaron cada 15 días durante el ciclo de cultivo. Las parcelas tratadas presentaron más del 90 por ciento de estacas limpias y las estacas dañadas de estas parcelas sólo presentaban daños ligeros.

Resistencia Múltiple

En cooperación con la Sección de Fitopatología, se sembraron 1400 cultivares de yuca, en dos repeticiones, en Carimagua, con el fin de identificar materiales con resistencia a las plagas nativas del ecosistema de esta parte de los Llanos Orientales de Colombia. El insecto más importante es el barrenador del tallo *Chilomima clarkei* (Amsel), el cual atacó al 78 por ciento de las variedades. Con relación a las enfermedades (véase la Sección de Fitopatología), se seleccionaron 14 variedades como resistentes al complejo de patógeno en la región. Entre estas 14, ocho no fueron atacadas por *Chilomima*.

Resistencia de Tipo Amplio

Se han encontrado fuentes de resistencia a las principales enfermedades de la yuca. Además, se han identificado fuentes de resistencia a varios insectos y tolerancia a condiciones edáficas y climáticas adversas. A pesar de ello, la combinación de estos caracteres útiles en una variedad, plantea un serio problema para el programa de fitomejoramiento de yuca, puesto que sería necesario hacer un gran número de cruzamientos y de evaluaciones, durante varias generaciones, antes de alcanzar este objetivo. En consecuencia, se ha puesto énfasis en la identificación de líneas tolerantes a muchos factores que comúnmente reducen el rendimiento. Si se logra identificar dichas líneas, se podría reducir en gran medida el tiempo necesario para desarrollar variedades que den altos rendimientos y además que toleren estos factores adversos.

Ecosistema de Popayán

Es casi imposible desarrollar líneas individuales que toleren los factores adversos que existen en todas las zonas ecológicas. Por lo tanto, los estudios se han concentrado en dos regiones, cada una de las cuales presenta diferentes factores adversos que pueden reducir el rendimiento significativamente. La primera región, Popayán, no es representativa de grandes áreas en las cuales se cultiva yuca; sin embargo, presenta condiciones que permiten indicar que ciertas líneas tienen resistencia o tolerancia a un gran número de factores adversos.

El sitio de ensayo en Popayán tiene diversos factores adversos entre los cuales los más importantes incluyen un bajo pH (4.4), una temperatura media baja (18°C; mínimo de 4°C y máximo de 23°C) e incidencias severas de manchas foliares ocasionadas por *Phoma*, antracnosis, trips y ácaros (Cuadro 9). En el Cuadro 10 se presentan las reacciones de varias líneas a estos factores adversos y en la Figura 23 se muestran los rendimientos de tres líneas durante 5 años. La línea M Col 22 es susceptible a la mayoría de los factores adversos y su rendimiento en Popayán siempre es bajo. CMC 39 es tolerante a todos los factores excepto a la mancha foliar ocasionada por *Phoma* y a la antracnosis; en general, sus rendimientos son buenos pero fluctuantes. Por ejemplo, en 1974, la precipitación fue baja en Popayán; la mancha foliar por *Phoma* y la antracnosis no fueron severas y CMC 39 dio un buen rendimiento. El cultivar CMC 92 fue tolerante a todos los factores adversos y ha mostrado rendimientos muy estables. Estos datos indican que, al menos bajo las condiciones del ecosistema de Popayán, se pueden seleccionar cultivares con resistencia del tipo amplio a los factores adversos. El banco de germoplasma de yuca se seleccionó bajo las condiciones de Popayán y se identificaron siete cultivares con resistencia del tipo amplio.

Se evaluaron diversos cultivares, tanto en Popayán como en Darién. Esta última localidad presenta un ecosistema relativamente similar al de Popayán (Cuadro 9). Las líneas que dieron un buen rendimiento en Popayán también dieron un buen rendimiento en Darién; la correlación del rendimiento de 15 variedades en Popayán y Darién fue de $r^2 = 0.94$. Esto indica que, a pesar de que existen diferentes ecosistemas, se pueden utilizar sitios representativos para los estudios de selección y que los resultados de un sitio se

Cuadro 9.

Algunos factores climatológicos y edáficos, así como enfermedades y plagas que causan reducciones en los rendimientos de yuca, en Popayán, Darién, Carimagua y CIAT-Palmira, en Colombia.

Factor	Localidad			
	Popayán	Darien	Carimagua	CIAT-Palmira
Climatológico				
Temperatura media (°C)	18.0 (+)[1]	19.5 (+)	26.1 (—)	24.0 (—)
Precipitación (mm/año)	2500 (—)	1500 (—)	2031 (—)	1000 (+)
Duración de la precipitación (meses)	6 (bimodal) (—)	6 (bimodal) (—)	8 (unimodal) (+)	5 (bimodal) (—)
Edáfico				
pH	4.1 (+)	4.3 (+)	4.7 (+)	6.8 (—)
Concentración de Al	alta (+)	alta (+)	alta (+)	baja (—)
Fertilidad del suelo	buena (—)	baja med. (+)	baja (+)	buena (—)
Textura del suelo	franco-arcillosa (—)	franco-limosa (—)	franco-arenosa (—)	arcillosa (±)
Enfermedades				
Mancha de anillos concéntricos (*Phoma*)	+	+	—	—
Antracnosis	+	+	+	—
Mancha blanca	+	+	—	—
Añublo bacterial	—	—	+	—
Superalargamiento	—	—	+	—
Mancha parda	—	—	+	±
Mancha foliar por Cercóspora	—	—	+	+
Plagas				
Acaros	+	+	+	±
Trips	+	+	+	±
Escamas	—	—	+	±
Barrenadores del tallo	—	—	+	—

1 Evaluación de los factores: + daño severo; ± daño moderado; — sin daño.

pueden extrapolar directamente a sitios que presentan factores adversos similares. No se encontró una correlación significativa entre los rendimientos obtenidos en CIAT-Palmira y en Popayán lo cual demuestra que, por lo menos para las condiciones típicas de Popayán, se requieren líneas especiales.

El Ecosistema de Carimagua

En tanto que el área de Popayán es representativa de una porción relativamente pequeña de las áreas productoras de yuca del mundo, las condiciones que prevalecen en Carimagua son representativas de extensiones mucho

Cuadro 10.

Reacciones de nueve variedades de yuca a algunas características del ecosistema, las cuales pueden inducir reducciones del rendimiento, en Popayán, Colombia, y evaluaciones globales de las variedades bajo condiciones de campo.

Variedad	pH		Baja tempe-ratura (18° C)	Mancha de anillos concén-tricos	Antrac-nosis	Trips	Acaros	Evaluación global en el campo
	bajo (4.4)	neutro (6.4)						
CMC 92[1]	I[2]	R	R	R	I	R	I	R
Sata Davio[1]	R	I	R	R	S	R	-	R
R/amarilla[1]	S	R	R	R	R	R	-	R
R/negrita[1]	I	S	I	R	S	R	-	R
CMC 40	R	R	S	S	R	I	S	S
M Col 22	S	S	S	S	R	I	S	S
M Mex 59	R	R	S	S	I	I	I	S
M Col 113	I	I	I	S	R	R	I	S
CMC 39	I	I	R	S	S	R	I	S

1 Variedades regionales.
2 Reacciones varietales: R= resistente; I= moderadamente resistente; S= susceptible.

mayores bajo cultivo, con un tremendo potencial para aumentar la producción. Las condiciones de Carimagua son diferentes a las que existen en Popayán (Cuadro 9) y presentan gran diversidad de factores que pueden afectar adversamente el rendimiento.

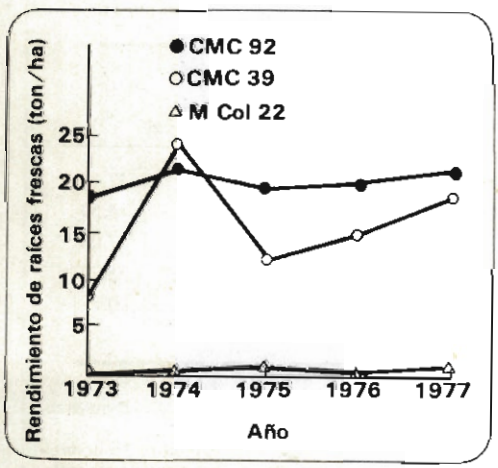

Figura 23. Rendimientos de tres variedades de yuca, en el ecosistema de Popayán, durante 5 años.

Entre los 2200 clones del banco de germoplasma cultivados en Carimagua, 14 mostraron una resistencia moderada a los factores adversos locales (Cuadro 9). Diez de los 14 materiales fueron morfológicamente similares o idénticos, lo cual indica que sólo cinco cultivares morfológicamente diferentes presentaron resistencia del tipo amplio a las condiciones adversas que prevalecen en el ecosistema de Carimagua (Figura 24). La resistencia a factores individuales es mucho más común que la resistencia a todos los factores (Cuadro 11). A pesar de que sólo un 0.6 por ciento de los clones fue resistente a todos los factores, la incorporación de estas pocas líneas en el programa de fitomejoramiento y su combinación con líneas con un alto potencial de rendimiento debe permitir lograr progresos rápidos.

Con base en las observaciones anteriores, parece evidente que en *Manihot esculenta* existe una marcada interacción

Figura 24. Evaluación por resistencia a enfermedades en la yuca, en Carimagua, una localidad en donde las condiciones de estrés son severas.

entre la reacción de los cultivares y el ecosistema. A pesar de que existen cultivares con resistencia de tipo amplio, tal resistencia está limitada a ecosistemas con características similares. Sin embargo, mediante la selección de materiales en

Cuadro 11.

Relación entre la reacción varietal a la enfermedad del superalargamiento y otras enfermedades foliares y del tallo de la yuca, presentes en el ecosistema de Carimagua, Colombia[1].

Evaluación del daño por superalargamiento[2]	No. de variedades					
	Evaluación por enfermedades foliares y del tallo[3]					
	2	3	4	5	Total	%
2	3	5	19	137	164	12.17
3	1	5	19	184	209	15.50
4	2	5	36	187	230	17.06
5	2	4	43	696	745	55.27
Total	8	19	117	1204	1348	100
%	0.60	1.41	8.68	89.31	100	

1 La siembra se hizo al inicio de la estación lluviosa, en abril.

2 Valuación por superalargamiento: 2= manchas foliares (chancros); 3 = chancros en hojas y peciolos; 4= chancros en hojas, peciolos y tallo, y alargamiento; 5= alargamiento y muerte descendente.

3 Valuación por enfermedades foliares y del tallo: 2= menos del 30% de caída de las hojas, lesiones foliares; 3= hasta el 80% de caída de las hojas, daños en el tallo; 4 = defoliación total, muerte descendente ligera; 5= muerte descendente severa o muerte de la planta.

ecosistemas con una gran diversidad de factores adversos, los clones seleccionados se pueden adaptar a regiones similares o con un menor número de factores adversos. Por ejemplo, todos los clones que fueron resistentes al añublo bacterial de la yuca (CBB) y a la enfermedad del superalargamiento en Carimagua, también fueron resistentes en la Costa Norte de Colombia. El clon M Col 1684 se seleccionó originalmente en Carimagua, en donde presentó buena resistencia a los factores adversos de dicho ecosistema. En las pruebas regionales (véase la Sección de Pruebas Regionales), esta variedad ha dado buenos rendimientos en áreas similares o con un menor número de factores adversos. Por consiguiente es probable que, mediante la selección cuidadosa de materiales en localidades que presenten muchos factores adversos, es posible obtener clones con amplia adaptación.

Añublo Bacterial de la Yuca

Se hicieron 35 pruebas fisiológicas a 67 aislamientos de *Xanthomonas manihotis* y 6 de *Xanthomonas cassavae*. En términos generales, no se observaron mayores diferencias fisiológicas entre los aislamientos de *X. manihotis*, excepto en la tasa de utilización de ciertos carbohidratos. Se encontraron pocas diferencias fisiológicas entre *X. manihotis* y *X. cassavae;* los polisacáridos producidos por ambos organismos parecen tener una composición química diferente.

Las inoculaciones hechas en el invernadero mediante el método del corte de hoja, con 50 aislamientos de *X. manihotis* en nueve variedades de yuca, mostraron diferencias en su agresividad. Se encontraron aislamientos con diferentes grados de agresividad en la mayoría de las áreas productoras de yuca afectadas por este patógeno.

Los resultados de estudios para determinar los efectos de la temperatura sobre la severidad de la enfermedad indicaron que las temperaturas diurnas/nocturnas extremadamente fluctuantes (rango de 16° - 30°C) favorecen en mayor grado la severidad de la enfermedad que las temperaturas relativamente estables (± 5°C). La severidad de la enfermedad también parece estar positivamente relacionada con la capacidad de retención de agua del suelo, quizás debido a que el agente causal del CBB es un patógeno vascular. Estos factores pueden explicar las afecciones moderadas de CBB que se presentan en áreas con suelos arenosos y/o temperaturas estables, independientemente de la estación lluviosa y de la precipitación total durante un período dado. Por ejemplo, ocho meses después de sembrar 312 cultivares en Carimagua (suelos franco arenosos, 2400 mm de precipitación, temperaturas medias nocturna y diurna de 16° y 29°C, respectivamente) y en Media Luna (suelo arenoso, 1320 mm de precipitación y temperaturas medias de 23°C y 32°C), se encontró que todos menos uno fueron susceptibles en Carimagua, en tanto que sólo seis fueron calificados como susceptibles en Media Luna (Cuadro 12).

Las inoculaciones controladas mostraron que los aislamientos de ambas localidades presentan una agresividad similar y que la diferencia en la reacción de la enfermedad fue ocasionada principalmente por efectos climatológicos y edáficos. Los estudios relacionados con el avance de una epidemia de CBB en variedades susceptibles sembradas en Carimagua al inicio de la estación lluviosa más fuerte y 32 días después, mostraron que, a pesar del alto nivel de inóculo potencial presente en la siembra tardía, a) la expresión total de los síntomas de la enfermedad se retrasó 30 días y b) el progreso de la enfermedad fue mayor

Cuadro 12.

Reacción de 312 cultivares al añublo bacterial de la yuca, a los ocho meses después de la siembra, en los ecosistemas de Carimagua y Media Luna, en Colombia.

Evaluación de enfermedades en Media Luna[1]	No. de variedades					
	Evaluación de enfermedades en Carimagua[1]					
	2	3	4	5	Total	%
2	0	1	43	253	297	95.19
3	0	0	3	6	9	2.89
4	0	0	0	6	6	1.92
5	0	0	0	0	0	0
Total	0	1	46	265	312	
%	0	0.30	14.73	84.94		100

1 Evaluación de enfermedades: 2 = manchas angulares y añublo; 3 = síntomas en las hojas y exudación de los tallos y chancros; 4 = muerte descendente y/o defoliación total; 5 = muerte descendente de más de la mitad de la planta o muerte de la misma.

durante la primera que durante la segunda siembra como consecuencia de la disminución en la precipitación y de su distribución (Figura 25).

Con base en estos estudios epidemiológicos se puede afirmar que existe una fuerte interacción entre las condiciones ecológicas y la severidad del CBB. En consecuencia, al seleccionar en el campo por resistencia al CBB, deben estar presentes ciertas condiciones ambientales (duración, cantidad y distribución de las lluvias; temperaturas fluctuantes; e inóculo potencial) y edáficas (humedad del suelo); además, la siembra se debe realizar al inicio de la estación lluviosa.

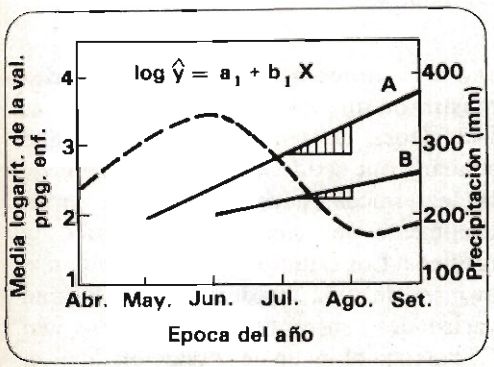

Figura 25. Desarrollo de una epidemia de añublo bacterial de la yuca, en Carimagua, en 100 variedades susceptibles (10 plantas/variedad) sembradas en abril (A) y 25 variedades susceptibles sembradas en mayo (B), con relación a la precipitación mensual. a_1 = intercepto de y - la enfermedad inicial presente; b_1 = valuación del progreso de la enfermedad; X=tiempo.

Aparentemente, es posible reducir la severidad de enfermedades tales como el CBB y el superalargamiento (véase la siguiente subsección), las cuales requieren períodos prolongados para la ocurrencia de la fase exponencial mediante la programación de las siembras con base en la duración de la estación lluviosa. Sin embargo, como el ciclo de cultivo de la yuca es de aproximadamente 12 meses y las estacas de la cosecha anterior generalmente se utilizan para la siembra siguiente, estas enfermedades pueden afectar severamente la estabilidad de una variedad si ésta no presenta resistencia. Para áreas en donde las condiciones ambientales y/o edáficas no favorecen el establecimiento y desarrollo de la enfermedad (como en Media Luna) sería

suficiente que el material tuviera resistencia moderada.

Enfermedad del Superalargamiento

El desarrollo de una epidemia de superalargamiento en variedades susceptibles sembradas en Carimagua al inicio de la estación de mayor pluviosidad y 32 días después, mostró el mismo patrón que el observado para el CBB. Para la segunda siembra también se observó: a) un retraso en la expresión total de los síntomas y b) la severidad de la enfermedad fue mayor durante la primera siembra en comparación con la segunda (Figura 26). El efecto de la precipitación sobre esta enfermedad es comprensible, puesto que las esporas requieren agua libre para su germinación (Informe Anual del CIAT, 1976). Esto también indica que existe una fuerte interacción entre la enfermedad y el ambiente; en sitios en donde la precipitación es dispersa, se reduce la severidad de la enfermedad. En forma similar, cuando se seleccione por resistencia a esta enfermedad, es muy importante sembrar al inicio de la estación lluviosa.

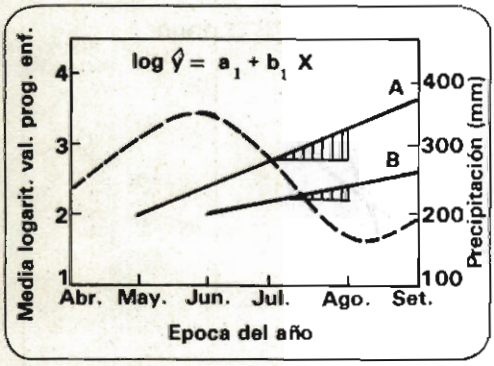

Figura 26. Desarrollo de una epidemia de superalargamiento en Carimagua, en 100 variedades susceptibles (10 plantas/variedad), sembradas en abril (A) y 25 variedades susceptibles sembradas en mayo (B), con relación a la precipitación mensual. a_1 =intercepto de y - enfermedad inicial presente; b_1 = valuación del progreso de la enfermedad; X = tiempo.

La distribución de los cultivares (1348), según la escala de daño, a medida que se desarrolló una epidemia de superalargamiento en Carimagua, mostró una distribución inicial de tipo bimodal en junio, formada por dos grupos — uno incluyendo aquellos cultivares calificados con grados de 4-5 (susceptibles) y el segundo grupo calificado con grados de 1-2 (resistentes). A medida que aumentó la epidemia, la distribución tomó una forma unimodal (Figura 27). En contraste, la distribución formada por el aumento de la epidemia de CBB siempre tuvo una forma unimodal. Este comportamiento de la epidemia de superalargamiento pudo ser ocasionado por: a) la existencia de un tipo de resistencia temprana presente en algunas pero no en todas las variedades de yuca, la cual se rompe con la edad de la planta; b) la presencia de diferentes biotipos (razas) del patógeno con diferentes potenciales de inóculo o c) diferencias pequeñas en el sistema de calificación entre 2-3 ó 3-4. Se están adelantando experimentos para confirmar cualquiera de estos factores.

La posible relación existente entre la reacción varietal al superalargamiento *versus* otras enfermedades de las hojas y tallos en el ecosistema de Carimagua (Cuadro 11) mostró un 12.2 por ciento de los cultivares con resistencia al superalargamiento (una sola enfermedad) pero sólo un 0.6 por ciento resistente a otras enfermedades foliares y del tallo (CBB, antracnosis y manchas foliares ocasionadas por *Cercospora).*

Cuero de Sapo

Se hicieron estudios sobre la transmisión mecánica del cuero de sapo entre variedades de yuca, utilizando cuchillos infestados; también, se inocularon varias especies de plantas diferenciales de enfermedades virales mediante in-

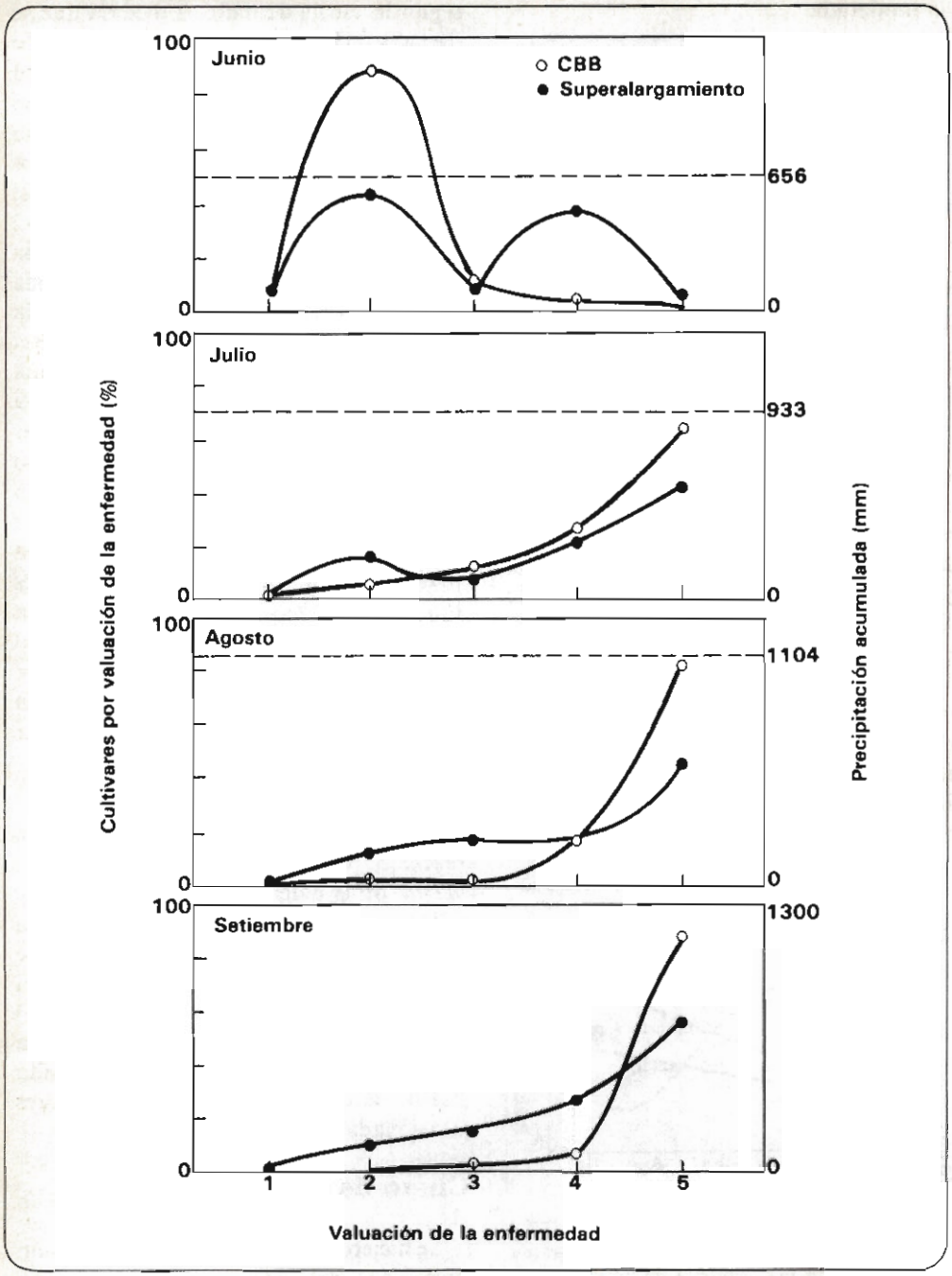

Figura 27. Distribución de cultivares de yuca por valuación de la enfermedad, según el aumento de la epidemia del añublo bacterial de la yuca (CBB) y el superalargamiento, con relación a la precipitación acumulada en Carimagua.

oculaciones por frotamiento de savia. Los resultados indican que la transmisión de la enfermedad mediante cuchillos infestados es relativamente alta; ninguno de los diferenciales inoculados mediante el frotamiento de savia presentó infección. Las plantas obtenidas de semillas por polinización libre producidas en plantas enfermas, resultaron sanas; aún no se ha investigado la transmisión de la enfermedad por medio del polen. Actualmente, la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT está haciendo esfuerzos por obtener plantas libres de la enfermedad mediante el cultivo de meristemos.

Otras Enfermedades de la Yuca

En parcelas experimentales de Carimagua y Media Luna se encontró una especie de *Choanephora* asociada con el CBB. Aparentemente, este patógeno incrementa la ocurrencia del añublo y de la caida de las hojas. Los estudios preliminares mostraron que el hongo penetra por heridas en la planta.

Se evaluaron 373 variedades de yuca por su resistencia a la mancha parda y a la mancha blanca, ocasionadas por especies de *Cercospora*. Los ensayos se realizaron en Media Luna, en donde ambas enfermedades son endémicas. Se encontraron más variedades resistentes a la mancha parda que a la mancha blanca. También, se identificaron algunas variedades con resistencia moderada a ambas enfermedades.

Pudrición Radical

Se determinó el efecto de los residuos de cosecha de cultivos anteriores de yuca sobre la incidencia de la pudrición radical. Las parcelas se establecieron en CIAT-Palmira en donde se había cultivado yuca durante dos ciclos consecutivos antes del experimento. Después de cosechar la segunda siembra, la cual no mostró pudrición radical, se removieron los residuos de cosechas de algunas parcelas y se incorporaron al suelo los residuos de otras. La germinación de estacas seleccionadas de M Col 22 y CMC 84 se redujo en un 11 y 20 por ciento, respectivamente, al comparar las parcelas limpias con las que tenían residuos de cosecha. La incidencia de la pudrición radical en ambas variedades también fue mayor en las parcelas con residuos que en las limpias, y los rendimientos se redujeron a un 17 y 32 por ciento para M Col 22 y CMC 84, respectivamente, en las parcelas con residuos (Cuadro 13). Si estas parcelas se siembran continuamente con yuca, se puede esperar que las infestaciones de estos patógenos presentes en el suelo aumenten drásticamente. Sin embargo, esto depende de las condiciones ambientales y de las características del suelo. Si el suelo se encuentra infestado, es necesario eliminar los residuos de cosecha de la yuca y rotar cultivos o permitir el libre crecimiento de rastrojo durante el siguiente período.

Protección del Material Vegetativo de Siembra

Desinfectantes para Herramientas

Se sumergieron las estacas en soluciones con diferentes desinfectantes utilizados comúnmente para desinfestar herramientas, a fin de determinar si estos productos químicos afectan el enraizamiento posterior de las estacas. Ninguno de los siguientes desinfectantes comunes afectan el enraizamiento: formaldehido (5%, pH 3.4); cloruro de mercurio (1%, pH 4.3); cloruro de sodio (1%, pH 5.5); alcohol (70%, pH 6.6); detergente Inextra (2%, pH 10.5); hipoclorito de calcio (0.5% pH 11.7); hipoclorito de sodio (1%, pH 11.8);

Cuadro 13.

Efectos de los residuos de las plantas de una cosecha anterior de yuca sobre la germinación, incidencia de la pudrición radical y rendimiento de raíces frescas de yuca, en CIAT-Palmira.

Variedad	Condición de la parcela	Germinación (%)	Pudición radical (%)	Rendimiento de raíces (ton/ha)	Reducción del rendimiento (%)
M Col 22	Sin residuos	84.4	2.1	27.5	
M Col 22	Con residuos	73.4	3.5	22.8	17.0
CMC 84	Sin residuos	70.3	4.4	28.8	
CMC 84	Con residuos	50.0	6.1	19.4	32.0

fosfato trisódico (19.5%, pH 12.1); jabón Límpido (20%, pH 12.3); e hidróxido de sodio (0.6, pH 13.0). Los productos químicos con un pH bajo se pueden utilizar para prevenir la diseminación de hongos y bacterias por herramientas infestadas y los de pH alto pueden prevenir la diseminación de virus.

Fungicidas

Se ensayaron varios fungicidas solos y en mezclas, a diversas concentraciones, con el fin de determinar su efecto protector en la forma de inmersiones para las estacas. La mezcla de captan (no sistémico) y BCM (sistémico), cada uno a razón de 3000 ppm, fue el mejor tratamiento. Se observó que la mezcla: a) dió protección contra una amplia gama de patógenos fungosos; b) tuvo un efecto prolongado, especialmente cuando las estacas se almacenaron; c) erradicó algunas infecciones fungosas y d) incrementó el vigor.

Mezclas Fungicidas/Insecticidas

Con el fin de integrar el control de enfermedades e insectos que atacan las estacas, la mezcla de captan/BCM se combinó con varios insecticidas. Las combinaciones que permitieron un 100 por ciento de enraizamiento de las estacas y la germinación de las yemas después de 60 días de almacenamiento fueron las siguientes: a) Fungicidas con malathion (CE 1 ml/litro de agua). El malathion se debe mezclar con el agua antes de agregar los fungicidas para prevenir los efectos de la incompatibilidad. Cuando los fungicidas se mezclaron antes del malathion ocurrió una reacción que inhibió totalmente el enraizamiento y la germinación de las estacas (Figura 28). b) La inmersión de las estacas en una solución de malathion (CE 1 ml/litro de agua) y después de seca, en la mezcla fungicida. c) La inmersión de las estacas en los fungicidas, y posteriormente, el espolvoreo de cada estaca con 1 g de aldrín 2.5.

Este último tratamiento fue uno de los más efectivos, no solamente porque aseguró el enraizamiento y la germinación de las yemas sino también porque redujo el ataque de comejenes durante un experimento realizado en Media Luna. Como los fungicidas disminuyen o eliminan la pudrición de las estacas, se evita el ataque de comejenes el cual parece ser frecuente en las estacas muertas o en los tejidos de tallo.

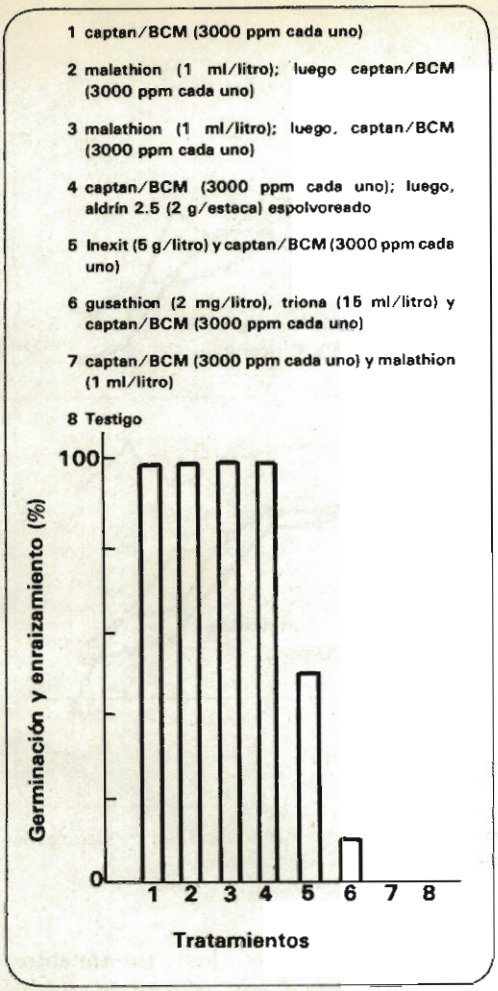

Figura 28. Germinación y enraizamiento de estacas de yuca, después de su tratamiento con mezclas de captan/BCM más insecticidas, y después de su almacenamiento durante 60 días.

Almacenamiento de Estacas

Los cultivadores de yuca suelen almacenar las estacas que plantarán en la siguiente siembra; esta práctica ocasiona pérdidas severas en la población como consecuencia de una mala germinación, de un mal enraizamiento y de una disminución en el vigor de las plantas establecidas. Esto se debe a varios factores: a) deshidratación de las estacas; b) ataque microbiano o de insectos y c) germinación prematura de las yemas, lo cual agota los nutrimentos disponibles. En 1978 se adelantaron trabajos para resolver cada uno de estos problemas.

Deshidratación de las Estacas

La deshidratación de las estacas se evitó mediante su almacenamiento en bolsas de polietileno o tratándolas con alginato sódico (Agricol), una gelatina soluble en agua. La formación de una película seca de esta gelatina sobre la superficie de la estaca permite el intercambio de oxígeno pero evita la pérdida de agua.

Daño por Enfermedades/Insectos

Los daños ocasionados por enfermedades y/o insectos se evitaron mediante el tratamiento de las estacas con soluciones fungicidas/insecticidas antes de su empaque en bolsas de polietileno o agregándole a la solución alginato sódico; si se agrega este último aditivo no es necesario almacenar las estacas en bolsas.

Se obtuvo un 90 por ciento de enraizamiento y germinación de las estacas de 20 cm tratadas con captan/BCM y almacenadas durante 12 semanas en bolsas de polietileno a temperatura ambiente (Figura 29). Aproximadamente, un 95 por ciento de las estacas de 20 cm obtenidas de tallos largos (70 cm) enraizaron y germinaron cuando se almacenaron durante 10 semanas sobre un piso seco, bajo condiciones ambientales (24°C, 80% de HR) después de su tratamiento con captan/BCM (2000 ppm cada uno) (Figura 30). En forma similar, el 90 por ciento de las estacas de 20 cm enraizaron y germinaron después de 90 días de almacenamiento cuando se trataron

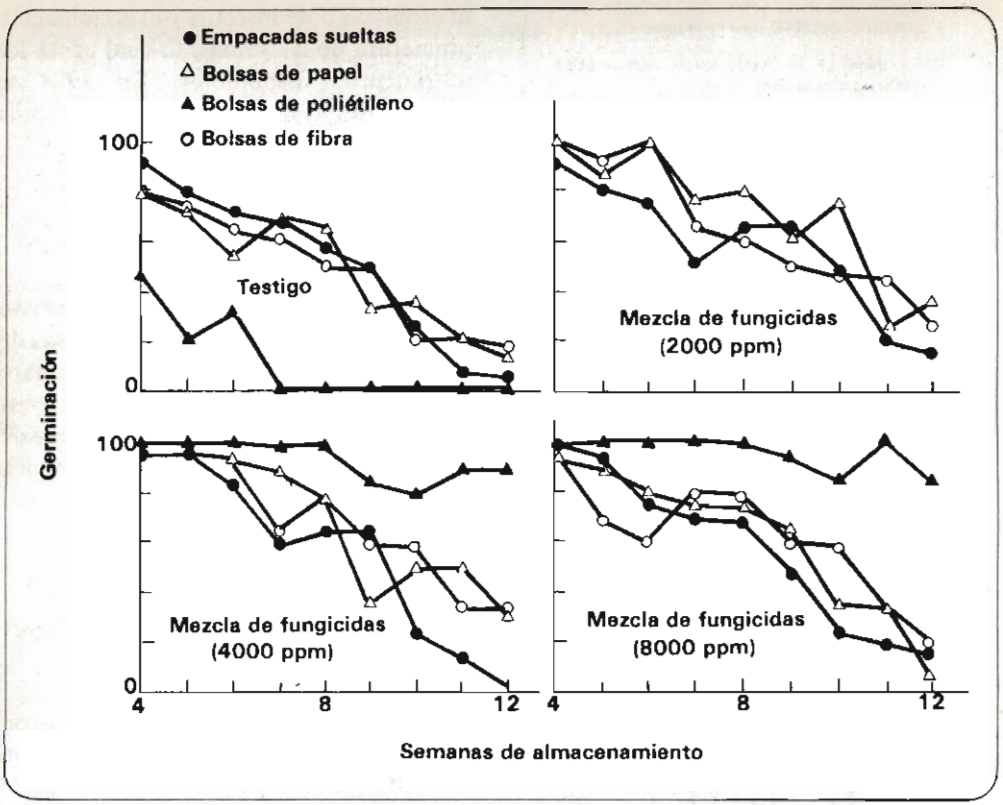

Figura 29. Efectos sobre la germinación de estacas de 20 cm, después de su tratamiento con 3 concentraciones de mezclas de fungicidas captan/BCM y almacenamiento posterior con diferentes métodos.

mediante su inmersión en una solución de captan/BCM (3000 ppm) más alginato sódico (10,000 ppm) y se mantuvieron bajo condiciones ambientales.

El tratamiento de las estacas inmediatamente después de la cosecha, independientemente del tiempo posterior de almacenamiento, aumentó los rendimientos de raíces frescas/ha (Figuras 31 y 32).

Cuando se trataron estacas cortas (20 cm de largo) con fungicidas antes de su almacenamiento, los rendimientos fueron siempre mayores que el testigo y la diferencia obtenida aumentó con el tiempo de almacenamiento (Figura 31).

Los efectos de los tratamientos fungicidas sobre el rendimiento de estacas largas no fueron tan pronunciados como con las estacas cortas; sin embargo, el aumento en rendimiento fue considerable (Figura 32).

Germinación de Yemas

Teóricamente, la germinación temprana de las yemas se puede retrasar o acelerar mediante el uso de reguladores del crecimiento. Se identificaron varios productos químicos que inhiben o aceleran la germinación de las yemas y el crecimiento de retoños. Se iniciaron investigaciones para su utilización, antes y después del almacenamiento de las estacas.

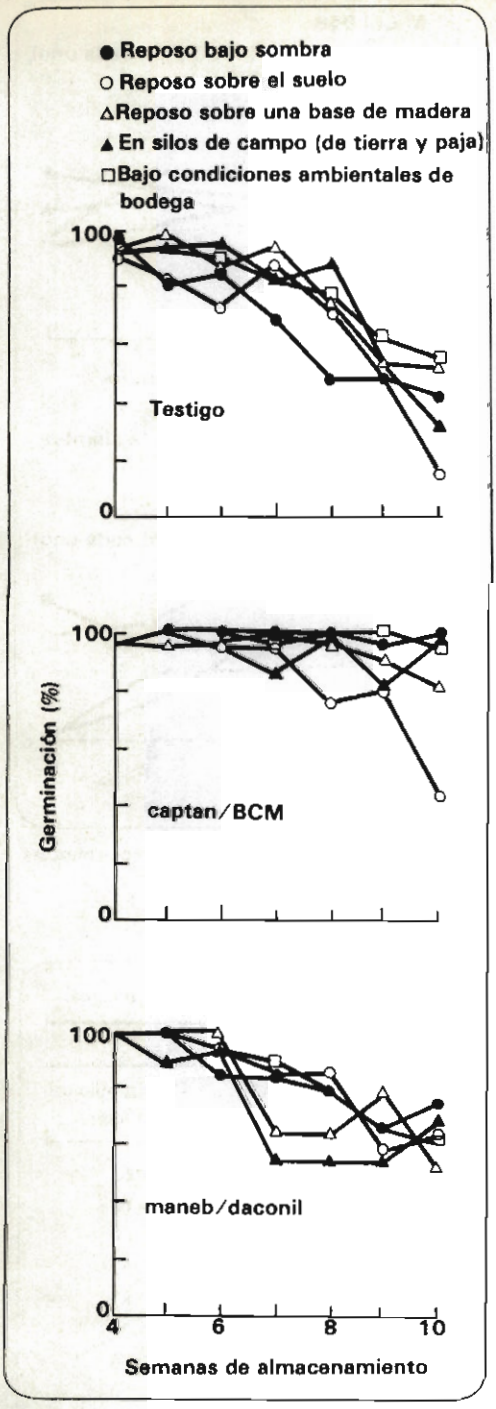

Figura 30. Germinación de estacas de yuca (50 cm de largo), después de su tratamiento con mezclas de dos fungicidas (4000 ppm) y almacenamiento posterior.

Influencia del Ecosistema sobre la Producción de Estacas para Siembra

Además de los estudios mencionados en la primera parte de esta sección relacionados con los Factores Negativos sobre la Producción (FNP) presentes en los ecosistemas, la Sección de Fitopatología del Programa de Yuca también estudió en qué forma estos factores afectan la producción de material vegetal para obtención de estacas. En ecosistemas con severos FNP (como Carimagua y Popayán), se observó una reducción drástica en la producción de estacas por planta y en el enraizamiento de las mismas. Los datos preliminares indican que la producción de estacas en dichos ecosistemas parece estar relacionada con el nivel de resistencia a los FNP presentes en cada ecosistema.

La producción de estacas para siembra por planta puede disminuir en tal medida que una variedad o híbrido introducido y no adaptado podría desaparecer después de unos pocos ciclos de cultivo. De manera similar, el nivel de enraizamiento de las estacas disminuye considerablemente, lo cual conduce a que los cultivares introducidos también pueden desaparecer, después de unos pocos ciclos de cultivo (Cuadro 14).

En vista de que: a) los productores comunmente utilizan material de siembra obtenido de cultivos anteriores o de regiones cercanas; b) la producción de material de siembra certificado y su embarque desde los centros de producción es costoso y riesgoso; y c) en el cultivo de yuca, aparentemente, existen grandes interacciones de tipo ecológico, entonces la producción de estacas/planta/variedad se debe considerar como un factor de importancia en la selección por adaptación y estabilidad.

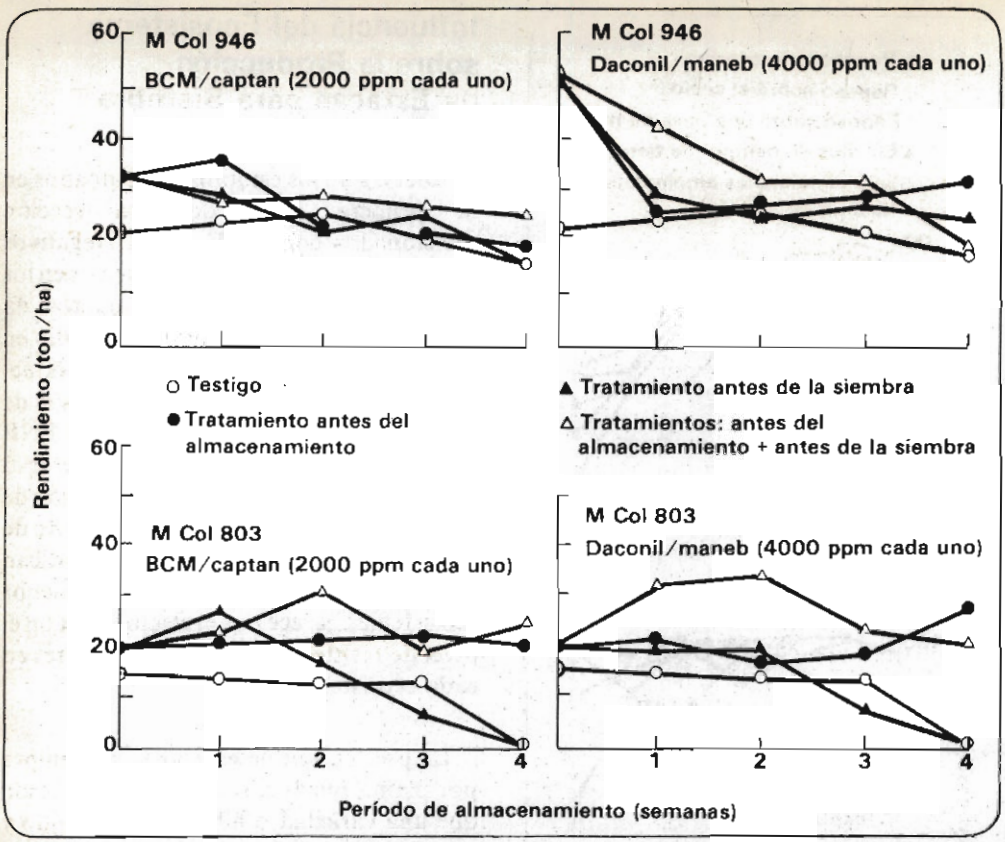

Figura 31. Rendimiento de raíces frescas de plantas de yuca obtenidas de estacas de 20 cm, tratadas con mezclas de dos fungicidas antes y después del almacenamiento.

Cuadro 14.

Producción de estacas de varios cultivares, establecidas en los ecosistemas de CIAT y de Carimagua.

Cultivar	CIAT		Carimagua		
	Estacas/ planta	Enraizamiento (%)	Enraizamiento[1] (%)	Estacas/ planta	Enraizamiento[2] (%)
M Col 113	15	100	95	1	63
M Col 638	12	100	90	3	60
M Col 845A	12	100	80	1	0
M Col 1351	12	100	80	1	50
M Col 1684	10	100	98	3	83
Llanera	10	99	94	1	37
M Pan 19	8	100	100	3	80
M Ven 38	8	100	93	1	70
M Ecu 82	10	100	100	3	70

1 Enraizamiento de estacas provenientes de CIAT-Palmira y sembradas en Carimagua.
2 Enraizamiento en Carimagua de estacas producidas con material proveniente de Carimagua, después del primer ciclo de crecimiento.

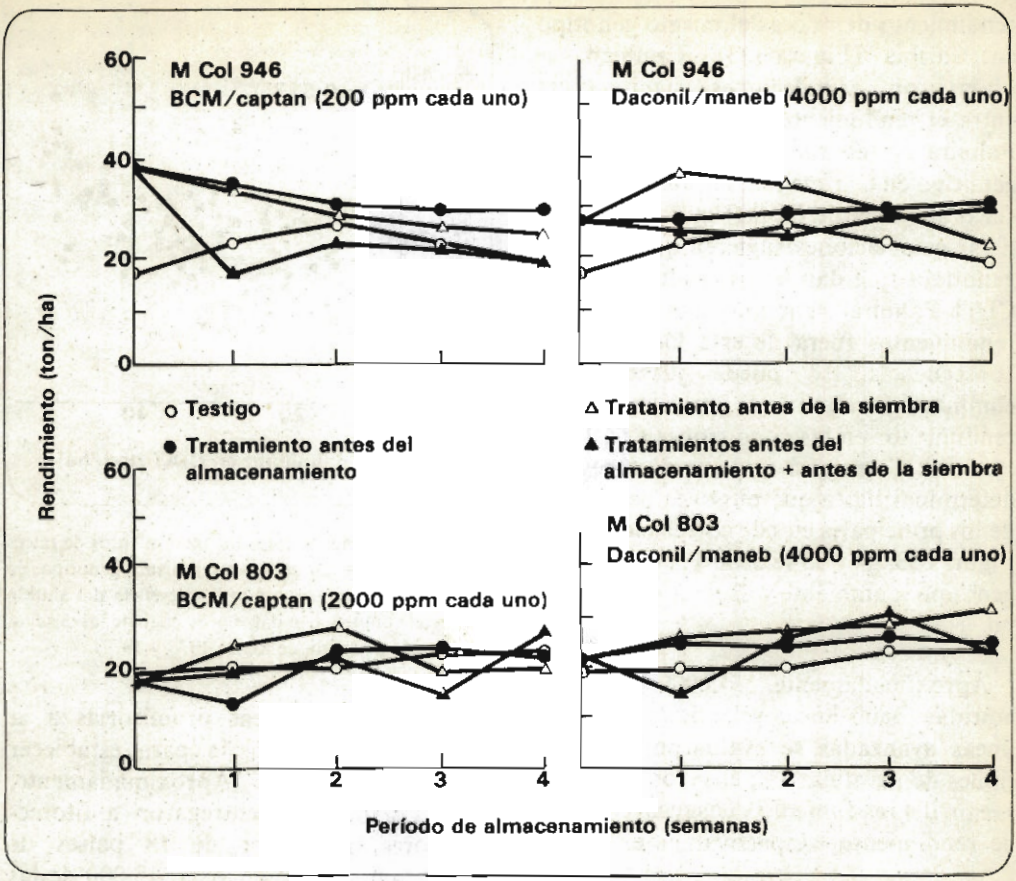

Figura 32. Rendimientos de raíces frescas, en cultivos de yuca, obtenidos de estacas de tallo (longitud: 70 cm) tratadas con mezclas de dos fungicidas, antes y después del almacenamiento.

MEJORAMIENTO VARIETAL

Las principales actividades de la Sección de Mejoramiento Varietal incluyen la identificación de genotipos parentales, la hibridación, la selección de plántulas F_1, la realización de ensayos de observación en hileras individuales, la realización de ensayos repetidos de rendimiento y la identificación de los materiales más promisorios para su multiplicación y para el establecimiento de pruebas regionales por la Sección de Agronomía. Todas estas actividades se llevan a cabo en CIAT-Palmira y los ensayos de observación y los de rendimiento repetidos también se llevan a cabo en Caribia (costa norte de Colombia) y Carimagua (Llanos Orientales). Una adición importante a estas actividades rutinarias en 1978 fue la introducción de la selección de plántulas F_1 en Carimagua.

Las condiciones de CIAT-Palmira son representativas de un ambiente de alto rendimiento; las de Caribia son más representativas de una región productora de yuca y las de Carimagua, representan un ambiente marcadamente adverso. El rendimiento de raíces en CIAT-Palmira mostró una correlación significativa con el

rendimiento de raíces del mismo genotipo en Caribia (Figura 33). También, se observaron correlaciones significativas entre el rendimiento de raíces en CIAT-Palmira y el rendimiento del mismo genotipo en Carimagua, ambos en presencia o ausencia de CBB (Figuras 34 y 35). Estas correlaciones sugieren que aquellos genotipos que dan bajos rendimientos en CIAT-Palmira generalmente dan bajos rendimientos fuera de esta localidad; en consecuencia, se puede justificar la eliminación temprana de genotipos de bajo rendimiento en las condiciones de CIAT-Palmira. Claro está que aún es necesario determinar hasta qué punto la desviación de los principales ejes de correlación en las Figuras 33, 34 y 35 se debe a la interacción genotipo x ambiente y al error experimental.

Aproximadamente, 45,000 semillas híbridas, 3800 líneas seleccionadas y 600 líneas avanzadas se evaluaron en selecciones de plántulas F_1, ensayos de observación del rendimiento y ensayos repetidos de rendimiento, respectivamente. Se entregaron nueve líneas promisorias a la Sección de Agronomía para establecer ensayos avanzados. Aproximadamente, 32,000 semillas se entregaron a fitomejoradores/agrónomos de 18 países de América Latina y de Asia, 18,000 de las

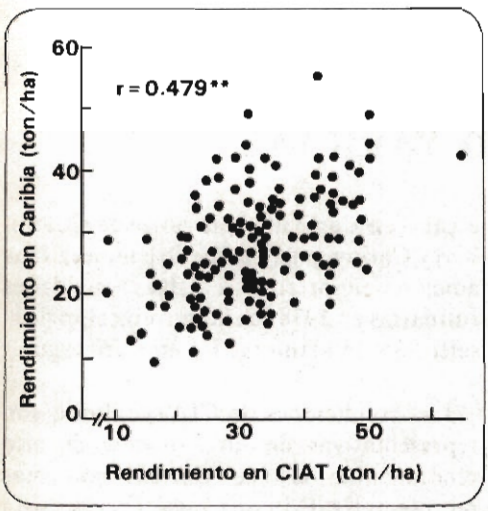

Figura 33. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca en cultivos del mismo genotipo, en CIAT y en Caribia. (Los datos provienen de los ensayos replicados de rendimiento de 1976, 1977 y 1978).

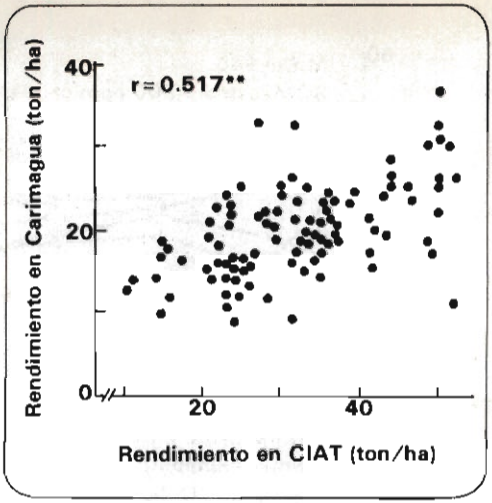

Figura 34. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en cultivos del mismo genotipo, en CIAT y en Carimagua (sin la presencia del añublo bacterial común). Los datos provienen de los ensayos replicados de rendimiento de 1976 y 1977).

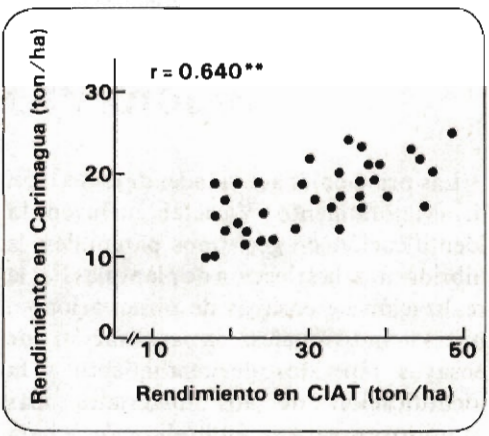

Figura 35. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca en cultivos del mismo genotipo en el CIAT y en Carimagua (con incidencia del añublo bacterial). (Los datos corresponden a la siembra de setiembre del ensayo replicado de rendimiento de 1977-78).

cuales eran semillas híbridas de cruzamientos controlados.

En la producción de semilla híbrida, para la selección de plántulas F_1 que se utilizarán en el establecimiento de los ensayos de observación del rendimiento y los ensayos repetidos de rendimiento, se requiere un período de un año. Por consiguiente, las líneas avanzadas evaluadas en los ensayos replicados de rendimiento en CIAT-Palmira durante 1978, son principalmente hibridaciones hechas en 1974. Las líneas evaluadas en ensayos repetidos de rendimiento en Caribia y Carimagua provinieron de hibridaciones hechas en 1973. A partir de 1978, la Sección de Mejoramiento Varietal puede proporcionar datos bastante completos acerca de los materiales promisorios que se han entregado a la Sección de Agronomía para su multiplicación.

Rendimiento y Adaptación

En todos los seis ensayos repetidos de rendimiento realizados en CIAT-Palmira y en Caribia, las líneas del CIAT (líneas F_1 cruzadas y seleccionadas por la Sección de Mejoramiento Varietal) dieron, en promedio, mayores rendimientos que las accesiones seleccionadas del banco de germoplasma (seleccionadas por la misma sección) (Cuadros 15 y 16). Los rendimientos de las líneas del CIAT y de las accesiones seleccionadas de germoplasma fueron mucho más altos que los rendimientos de los cultivares locales. En Carimagua, las líneas del CIAT y las accesiones seleccionadas de germoplasma presentaron aproximadamente los mismos niveles de rendimiento siendo mucho más altos que los obtenidos con los cultivares locales (Cuadro 17). Las mejores líneas del CIAT sobrepasaron los rendimientos de los cultivares locales en un 200-350 por ciento.

Algunas líneas del CIAT, como CM 305-38, CM 321-188 y CM 323-375, dieron buenos rendimientos bajo las condiciones de CIAT-Palmira (más de 50 ton/ha) y Caribia (más de 40 ton/ha), lo cual indica que no solamente producen altos rendimientos sino que también presentan una amplia adaptación. Como las diferencias ambientales entre CIAT-Palmira y Caribia son representativas de una gran porción de las áreas productoras de yuca, estas líneas avanzadas serán candidatas para su futura entrega a los agricultores como cultivares recomendados, siempre y cuando presenten un buen comportamiento en las pruebas regionales.

La selección por caracteres tales como calidad para el consumo, contenido de almidón y facilidad de cosecha son muy importantes ahora que se ha demostrado su alta capacidad de rendimiento y amplia adaptabilidad. Para condiciones adversas, como las que prevalecen en Carimagua, la prioridad continúa siendo una combinación de la alta capacidad de rendimiento con la resistencia a enfermedades e insectos.

Líneas Promisorias

El Cuadro 18 presenta información sobre diversas líneas avanzadas promisorias. La Sección de Agronomía las está multiplicando y muchas fueron ya sembradas en las pruebas regionales de 1978-79. El primer grupo de líneas promisorias proviene de las hibridaciones hechas en 1973, cuando poco se conocía acerca de la resistencia genética a las enfermedades. Estas líneas no presentan resistencia completa a las enfermedades y pueden ser inadecuadas bajo condiciones altamente adversas, tales como las encontradas en los Llanos Orientales de Colombia y en el Campo Cerrado en Brasil.

Cuadro 15.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento con 434 genotipos de yuca, establecidos en CIAT, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]					
	I		II		III	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	28.5	.340	40.3	.362	34.1	.359
Prom. de los cultivares locales	22.8	.286	23.3	.305	18.9	.341
Prom. de los cultivares testigo[2]	18.9	.326	27.8	.338	27.6	.354
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	24.8	.338	32.8	.345	30.2	.347
Prom. de todas las líneas del CIAT	28.9	.341	41.2	.365	35.6	.364
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	51.3	.343	58.4	.362	53.0	.370
Material con mayor rendimiento	54.2	.350	79.2	.354	67.2	.375
	(CM 440-5)		(CM 489-1)		(CM 321-188)	

1 I — 223 genotipos; sembrados el 3 de mayo de 1977, cosechados el 22 de mayo de 1978. II — 121 genotipos; sembrados el 24 de setiembre de 1977, cosechados el 24 de setiembre de 1978. III — 90 genotipos; sembrados el 15 de noviembre de 1977, cosechados el 13 de noviembre de 1978.
2 Llanera y M Col 22.

El segundo grupo de líneas promisorias proviene de hibridaciones hechas a partir de 1974, o sea, después de que se ha puesto un mayor énfasis en la resistencia a las enfermedades, en el desarrollo del programa de hibridación y selección. Entre estos materiales están surgiendo líneas con alta capacidad de rendimiento, resistencia a las enfermedades y características agronómicas favorables (Cuadro 18).

Resistencia Genética al CBB y al Superalargamiento

Entre las varias enfermedades que atacan a la planta de yuca, el añublo bacteriano (CBB) es el más devastador y el superalargamiento el más conspicuo, posiblemente con la excepción del mosaico africano de la yuca el cual no se ha encontrado en América Latina y en la mayor parte de Asia. La infección de la planta con cualquiera de estas dos enfermedades, durante las etapas tempranas de crecimiento, puede reducir severamente los rendimientos de los genotipos de yuca susceptibles (Informes Anuales del CIAT, 1973 y 1975). La resistencia genética se considera como la mejor medida de protección de la yuca contra las reducciones de rendimiento ocasionadas por las enfermedades.

Cuadro 16.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento, con 117 genotipos de yuca, establecidos en Caribia, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]					
	I		II		III	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	26.7	.285	30.4	.309	29.7	.286
Prom. de los cultivares locales	16.9	.324	26.7	.366	-	-
Prom. de los cultivares testigo[2]	23.2	.261	20.6	.306	17.3	.291
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	23.8	.287	22.0	.339	23.8	.298
Prom. de todas las líneas del CIAT	27.5	.284	32.1	.305	30.6	.283
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	39.7	.296	41.7	.311	37.9	.284
Material con mayor rendimiento	49.4	.299	51.9	.284	54.6	.302
	(CM 309-277A)		(CM 323-403)		(CM 305-38)	

1 I — En Caribia: 64 genotipos, sembrados con estacas de siembra localmente preparadas, el 17 de mayo de 1977 y cosechados el 19 de abril de 1978. II — En Caribia: 30 genotipos, sembrados con estacas de siembra localmente preparadas el 11 de octubre de 1977 y cosechados el 5 de setiembre de 1978. III — Ensayo a nivel de finca, establecido cerca de Ciénaga; 23 genotipos sembrados el 23 de noviembre y el 7 de diciembre de 1977, y cosechados el 23 de octubre de 1978.

2 Llanera y M Col 22.

Muchos genotipos que originalmente se consideraron como resistentes bajo condiciones de infección moderada, resultaron ser susceptibles bajo infecciones severas; sin embargo, se han identificado nuevos genotipos como resistentes. Se analizó bajo condiciones de campo la efectividad de la resistencia actualmente disponible, bajo diferentes niveles de infección de CBB y superalargamiento.

En Caribia, el CBB siempre está presente y puede infectar plantas de yuca desde sus etapas tempranas de crecimiento; sin embargo, el nivel de infección se ha mantenido de bajo a moderado. En estas condiciones, la reducción del rendimiento en plantas altamente susceptibles es de aproximadamente un 20 por ciento y la incorporación de resistencia en genotipos susceptibles puede aumentar sus rendimientos en un 30 por ciento (Cuadro 19). Las estacas de siembra tomadas de un campo de yuca en Caribia, infectado con CBB, se utilizaron en dicho lugar en dos de los tres ensayos repetidos de rendimiento (Cuadro 16). Los rendimientos de las líneas del CIAT fueron muy superiores a los de

Cuadro 17.

Resultados de los ensayos replicados de rendimiento, con 69 genotipos de yuca, establecidos en Carimagua, 1977-78.

	Ensayos establecidos[1]		
	I	II	
	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces
Prom. de todos los genotipos	5.3	15.4	.276
Prom. de los cultivares locales	2.5	9.8	.263
Prom. de los cultivares testigo[2]	2.2	12.3	.270
Prom. de todas las accesiones seleccionadas del germoplasma	5.4	13.5	.280
Prom. de todas las líneas del CIAT	5.3	16.0	.268
Prom. de las mejores 10 líneas del CIAT	6.5	21.2	.283
Material con mayor rendimiento	12.0	24.6	.271
	(M Col 638)	(M Col 1684)	

1 I — 26 genotipos; sembrados el 9 de junio de 1977 y cosechados el 18 de mayo de 1978. II — 43 genotipos, sembrados el 20 de setiembre y el 28 de noviembre de 1977 y cosechados el 2 de octubre de 1978.
2 Llanera y M Col 22.

los cultivares locales. Cuando la infección de CBB es moderada, la preparación de buenas estacas de siembra puede no ser un problema. Aparentemente, todo lo que se requiere para este ambiente es resistencia moderada.

En Carimagua, las plantas de yuca son severamente infectadas por el CBB a menos que se tomen precauciones especiales. Haciendo una siembra temprana (en abril y mayo), ocurre una infección severa en las etapas tempranas del crecimiento (tres meses después de la siembra), en tanto que con la siembra en la estación tardía (setiembre y octubre), las infecciones severas sólo comienzan al inicio de la siguiente estación lluviosa (7 a 8 meses después de la siembra). La disminución del rendimiento en las plantas altamente susceptibles es de aproximadamente un 30 y un 70 por ciento para las siembras tardía y temprana, respectivamente (Cuadro 20).

Las plantas de yuca sufren como consecuencia de la infección por CBB, tanto en términos de los rendimientos de raíces frescas como en su contenido de materia seca. En Carimagua, la alta susceptibilidad de los materiales redujo el contenido de materia seca de las raíces de yuca en aproximadamente un 22 por ciento (Cuadro 21). Un bajo contenido de materia seca en las raíces, en las condiciones de Carimagua, puede ser atribuido a la infección del CBB como también a otros factores del ambiente, como la temperatura.

Para las siembras en la estación tardía, bajo las condiciones de Carimagua, la resistencia actualmente disponible es muy efectiva si se utiliza semilla limpia; sin embargo, para las siembras de la estación temprana, es deseable disponer de niveles de resistencia más altos. Varios genotipos resistentes, recientemente identificados por la Sección de Fitopatología, cons-

Cuadro 18.

Características de algunas líneas híbridas promisorias de yuca.

Cultivar	Cruzamiento (año en el cual se hizo)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha/año)			Contenido de materia seca en las raíces	Calidad para el consumo	Facilidad de cosecha	Color de la cáscara	Reacciones a enfermedades[1]	
		CIAT	Costa Norte	Carimagua					CBB	Superalargamiento
Líneas promisorias										
CM 305-38	M Col 113 x M Col 22 (1973)	34-51	55	20	mediano	buena	fácil	marrón	S	S
CM 305-120	M Col 113 x M Col 22 (1973)	39-51	39	21	bajo	aceptable	promedio	marrón	S	S
CM 305-125	M Col 113 x M Col 22 (1973)	37-48	42	16	mediano	buena	promedio	marrón	S	S
CM 321-188	M Col 22 x M Ven 270 (1973)	61-67	42	14	mediano	aceptable	fácil	blanca	S	S
CM 323-375	M Col 22 x M Mex 59 (1973)	36-63	41	7	mediano	buena	fácil	marrón	S	S
CM 376-407	M Col 22 x M Ven 307 (1973)	27-57	33	8	alto	buena	promedio	blanca	S	S
CM 430-37	Llanera x M Col 647 (1974)	64	-	-	mediano	buena	promedio	marrón	R	MR
CM 459-5	Llanera x M Mex 23 (1975)	40	-	-	alto	buena	difícil	marrón	R	MR
Testigos										
CM 308-197	M Col 22 x M Col 361 (1973)	44-50	33-39	3-21	bajo	mala	difícil	blanca	S	S
M Col 1684		25-51	23-44	10-25	bajo	inaceptable	difícil	blanca	MR	MR
M Col 638		17-31	21-31	12-22	bajo	inaceptable	promedio	amarilla	R	MR
M Ven 218		27-60	21-37	3-13	mediano	buena	difícil	marrón	S	MR
Llanera		20-29	9-19	2-15	bajo	aceptable	difícil	marrón	S	S
M Col 22		13-31	21-35	2-19	alto	buena	fácil	blanca	S	S

1 Valuación por las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) y al superalargamiento: S = susceptible; MR = moderadamente resistente; R = resistente.

Cuadro 19.

Rendimientos de yuca a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial común (CBB), en cuatro ensayos replicados de rendimiento, establecidos en Caribia.

Valuación por CBB[1]	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-
2	69	27.3	10.7-49.7
3	82	26.7	11.3-51.7
4	52	25.0	10.0-41.9
5	13	21.2	12.6-33.5

1 Valuación por resistencia de campo al CBB, a los 6-10 meses después de la siembra: 1=sin síntomas de la enfermedad; 2=síntomas de la enfermedad solamente en las hojas; 3=hojas y tallos infestados; 4=muerte descendente en <50% de las plantas; 5=muerte de la planta o muerte descendente en el 50% de las plantas.

tituirán una importante adición al programa de hibridaciones.

En Carimagua, las plantas de yuca siempre están infectadas por la enfermedad del superalargamiento. Las infecciones severas ocurren siguiendo patrones idénticos a los del CBB cuando la yuca se siembra temprana o tardíamente. Las reducciones del rendimiento en cultivares altamente susceptibles son de aproximadamente un 17 y un 30 por ciento en las siembras tardías y tempranas, respectivamente (Cuadro 22). El superalargamiento no reduce tan drásticamente el contenido de materia seca de las raíces en los materiales altamente susceptibles como ocurre con el CBB (Cuadro 23).

Como los efectos del superalargamiento en el rendimiento y la calidad de las raíces

Cuadro 20.

Rendimientos de yuca a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB), en dos épocas de siembra, en Carimagua.[1]

	Siembra temprana (abril-mayo)[2]			Siembra tardía (set.-oct.)[3]		
Valuación CBB[4]	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango de rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-	0	-	-
2	2	11.1	10.2-12.0	2	19.6	17.0-22.2
3	6	6.5	4.9- 9.5	7	17.6	8.0-24.6
4	7	5.1	1.8- 9.1	19	16.1	10.4-24.0
5	10	3.6	2.5- 5.3	19	13.6	4.2-23.3

1 Un ensayo replicado de rendimiento, en cada época de siembra.
2 Reacción al CBB evaluada 5 meses después de la siembra.
3 Reacción al CBB evaluada 8 meses después de la siembra.
4 Ver pie de cuadro del Cuadro 19, para los puntajes (valuación por CBB).

Cuadro 21.

Contenido de materia seca en las raíces, a diferentes niveles de resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB), en un ensayo de rendimiento replicado, establecido en el ciclo tardío de siembra, en Carimagua.

Valuación por CBB[1]	No. de genotipos	Contenido prom. de materia seca en las raíces	Contenido prom. de materia seca en las raíces sin infección por CBB, en el CIAT
1	0	-	-
2	2	.325	.349
3	7	.285	.342
4	19	.271	.345
5	19	.253	.360

1 Valuación (puntaje) hecha a los 8 meses después de la siembra. Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro del Cuadro 19.

de yuca no son tan severos como los ocasionados por el CBB, los niveles actualmente disponibles de resistencia genética son suficientemente efectivos.

Selección por Resistencia al CBB y al Superalargamiento

Se ha observado un mejoramiento significativo en la reacción al CBB entre genotipos evaluados en ensayos de observación del rendimiento realizados en Carimagua entre 1974 y 1978 (Cuadro 24). Como todas las líneas evaluadas en estos ensayos provienen del CIAT el único aporte al mejoramiento de la resistencia al CBB, durante este período, ha sido la inclusión de genotipos resistentes al CBB, tales como M Col 647 y M Col 638, en el programa de hibridaciones los cuales se

Cuadro 22.

Rendimientos de yuca, a diferentes niveles de resistencia a la enfermedad del superalargamiento, en dos épocas de siembra, en Carimagua.[1]

Valuación por superalargamiento[2]	Siembra temprana (mayo)[3]			Siembra tardía (oct.)[4]		
	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango del rendimiento (ton/ha)	No. de genotipos	Rendimiento prom. de raíces frescas (ton/ha)	Rango del rendimiento (ton/ha)
1	0	-	-	0	-	-
2	18	22.2	12.2-33.0	5	20.6	18.1-24.3
3	10	21.6	13.9-33.0	10	22.5	15.3-36.8
4	10	17.3	9.0-32.3	14	20.7	16.0-25.0
5	12	15.2	10.4-24.0	20	17.6	10.4-24.7

1 Todas las siembras se mantuvieron libres de infecciones causadas por el añublo bacterial de la yuca (CBB).
2 Los puntajes varían ligeramente de los utilizados por la Sección de Fitopatología. 1 = sin síntomas de la enfermedad; 2 = síntomas de la enfermedad solamente en las hojas; 3 = síntomas de la enfermedad en las hojas de todas las plantas y ocasionalmente, alargamiento de los tallos; 4 = 50% de las plantas presentan alargamiento de los tallos; 5 = muerte de hojas por la infección.
3 Datos de un ensayo replicado de rendimiento evaluado 5 meses después de la siembra.
4 Datos de dos ensayos replicados de rendimiento evaluados 10 meses después de la siembra.

Cuadro 23.

Contenido de materia seca en las raíces, a diferentes niveles de resistencia a la enfermedad de superalargamiento, en Carimagua.[1]

Valuación por superalargamiento[2]	No. de genotipos	Contenido prom. de materia seca en las raíces en Carimagua	Contenido prom. de materia seca en las raíces sin superalargamiento, en CIAT-Palmira
1	0	-	-
2	18	.319	.349
3	10	.317	.342
4	10	.311	.354
5	12	.297	.338

1 Datos de ensayos replicados de rendimiento; los experimentos se mantuvieron libres de infecciones por el añublo bacterial de la yuca (CBB).
2 Valuación hecha a los 5 meses después de la siembra (en mayo). Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro 2, del Cuadro 22.

han utilizado como progenitores, y la eliminación de los genotipos extremadamente susceptibles, como M Col 113. Después de un ciclo de selección, en Carimagua, el mejoramiento fue aún más evidente (última línea del Cuadro 24). La correlación de los puntajes dados para evaluar la resistencia al CBB en el mismo genotipo, entre la siembra de 1977 y la siembra de 1978, fue altamente significativa ($r = 0.693^{**}$). Varias líneas han mostrado consistentemente una buena resistencia.

Comparando las reacciones de líneas del CIAT al CBB en Carimagua (infección severa) y Caribia (infección moderada), muchos genotipos con un puntaje de 2 en

Cuadro 24.

Cambios anuales en las reacciones de genotipos de yuca al añublo bacterial (CBB), en Carimagua.[1]

Fecha de siembra	% de genotipos bajo cada puntaje de CBB[2]					Puntaje prom. para la población total	Puntaje prom. de los cultivares testigo		
	1	2	3	4	5		Llanera	M Col 22	M Col 638
Mayo 1974	0	0.3	14	36	52	4.37	3.27	4.17	2.00
Oct. 1975, Mayo 1976, Oct. 1976	Todas las plantaciones se mantuvieron libres del CBB								
Junio 1977	0	3	27	64	6	3.74	3.33	3.64	2.73
Nov. 1977	0	3	20	44	33	4.06	4.35	4.50	3.18
Mayo 1978	0	6	31	43	19	3.76	3.87	4.73	2.67
Mayo 1978 – Después de un ciclo de selección en Carimagua	0	25	47	26	2	3.02	3.50	4.00	2.50

1 Datos de los ensayos de observación del rendimiento excepto para la población seleccionada la cual se siembra como un ensayo repetido de rendimiento.
2 Para los puntajes véase el pie de cuadro 1 del Cuadro 19.

Caribia fueron altamente susceptibles en Carimagua, en tanto que, prácticamente todos los genotipos con un puntaje de 2 en Carimagua continuaron siendo resistentes en Caribia (Cuadro 25). Los genotipos con reacciones susceptibles, bajo las condiciones de Caribia, siempre fueron susceptibles en Carimagua. Esto ocurrió obviamente como consecuencia de la diferencia en la intensidad de la infección, en vez de la interacción de razas de CBB con los genotipos de yuca (véase la Sección de Fitopatología).

Con base en estos resultados se puede establecer que la selección de progenitores resistentes en el campo, bajo las condiciones de Carimagua y su utilización en hibridaciones, es un método muy eficiente para mejorar genotipos de yuca por resistencia al CBB.

Se observó el mismo tipo de mejoramiento de la población con relación a la resistencia al superalargamiento (Cuadro 26) que para la resistencia al CBB. Una gran parte del mejoramiento logrado de 1974 a 1978 se puede atribuir a la inclusión de ciertos genotipos como progenitores, entre ellos M Ven 218 y M Col 1684, eliminando de los programas de hibridación genotipos tales como M Col 113 y M Mex 55.

Cuadro 25.

Comparación de las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) de los mismos genotipos sembrados en ensayos de observación de rendimiento, en Carimagua y en Caribia.

Valuación por CBB en Caribia	Reacción al CBB en Carimagua				
	1	2	3	4	5
	No. de genotipos				
1	0	7	8	5	0
2	0	14	39	55	40
3	0	2	18	47	60
4	0	0	3	18	52
5	0	0	0	1	39

Nuevamente, se logró un mejoramiento significativo cuando se realizó un ciclo de selección de campo en Carimagua (línea inferior del Cuadro 26). La correlación de los puntajes para evaluar la resistencia del mismo genotipo al superalargamiento entre las siembras realizadas en 1977 y 1978 fue altamente significativa ($r = 0.656^{**}$). Muchas líneas han mostrado consistentemente una alta resistencia.

Comportamiento Genético de la Resistencia al CBB y al Superalargamiento

En un ensayo de campo realizado en Carimagua con seis accesiones de germoplasma, en 15 repeticiones, los puntajes de evaluación por resistencia al CBB y al superalargamiento de algunas accesiones variaron ampliamente. Por ejemplo, el puntaje de resistencia al CBB de M Col 638 fluctuó entre 2 y 5 y el puntaje de la resistencia al superalargamiento en la variedad Llanera también osciló entre 2 y 5. Por otra parte, los puntajes de los genotipos susceptibles, como M Col 113, siempre fueron de 5 para ambas enfermedades (Figura 36).

Un análisis estadístico indicó que las seis accesiones fueron diferentes entre ellas, de la siguiente manera: CBB (de resistente a susceptible): M Col 638 > M Col 1684 > Llanera > M Ven 218 = M Col 22 > M Col 113; superalargamiento: M Ven 218 > M Col 1684 = M Col 638 > Llanera > M Col 22 > M Col 113. Esto indica que la resistencia de campo a estas enfermedades son rasgos continuos y controlados por varios genes.

Dependiendo del genotipo parental, las poblaciones F_1 fueron marcadamente

Cuadro 26.

Cambio anual en las reacciones de genotipos de yuca, a la enfermedad del superalargamiento, en Carimagua.[1]

Fecha de siembra	% de genotipos bajo cada puntaje de superalargamiento[2]					Puntaje prom. de la población total	Puntaje prom. de los cultivares testigo		
	1	2	3	4	5		Llanera	M Col 22	M Col 638
Mayo 1974	0	3	15	29	53	4.31	4.23	4.06	3.50
Oct. 1975	0	4	44	25	27	3.74	3.35	4.00	3.00
Mayo 1976	0	6	35	21	40	3.93	3.50	3.25	2.60
Oct. 1976	0	4	9	18	69	4.54	2.75	4.50	3.25
Junio 1977	0	4	29	50	17	3.79	3.75	4.13	3.25
Nov. 1977	0.4	7	32	33	27	3.79	3.94	4.36	3.76
Mayo 1978	1	13	26	34	27	3.72	3.53	3.93	3.29
Mayo 1978 – Después de un ciclo de selección en Carimagua	0	21	43	17	19	3.34	3.00	5.00	3.00

1 Datos de los ensayos de observación del rendimiento, excepto para la población seleccionada, la cual se siembra como un ensayo replicado de rendimiento.
2 Los puntajes son los mismos que se incluyen en el pie de cuadro 2, del Cuadro 22.

diferentes en lo que respecta a su resistencia al CBB y al superalargamiento (Cuadro 27). Casi todas las líneas F_1 provenientes de cruzamientos entre progenitores susceptibles a ambas enfermedades (SM 76-66 x CM 157-9, SM 76-66 x M Mex 59) fueron susceptibles a ambas enfermedades. Por otra parte, el cruzamiento entre M Col 638 (resistente al CBB y moderadamente resistente al superalargamiento) y M Col 1684 (moderadamente resistente a ambas enfermedades) produjo una alta proporción de líneas F_1 resistentes a ambas enfermedades. Los cruzamientos de M Col 638 con M Ven 218, M Pan 70, M Pan 114 y M Mex 17 (altamente susceptibles al CBB y resistentes al superalargamiento) produjeron una alta proporción de líneas F_1 resistentes al superalargamiento. Estos cruzamientos también dieron como resultado un número considerable de líneas F_1 resistentes a ambas enfermedades. El cruzamiento entre M Col 638 y CM 309-56 (resistente al CBB y susceptible al superalargamiento) produjo una proporción extremadamente alta de líneas F_1 resistentes al CBB. Sin embargo,

Figura 36. Dos científicos observan en el campo varias líneas de mejoramiento, en Carimagua.

Cuadro 27.

Diferencia en la resistencia al añublo bacterial de la yuca (CBB) y al superalargamiento entre diferentes poblaciones F_1 cultivadas en ensayos de observación de rendimiento.

Progenitores	No. de líneas evaluadas	% de líneas resistentes a ambas enfermedades		% de líneas resistentes[3]	
		alta[1]	moderada[2]	al CBB	al superalargamiento
SM 76-66 x CM 157-9	128	0	0	0	0.8
SM 76-66 x M Mex 59	76	0	0	0	5.6
M Col 647 x M Col 638	79	0	10.1	19.0	0
M Ven 168 x M Col 638	70	0	11.4	10.1	8.6
M Ven 270 x M Col 1684	88	1.1	1.1	9.1	1.1
M Col 638 x M Pan 70	118	0.8	6.8	1.7	12.0
M Col 638 x M Pan 114	124	0.8	8.9	2.4	12.9
M Col 638 x M Mex 17	64	1.6	9.4	1.6	17.2
M Col 638 x M Ven 218	112	0.9	7.1	4.5	15.2
M Ven 218 x M Col 638	67	4.5	11.9	9.0	21.8
M Col 638 x CM 309-56	37	2.7	16.7	48.6	2.7
M Col 638 x M Col 1684	137	5.1	18.2	32.1	9.5

1 Puntaje 2 (ver el pie de cuadro 1, Cuadro 19 y pie de cuadro 2, Cuadro 22).
2 Puntaje 3.
3 Incluye líneas resistentes (puntaje 2) a ambas enfermedades.

la mayoría de estas líneas F_1 fue susceptible al superalargamiento.

Aunque la resistencia es obviamente un rasgo continuo, se pueden identificar con facilidad cuatro grupos básicos de accesiones del germoplasma y poblaciones F_1 (Cuadro 28). Este agrupamiento indica que las resistencias al CBB y al superalargamiento son genéticamente independientes entre sí y ambas se pueden combinar.

Las correlaciones entre los puntajes promedio de los progenitores y los puntajes de sus correspondientes poblaciones F_1 fueron altamente significativas para el CBB y el superalargamiento (Figuras 37 y 38). Esto indica que una porción importante de la resistencia de campo al CBB y al superalargamiento está bajo el control de genes aditivos. Por consiguiente, es suficiente y efectivo un programa relativamente simple de hibridación.

Selección de Campo de Plántulas por su Resistencia a Enfermedades

En una siembra hecha en Carimagua en mayo de 1978, las plantas no solamente sufrieron a causa de las infecciones por el CBB y el superalargamiento sino también por la antracnosis.

La correlación entre los puntajes combinados de los genotipos parentales, obtenidos para las tres enfermedades, y el porcentaje de supervivencia de las plántulas F_1 correspondientes, fue altamente significativa (Cuadro 29).

También, fue altamente significativa la correlación entre el puntaje de los

Cuadro 28.

Agrupamientos básicos de las accesiones del germoplasma de yuca y de las poblaciones F_1 según sus reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) y a la enfermedad del superalargamiento.

Reacciones	Accesión o línea	Poblaciones F_1
Susceptible al CBB Susceptible al superalargamiento	M Col 113, M Col 22 and M Mex 59	SM 76-66 x CM 157-9 SM 76-66 x M Mex 59 M Col 113 x M Col 22 M Col 22 x M Mex 59 M Col 113 x M Mex 59
Resistente al CBB Susceptible al superalargamiento	CM 309-56	M Col 638 x CM 309-56
Susceptible al CBB Resistente al superalargamiento	M Ven 218, M Mex 17, M Pan 70 and M Pan 114	M Col 638 x M Ven 218 M Col 638 x M Mex 17 M Col 638 x M Pan 70 M Col 638 x M Pan 114
Resistente al CBB Resistente al superalargamiento	M Col 638	M Col 638 x M Col 1684

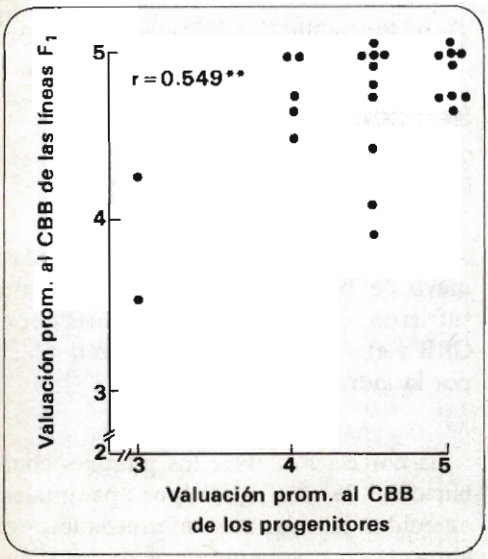

Figura 37. Relación que presentan las reacciones al añublo bacterial de la yuca (CBB) entre progenitores y su correspondiente población F_1, con base en puntajes (valuaciones) promedios. (Los datos provienen del ensayo de observación del rendimiento).

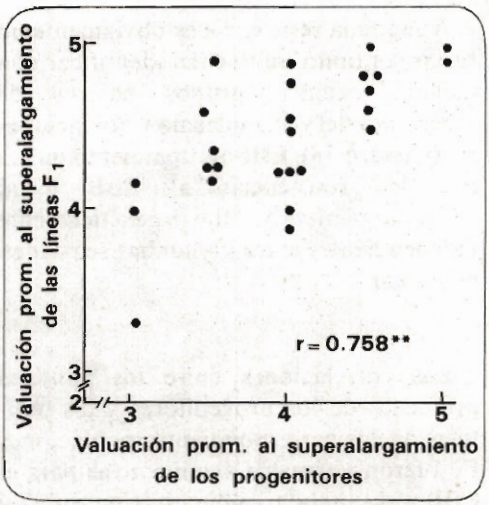

Figura 38. Relación de las reacciones al superalargamiento entre progenitores y sus correspondientes poblaciones F_1, con base en puntajes (valuaciones) promedios. (Los datos provienen del ensayo de observación del rendimiento.)

Cuadro 29.

Relación entre los puntajes (valuaciones) combinados de genotipos parentales por su reacción al añublo bacterial de la yuca (CBB), superalargamiento y antracnosis, y la supervivencia de sus correspondientes plántulas F_1.

Puntaje prom. de 3 enfermedades en las líneas parentales[1]	No. de familias en cada grupo porcentual de plántulas sobrevivientes						
	0%	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-100
2.0	0	0	0	1	0	2	1
2.5	0	0	8	5	4	2	0
3.0	1	8	5	7	7	2	1
3.5	6	10	10	7	4	0	0
4.0	5	13	18	7	4	0	0
4.5	12	10	12	1	0	0	0
5.0	10	8	1	0	0	0	0

1 Las líneas parentales se sembraron por estacas.

progenitores por resistencia al CBB y el porcentaje de plántulas de su progenie infectadas con CBB (Cuadro 30). Sin embargo, el mismo tipo de correlación para el superalargamiento no fue muy significativo ($r = 0.168^*$). Esto pudo haber ocurrido debido a que la infección por superalargamiento ocurrió después de que muchas plántulas habían muerto como consecuencia del CBB y de la antracnosis. Estos resultados indican que la alta correlación de los datos presentados en el Cuadro 29 debe haber ocurrido principalmente debido a la herencia de la resistencia al CBB transmitida de los progenitores a su progenie. Por consiguiente, la selección de plántulas en el campo puede ser el método más simple y efectivo para seleccionar un gran número de genotipos por su resistencia múltiple a enfermedades.

Cuadro 30.

Relación entre el puntaje (valuación) de reacción al añublo bacterial de la yuca (CBB), en líneas parentales, y el porcentaje de plántulas infectadas con CBB entre sus progenies.

Reacción prom. al CBB de las líneas parentales[1]	No. de familias en cada grupo porcentual de plántulas infectadas con CBB					
	0-50%	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
2	3	3	7	10	7	0
3	2	2	16	9	16	19
4	0	1	1	8	21	15
5	0	0	0	3	12	30

1 Las líneas parentales se sembraron con estacas.

AGRONOMIA

En 1978 se cosecharon pruebas regionales establecidas en nueve localidades de Colombia. Estos ensayos incluyeron los primeros nueve híbridos seleccionados por el programa conjunto de fitomejoramiento ICA/CIAT. En las localidades de ensayo que tienen menor altitud, las variedades e híbridos seleccionados por el CIAT dieron un rendimiento promedio del 62 por ciento más que los materiales locales y del 140 por ciento más que el promedio del rendimiento de yuca de Colombia, durante cuatro ciclos de pruebas.

Se han intensificado las pruebas regionales fuera de Colombia. Se cosechó un segundo ensayo en Ecuador y se completó el primer ciclo en Costa Rica. Hay otros países que también están realizando ensayos regionales, los cuales incluyen materiales seleccionados por el CIAT. Durante el año, la Unidad de Propagación Rápida multiplicó 34 híbridos nuevos y 19 variedades seleccionadas. Parte de este material fue enviado a 14 países y el resto fue utilizado por varias secciones del Programa de Yuca del CIAT.

La Sección de Prácticas Culturales completó una serie de ensayos para definir el manejo apropiado de los materiales de siembra con el fin de obtener rendimientos más altos.

Se evaluaron dos implementos agrícolas que ayudan en la labor de cosecha levantando las raíces de yuca del suelo y se compararon con el sistema manual de cosecha.

Este año se continuaron las evaluaciones de los sistemas de cultivo múltiple con yuca y leguminosas de grano, con énfasis en el sistema yuca/*Phaseolus vulgaris* establecido en localidades en donde las condiciones ambientales son adecuadas, y con otras leguminosas de grano en donde las condiciones son demasiado severas para *Phaseolus*.

Se ensayó un diseño de siembra trapezoidal, el cual se encontró que es satisfactorio para evaluar materiales de yuca bajo diversas densidades de siembra.

PRUEBAS REGIONALES

Pruebas Regionales Establecidas en Colombia

Se cosecharon nueve pruebas regionales establecidas en Colombia. El Cuadro 31 presenta algunas características ecológicas y edáficas de estas localidades y el Cuadro 32 presenta los rendimientos de los materiales bajo prueba y de las variedades locales. Con excepción de los resultados obtenidos en Popayán, las variedades e híbridos seleccionados dieron rendimientos considerablemente más altos que los alcanzados con las variedades locales. Esto confirma la necesidad de seleccionar materiales para regiones con temperaturas más frescas, las cuales son de prioridad secundaria en el Programa de Yuca. Entre las 2500 accesiones que aproximadamente forman la colección de germoplasma de yuca del CIAT, sólo un 9 por ciento provino de áreas con altitudes superiores a los 1600 metros. Utilizando este criterio de altitud, los datos de las pruebas regionales se discuten bajo dos grupos — aquellos de siete localidades con altitudes inferiores a

Cuadro 31.

Principales características climatológicas y edáficas de las localidades en donde se realizan pruebas regionales de yuca (ciclo 1977-78).

Localidad	Localización	Altitud (msnm)	Temp. media (°C)	Precipitación[1]	Días hasta la cosecha	Textura del suelo	pH	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/100 g)
Caicedonia, Col.	4°20'N, 75°50'O	1200	22.2	1696	346	Franco limoso	6.0	2.6	22.2	0.17
Carimagua, Col.	4°40'N, 71°24'O	200	26.2	1917	361	Franco arcilloso	4.4	3.1	2.7	0.14
CIAT-Palmira	3°31'N, 76°21'O	1000	23.8	740	307	Arcilloso	7.2	3.7	41.9	0.73
CIAT-Quilichao	3°06'N, 76°31'O	1070	23.0	1771	359	Franco arcilloso	4.2	7.5	3.5	0.44
Media Luna	10°33'N, 74°30'O	10	27.2	857	333	Arenoso	6.5	0.6	6.9	0.08
Nataima	4°10'N, 74°56'O	430	27.8	1077	308	Franco arenoso	5.5	1.0	67.0	0.32
Pereira	4°49'N, 75°41'O	1480	19.0	3091	439	Franco limoso	5.2	8.5	3.3	0.17
Popayán	2°27'N, 76°34'O	1800	18.0	3365	519	Limo arenoso	4.8	4.7	76.0	0.44
Rionegro	7°15'N, 73°09'O	250	27.0	1422	361	Franco arcilloso	6.6	2.0	27.6	0.06
Santa Clara, Costa Rica	10°00'N, 83°42'O	180	22.0	3779	345	Franco limoso	5.3	5.8	3.8	1.04
Pichilingue, Ecuador	1°06'S, 79°29'O	100	25.0	995	265	Limoso	6.5	5.8	51.9	1.03

1 Precipitación total durante el ciclo de crecimiento.

Cuadro 32.

Rendimientos de variedades e híbridos promisorios ICA-CIAT, en nueve localidades de Colombia (Ciclo 1977- 78).

Variedades e híbridos	Localidades[a]								
	Media Luna	Carimagua	Rionegro	Nataima	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	Pereira	Popayán
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								
M Col 1684	25.6[1]	36.1[1]	40.1[1]	31.2[2]		52.0[1]	39.3[1]	39.9[1]	11.1
CM 308-197	15.9[1]	30.1[1]	23.5[1]	36.7[1]	29.9[1]		37.3[1]		
CM 192-1	9.3	28.3[1]	9.7	31.8[1]	30.9[1]	46.7[1]	37.2[1]		
CM 323-87	19.0[1]	24.4	27.2[1]	30.5[1]	19.4	32.6	26.9		
HMC-2	15.6[1]	30.4[1]	18.1[1]	24.0	30.3[1]	37.7	26.3		
CM 309-41	12.2[1]	24.0[1]	21.9[1]	18.3	30.1[1]	42.1[1]	36.2[1]		
CMC-40 (M Col 1468)	22.4[3]	26.3[3]	21.7[3]	27.8[3]	30.1[3]	36.9	23.5	40.4[3]	
CMC-84 (M Col 1513)	13.2[3]	22.3[3]	29.4[3]		31.3[3]	36.8	25.8		
M Mex 59	23.5[3]	15.9[3]	33.5[3]	29.2[3]	14.0	25.1	18.7[3]		
M Col 22	6.9[3]			19.5[3]	22.1[3]		22.6		
HMC-4	13.7	20.1	14.8	24.4	28.6	31.5	33.3		
CM 314-58	11.3	18.3	21.2	19.6	24.8	32.9	25.6		
CM 333-19	10.8	18.3	17.8	15.0	24.0		25.3		
CM 314-66	9.1	14.0	12.6	25.0	18.0		30.6		
SM 1-150	9.4	25.7[1]	6.9	15.7	27.2	38.3			
M Ven 218	14.8[1]		7.8	22.5[2]	31.3[1]	43.2	14.8[2]		
MPTR 26				26.8[2]	27.3[2]			33.0	9.6
M Pan 70				20.9[2]	22.7[2]		15.3[2]	32.6	8.7
M Mex 17				22.2[2]	17.9[2]		13.8	29.2	6.0
M Ven 156	13.8[2]		21.9[2]		26.2[2]			40.0	11.2
M Col 1686				23.1				30.6	15.9

(continúa)

Cuadro 32. (continuación)

Variedades e híbridos	Localidades								
	Media Luna	Carimagua	Rionegro	Nataima	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	Pereira	Popayán
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								
Otras variedades e híbridos		19.0 (15)[3]	32.1 (3)[2]		28.0 (14)[1]	51.6 (4)[1]	19.7 (2)[3]	43.4 (8)[3]	32.7 (11)
			15.2 (1)[2]			46.1 (5)	18.6 (7)[2]	40.7 (10)[2]	31.2 (9)[1]
			12.1 (2)[3]			27.9 (6)		38.5 (9)	6.5 (12)
								35.3 (8)	
								33.3 (11)	
								26.1 (12)	
								17.5 (13)	
Variedades regionales	5.6 (16)	10.1 (17)	12.9 (18)	22.0 (23)	24.2 (20)	45.7 (20)	12.1 (21)	40.1 (21)	40.0 (22)
			10.0 (19)						
Promedio, incluyendo variedades regionales	14.0	22.7	19.5	24.3	25.6	39.2	25.1	34.7	17.2
Mejor variedad o híbrido promisorio	25.6	36.1	40.1	36.7	31.3	52.6	39.3	43.4	32.7

1 y 2 Variedades e híbridos aprobados para el segundo y tercer año de evaluación, respectivamente en cada localidad.

3 Variedades que completaron 3 años de evaluación en la misma localidad.
Las cifras subrayadas indican que los materiales promisorios se utilizaron como testigos en estas localidades.
Otras variedades e híbridos: (1) M Ven 77; (2) M Col 677; (3) CMC 99 = M Col 1529; (4) HMC-7; (5) HMC-1; (6) CM 337-7; (7) M Col 1292; (8) CMC-59 = M Col 1488; (9) CMC-57 = M Col 1486; (10) M Ven 168; (11) M Col 561; (12) M Col 655A; (13) M Col 673; (14) CM 323-375; (15) Chiroza.
Variedades regionales: (16) Secundina; (17) CMC-9 = M Col 1438; (18) Colombiana; (19) Venezolana; (20) M Col 113; (21) Chiroza Gallinaza; (22) CMC-92 = M Col 1522; (23) CMC-84 = M Col 1513.

4 La duración del ciclo de crecimiento, en cada localidad, se presenta en el Cuadro 31.

los 1300 metros y aquellos de dos localidades por encima de los 1500 metros (Cuadro 31).

Localidades Bajas

Las dos variedades que dieron los mejores rendimientos en las localidades bajas fueron M Col 1684, una variedad amarga que es más apta para uso industrial, la cual dió un rendimiento promedio de 37.4 ton/ha para todas las localidades, y CMC 40 con un promedio de 26.9 ton/ha. A pesar de que en Media Luna, Carimagua, Nataima y CIAT-Quilichao se presentaron enfermedades cuya severidad fue variable, M Col 1684 dio un rendimiento 97 por ciento superior a los promedios de las variedades locales. Al mismo tiempo, los mejores cinco híbridos dieron un promedio de aproximadamente 27 ton/ha, lo cual corresponde aproximadamente a un 42 por ciento más que las variedades locales.

Los híbridos evaluados en este ciclo fueron selecciones preliminares que aún no habían pasado todos los requerimientos normales para su selección final por la Sección de Mejoramiento Varietal. Los datos de rendimiento indican que aún falta mejorar considerablemente el rendimiento de las selecciones híbridas, antes de que logren sobrepasar el rendimiento de M Col 1684.

Localidades Altas

En Pereira, la variedad CMC 59 sólo produjo un 8 por ciento más que la variedad local; M Col 1684 y CMC 40 dieron el mismo rendimiento que la variedad local. Bajo las condiciones de Popayán, la variedad local CMC 92 aún no ha sido sobrepasada en rendimiento por variedades o híbridos introducidos.

Ciclo de Producción

El tiempo promedio del ciclo de producción, desde la siembra hasta la cosecha, fue de 443 días para las localidades altas y de 345 días para las localidades bajas. El ciclo más largo en la primera zona sólo permite tres ciclos de prueba durante cuatro años, en tanto que es posible lograr cuatro ciclos de prueba en las localidades más bajas.

Después de cuatro años de pruebas, el rendimiento promedio en las localidades bajas ha sido de 72 kg/ha/día en comparación con 62 kg/ha/día en las dos localidades más altas. Durante los cuatro ciclos de prueba en las localidades más bajas las variedades e híbridos seleccionados han producido rendimientos 62 por ciento mayores que los materiales locales y han dado en promedio un 140 por ciento más que el rendimiento nacional (Cuadro 33). En las localidades más altas los materiales introducidos sólo han logrado sobrepasar a los locales en un 4 por ciento (Cuadro 34).

La consistencia de los datos obtenidos durante cuatro años de pruebas regionales establecidas en Colombia indican con suficiente nivel de confianza que los agricultores pueden duplicar los rendimientos de las variedades locales utilizando las prácticas culturales simples y de bajo costo empleadas en las pruebas regionales. Estas prácticas incluyen:

1. Una buena preparación del suelo.

2. La siembra al inicio de la estación lluviosa, excepto en Carimagua en donde la siembra se debe hacer en setiembre con el fin de reducir la severidad de los daños ocasionados por las enfermedades. Los resultados de las pruebas del primer ciclo

Cuadro 33.

Rendimientos promedio de las tres mejores variedades promisorias, en ocho localidades de Colombia, ubicadas a menos de 1300 m de altitud, en comparación con la mejor variedad local durante cuatro ciclos de prueba.

	Ciclos									
	1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		Prom./Localidad	
Localidad	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local
Caicedonia	37.3	32.3	25.0	15.8	51.2	41.2	38.0	12.1	37.8	25.3
Carimagua	6.2	3.8	25.6	22.9	23.9	17.3	32.2	10.1	21.9	13.5
CIAT-Palmira	40.6	26.8	30.9	22.1	42.6	22.5	31.1	24.2	36.3	23.9
CIAT-Quilichao	-	-	-	-	-	-	50.3	45.7	50.3	45.7
El Tambo	-	-	22.4	22.3	28.4	26.2	-	-	25.4	24.2
Media Luna	26.7	17.7	17.6	4.0	17.1	5.7	23.9	5.6	21.3	8.2
Nataima	41.1	33.6	28.4	16.3	33.6	8.0	33.2	22.0	34.0	19.9
Rionegro	29.7	15.7	21.9	11.7	45.2	16.1	35.2	12.9	33.0	14.1
Prom./Ciclo	30.3	21.7	24.5	15.9	34.6	19.6	34.8	18.9	31.1	19.2

(sembradas en junio) muestran los bajos rendimientos que se deben esperar en Carimagua debido a la siembra en la estación temprana (Cuadro 33).

3. La selección y el tratamiento de las estacas mediante su inmersión, durante cinco minutos, en una suspensión fungicida de mancozeb y maneb (2.2 y 1.25 g/litro de agua, respectivamente).

4. La siembra de las estacas en posición vertical.

5. La siembra a una densidad de 10,000 plantas/ha.

6. Un buen control de las malezas.

7. La siembra en camellones en suelos pesados cuando la precipitación es superior a los 1200 mm/año.

Cuadro 34.

Rendimientos promedio de las tres mejores variedades, en dos localidades de Colombia ubicadas por encima de 1300 m de altitud, en comparación con la mejor variedad local, durante cuatro años (tres ciclos de pruebas).

	Ciclos							
	1974-75		1975-77		1977-78		Prom./Localidad	
Localidad	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local	Promisoria	Local
Pereira	19.8	16.9	44.5	45.8	41.5	40.1	35.2	34.3
Popayan	10.8	14.5	13.3	14.3	34.6	40.0	19.5	22.9
Prom./Ciclo	15.3	15.7	28.9	30.0	38.0	40.0	27.3	28.5

En estas pruebas no se utilizaron fertilizantes, excepto en Carimagua y en CIAT-Quilichao en donde los suelos son ácidos e infértiles. En estas dos localidades, las parcelas se trataron con 500 kg/ha de cal dolomítica (tamiz-100), 1 ton/ha de fertilizante 10-20-20 aplicado en bandas (la mitad al momento de la siembra y el resto 60 días después) y 15 kg de Zn/ha. Las parcelas no recibieron riego ni se protegieron contra insectos o enfermedades.

Pruebas Regionales Establecidas Fuera de Colombia

En el segundo ciclo de pruebas regionales completado en Ecuador, las selecciones del CIAT nuevamente fueron supériores a las variedades locales (Cuadro 35). Las tres mejores variedades — MPTR 26, CMC 40 y M Mex 17 — dieron un rendimiento que era 40 por ciento superior al de la variedad Yema de Huevo, la mejor

Cuadro 35.

Rendimientos de las variedades promisorias de yuca ICA-CIAT, cosechadas en las pruebas regionales internacionales, durante el ciclo 1977-78.

Variedades	Localidad	
	Santa Clara, Costa Rica	Pichilingue, Ecuador
	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	
M Col 1684	30.3	23.6
CMC-84 = M Col 1513	26.2	20.6
M Mex 59	27.9	12.5
CMC-40 = M Col 1468	22.0	26.4
M Pan 70	16.2	21.0
M Ven 168	21.1	23.4
M Col 677	13.1	13.0
M Col 655A	10.6	11.8
M Mex 17	17.9	25.0
MPTR-26		26.7
CMC-76 = M Col 1505	21.8	
M Col 22	19.7	
M Ven 218		24.3
M Col 561		21.4
M Col 1686		13.8
Variedades regionales		
Valencia	14.8	
Yema de Huevo		18.6
Quintal		15.0
Promedio, incluyendo variedades regionales	20.1	19.8
Mejor variedad promisoria	30.3	26.7

variedad local. Ningún insecto o enfermedad de importancia económica afectó este ensayo. La variedad M Mex 59, la cual dio los mejores rendimientos en el ciclo anterior (28.3 ton/ha) ocupó el penúltimo lugar durante esta estación, como consecuencia de la inundación de las parcelas en donde se sembró.

Se cosechó en Costa Rica la primera prueba regional. La mayoría de las variedades introducidas provenientes del CIAT sobrepasaron en rendimiento a la variedad local y el rendimiento promedio de las mejores tres variedades fue aproximadamente un 90 por ciento superior al rendimiento de la variedad local. Los ácaros, los trips y la enfermedad del superalargamiento afectaron este ensayo.

Tanto en Costa Rica como en Ecuador, las variedades M Col 1684 y CMC 40 dieron buenos rendimientos lo cual indica que estos dos materiales tienen una amplia adaptación. Los resultados obtenidos en todas las pruebas regionales demuestran que ya se dispone de tecnología adecuada para aumentar la producción de yuca y que hay algunas variedades seleccionadas que pueden producir más que los materiales locales. Estas variedades superiores están siendo utilizadas por la Sección de Mejoramiento Varietal como progenitores para hacer cruzamientos seleccionados.

PRACTICAS CULTURALES

Manejo del Material de Siembra

Madurez de las Estacas

Se tomaron estacas de siembra de las porciones superior (más joven), media e inferior (más madura) de los tallos de plantas de un año de edad de tres variedades. Las estacas se sembraron en posición vertical, se regaron cuando la precipitación fue deficiente y se retrasplantaron cuando fue necesario con el propósito de obtener una población óptima. Las estacas de las porciones superior y media del tallo germinaron bien en todos los casos pero las estacas tomadas de las porciones más bajas del cultivar M Mex 52 presentaron una germinación baja (Cuadro 36). Las plantas obtenidas de estacas tomadas de la parte superior del tallo dieron los mayores rendimientos para la variedad vigorosa M Mex 59, debido a su alto índice de cosecha. Es probable que el menor vigor inicial haya producido Indices de Area Foliar (IAF) cercanos al óptimo y por lo tanto, con este tratamiento se obtuvieron mayores rendimientos. Los resultados promedio del comportamiento de las tres variedades indican que las estacas tomadas de la parte superior de la planta dan los rendimientos más altos (Figura 39) pero que, bajo buenas condiciones, se pueden utilizar las estacas de la parte superior y de la parte media de una variedad vigorosa. No se recomienda utilizar estacas de la porción más baja de los tallos de plantas vigorosas.

Profundidad de Siembra

Se sembraron estacas de 30 cm de largo del cultivar CMC 40 en camellones, en posición vertical y a 10, 20 y 30 cm de profundidad. Los rendimientos y los índices de cosecha no fueron significativamente diferentes con relación a la profundidad de siembra pero este parámetro afectó la formación de raíces a lo largo de la porción enterrada de la estaca. Las raíces se amontonaron alrededor de la base cuando las estacas se sembraron a sólo 10 cm de profundidad, pero se distribuyeron a lo largo de la estaca y presentaron pedúnculos cuando se enterraron a mayores profundidades. Las estacas se deben sembrar verticalmente a

Cuadro 36.

Efectos del origen y la madurez de las estacas de siembra sobre la germinación, índice de cosecha y rendimiento, de tres variedades de yuca.

Origen de la estaca en el tallo	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas	
			Total	Comercial
			(ton/ha)	
M Mex 52				
superior	93.0	0.34 a[1]	18.5 a	12.8 a
media	91.1	0.30 a	18.1 a	13.1 a
inferior	74.5	0.29 a	16.8 a	10.2 a
M Mex 59				
superior	93.6 b	0.35 a	17.4 a	12.0 a
media	96.9 a	0.26 b	11.8 b	6.2 b
inferior	98.5 a	0.26 b	12.5 b	6.4 b
CMC 40				
superior	100 a	0.49 a	28.8 a	26.3 a
media	100 a	0.50 a	31.5 a	27.9 a
inferior	100 a	0.44 a	26.4 b	22.5 b

1 Las medias para cada variedad y dentro de las columnas que están seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P=0.05.

sólo 10 cm de profundidad para facilitar la siembra y la cosecha.

Longitud de la Estaca

Se sembraron en terrenos de CIAT-Palmira estacas de 20, 40 y 60 cm de longitud. Todas las estacas se seleccionaron cuidadosamente y se trataron. Las estacas de 20 cm de longitud dieron un rendimiento significativamente mayor que las estacas de 40 y 60 cm (Cuadro 37).

Posición de Siembra de las Estacas

Se tomaron estacas de 10 variedades de yuca y se sembraron en diferentes fechas en tres posiciones: vertical, inclinada y horizontal con el fin de producir efectos estacionales sobre la germinación. Las estacas sembradas en posición vertical germinaron mejor en todos los casos y el resultado fue mucho más ventajoso cuando la precipitación fue mínima durante los primeros 30 días (Cuadro 38). Cuando se estableció un ensayo similar y se esperó hasta obtener el rendimiento final a los 11 meses, se determinó que la germinación fue mayor y que los rendimientos fueron también significativamente mayores para las estacas sembradas en posición vertical (Cuadro 39). La tasa de emergencia de retoños fue significativamente mayor para las estacas sembradas verticalmente o en posición inclinada que para las sembradas horizontalmente (Figura 40).

Angulo de Corte

La forma de cortar las estacas — corte en ángulo recto o en ángulo agudo — no afectó significativamente los rendimientos. Sin embargo, las raíces se distribuyeron más uniformemente en las estacas cortadas en ángulo recto, lo cual indica que este sistema es el mejor.

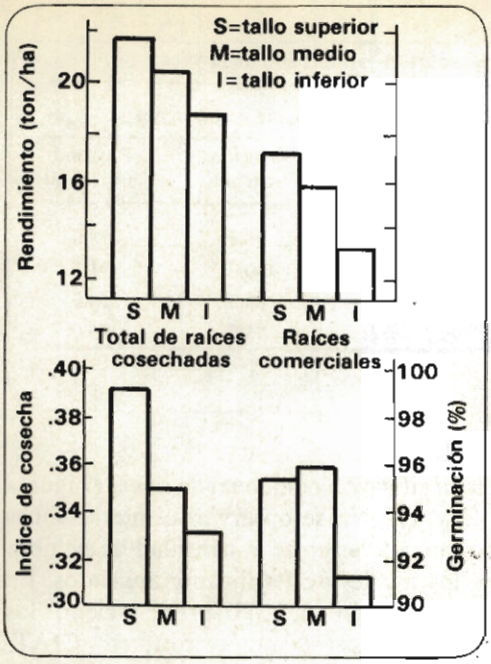

Figura 39. Efecto de la madurez de la estaca de siembra (posición en el tallo) sobre la germinación promedio, índice de cosecha y rendimientos de raíces, en tres variedades de yuca.

Con base en estos resultados se recomienda que, para obtener rendimientos más altos, se deben cortar estacas de 20 cm de longitud en ángulo recto, tomadas de las porciones superior y media de plantas vigorosas, cuidadosamente seleccionadas y tratadas, y sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad.

Ordenamientos Espaciales

Las variedades de yuca M Col 22, M Mex 59 y CMC 40 se sembraron a densidades de 10,000 y 15,625 plantas/ha, en patrones de siembra cuadrados y rectangulares. Los rendimientos obtenidos entre variedades no fueron significativamente diferentes para los dos tratamientos (Figura 41), lo cual confirma los resultados observados el año anterior (Informe Anual del CIAT, 1977). La densidad de siembra y la selección de las variedades mejor adaptadas parecen ser factores más importantes que el patrón de siembra, para obtener altos rendimientos. El hecho de que un patrón de siembra de 2 m (entre hileras) x 0.5 m (entre plantas en una hilera) da los mismos rendimientos que un patrón de siembra de 1 x 1 m, tiene importantes implicaciones generales de carácter agronómico. Los espaciamientos más anchos pueden permitir un control más fácil de las malezas, facilitar la cosecha de cultivos múltiples y permitir que queden franjas sin cultivar entre las hileras, con el fin de controlar la erosión.

Ensayos de Fertilidad a Largo Plazo

Como consecuencia de problemas serios ocasionados por enfermedades e insectos en Carimagua, se descontinuaron en esa

Cuadro 37.

Efecto de la longitud de la estaca de siembra en la germinación, el índice de cosecha y el rendimiento de la yuca.

Longitud del tallo (cm)	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	
			Total	Comercial
20	77.9 a[1]	0.38 a	30.8 a	27.6 a
40	78.4 a	0.36 ab	27.4 b	24.0 b
60	77.0 a	0.34 b	27.5 b	23.9 b

1 Las medias, dentro de las columnas seguidas por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de P= 0.05.

Cuadro 38.

Efecto de la posición de la estaca y época de siembra, sobre la germinación de la yuca.[1]

Fecha de siembra	Precipitación durante los primeros 30 días (mm)	Porcentaje de germinación		
		Posición vertical	Posición inclinada	Posición horizontal
Marzo 29	215	97.5	98.5	98.0
Mayo 30	5	100	100	91.5
Julio 29	25	91.5	88.0	54.0
Set. 30	116	99.0	96.0	95.0

1 Promedio de 10 variedades.

localidad los ensayos de fertilidad a largo plazo. Los ensayos del segundo ciclo, establecidos en CIAT-Palmira y en Caribia, se cosecharon durante 1978 y se sembró el tercer ciclo. Los resultados obtenidos fueron similares a los del año pasado (Informe Anual del CIAT, 1977). Se encontraron diferencias significativas ($P = 0.05$) en rendimiento entre las variedades, pero las aplicaciones de fertilizantes no afectaron significativamente los rendimientos ni en CIAT-Palmira ni en Caribia (Cuadro 40). En ambas localidades una densidad de siembra de 10-15,000 plantas/ha tendió a producir mayores rendimientos totales que densidades de 5,000 ó de 20,000 plantas/ha. Se encontraron tendencias similares en términos de la producción comercial de raíces (Figuras 42 y 43). No se observaron interacciones significativas entre la densidad de siembra y los niveles de fertilizante aplicados. En comparación con el primer ciclo, los rendimientos disminuyeron en CIAT-Palmira, a pesar de que en el segundo año, hubo mayor precipitación. En Caribia, los rendimientos permanecieron relativamente constantes.

El Cuadro 41 presenta los diferentes niveles de fertilidad de los suelos en las dos localidades, después del segundo ciclo de cultivo. En Caribia, en donde no se aplicó P, tanto las parcelas fertilizadas (N-K-Zn) como las testigo, presentaron el mismo contenido de P en el suelo; en CIAT-

Cuadro 39.

Efectos de la posición de siembra de la estaca sobre la germinación, el índice de cosecha y el rendimiento de yuca.[1]

Posición de siembra	Germinación (%)	Indice de cosecha	Rendimiento de raíces frescas	
			Total	Comercial
			(ton/ha)	
Vertical	89.2 a[2]	0.36 a	31.1 a	27.4 a
Inclinada	85.6 a	0.36 b	27.6 b	24.2 b
Horizontal	58.6 b	0.35 a	27.0 b	23.9 b

1 Promedio de dos variedades.
2 Los promedios, dentro de una columna seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.

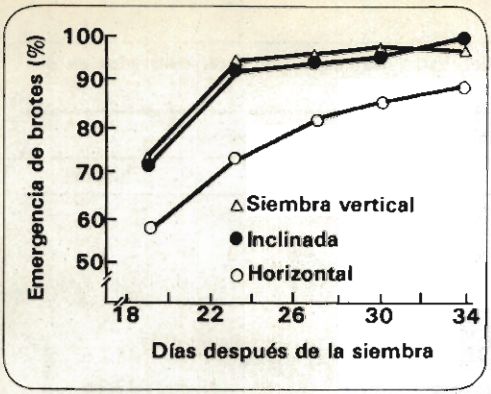

Figura 40. Efecto de la posición de siembra para la estaca, sobre las tasas promedio de emergencia, en 10 variedades de yuca, durante cuatro ciclos de siembra.

Palmira las parcelas fertilizadas con P mostraron un mayor contenido de P en el suelo que las parcelas testigo. Sin embargo, el contenido de P en el suelo de ambas localidades está disminuyendo. Este estudio continuará, por lo menos, durante tres ciclos de cultivo más.

Diseño de Siembra Trapezoidal

En el cultivo de yuca, los ensayos de densidad de siembra tienen un alto costo debido a la gran extensión de terreno que se necesita. Adaptando el diseño de siembra en abanico (Informe Anual del CIAT, 1974), en el cual las hileras de plantas se mantienen en disposición paralela y a la misma distancia (variando solamente las distancias entre plantas), resultó un diseño como el ilustrado en la Figura 44. Este patrón de siembra es muy fácil de establecer. Este diseño permite estudiar 12 densidades de siembra, entre 5000 y 20,000 plantas/ha, con cuatro repeticiones, en una superficie total de 1200 m².

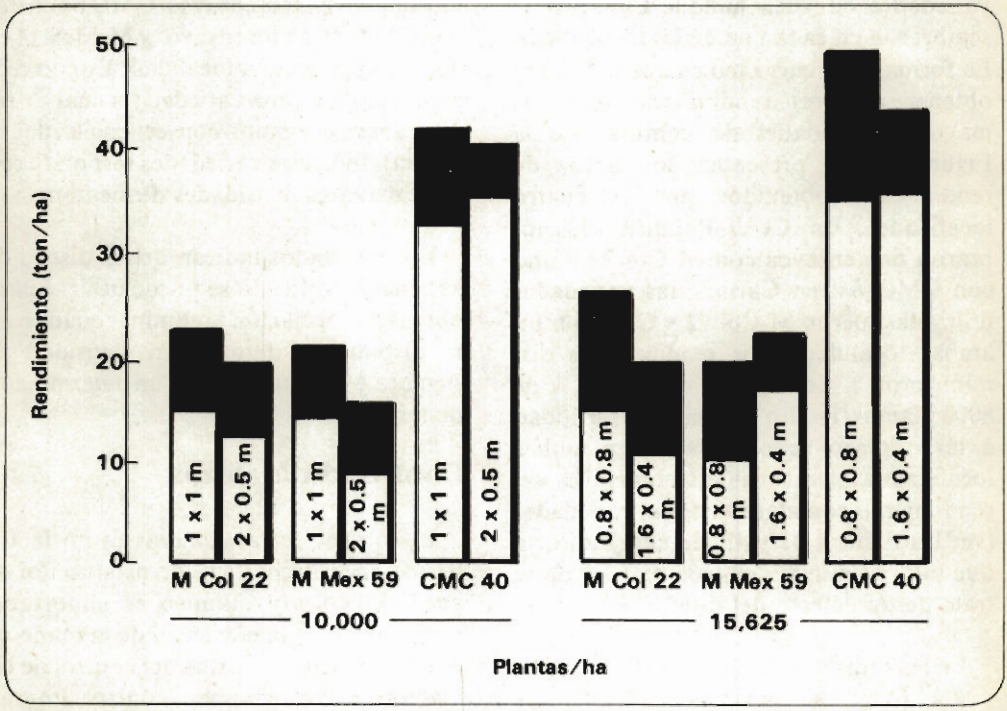

Figura 41. Efectos de varios patrones de siembra — cuadrados y rectangulares — sobre los rendimientos de raíces frescas de tres variedades de yuca, sembradas en dos densidades. (Las cifras dentro de las barras corresponden a las distancias de siembra.)

Cuadro 40.

Efectos de la fertilización en los rendimientos de cuatro variedades de yuca, cultivadas en dos localidades.[1]

Tratamiento	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)			
	CMC 40	M Col 22	M Mex 59	Chiroza
CIAT				
Testigo	33.4 a[2]	24.8 a	20.5 a	-
Con fertilizante[3]	33.6 a	23.6 a	19.3 a	-
Caribia				
Testigo	31.9 a	31.7 a	-	18.1 a
Con fertilizante[4]	36.6 a	35.1 a	-	17.9 a

1 Medias de cuatro densidades de siembra.
2 Las medias, dentro de una columna seguidas por la misma letra, no son significativamente diferentes a un nivel de $P = 0.05$.
3 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 y 100 kg de K_2O/ha
4 50 kg de N, 150 kg de K_2O y 20 kg de Zn/ha.

Se cosecharon 13 de estos diseños trapezoidales, en cuatro localidades (Figura 45). Los diseños incluyeron cuatro variedades de yuca aunque éstas no se sembraron en cada una de las localidades. La forma de la curva indica que se pueden obtener mayores rendimientos con las mayores densidades de siembra. En la Figura 46 se presentan los datos de rendimiento obtenidos en las cuatro localidades. En CIAT-Palmira se sembraron dos ensayos con M Col 22 y uno con CMC 84; en Caribia, las variedades utilizadas fueron M Col 22 y CMC 40. En ambas localidades los rendimientos disminuyeron a densidades de 11,000 ó de 8000 plantas/ha. En el ensayo de fertilidad a largo plazo se observaron en ambas localidades las mismas disminuciones del rendimiento con algunas de las variedades (ver las Figuras 42 y 43), lo cual indicaría que tales disminuciones son reales y no se trata de un defecto del diseño.

En las otras dos localidades (Carimagua y La Idea), se observaron tendencias similares para los datos de rendimiento, aunque a diferentes niveles. La Figura 47 presenta los rendimientos de cada variedad en todas las localidades. La variedad M Col 22 se sembró en las cuatro localidades en un total de seis ensayos, CMC 40 en dos localidades en tres ensayos, CMC 84 en dos localidades y en un ensayo y M Mex 11 en dos ensayos en una localidad. Con excepción de esta última variedad (la cual sufrió severamente como consecuencia de la sequía), todas las variedades respondieron a las mayores densidades de siembra.

Los resultados indican que el diseño de abanico modificado se puede utilizar para obtener información preliminar cuando no se dispone de datos sobre densidad de siembra y rendimientos de un determinado material.

Control de Malezas

El control de las malezas es un factor básico en la tecnología de producción de yuca. El control químico es importante para aumentar la eficiencia de la mano de obra y reducir los costos del control de las malezas. Por otra parte, el control cultural, por medio del intercalamiento de cultivos, los cultivos de relevo, la rotación de cultivos y la siembra de cultivos de

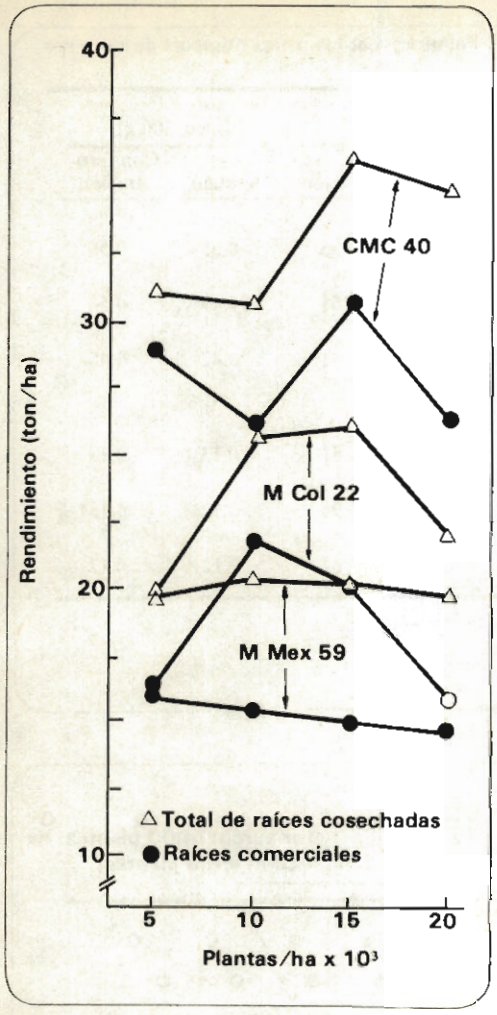

Figura 42. Efectos de la densidad de siembra en los rendimientos de raíces frescas, de tres variedades de yuca, en el CIAT.

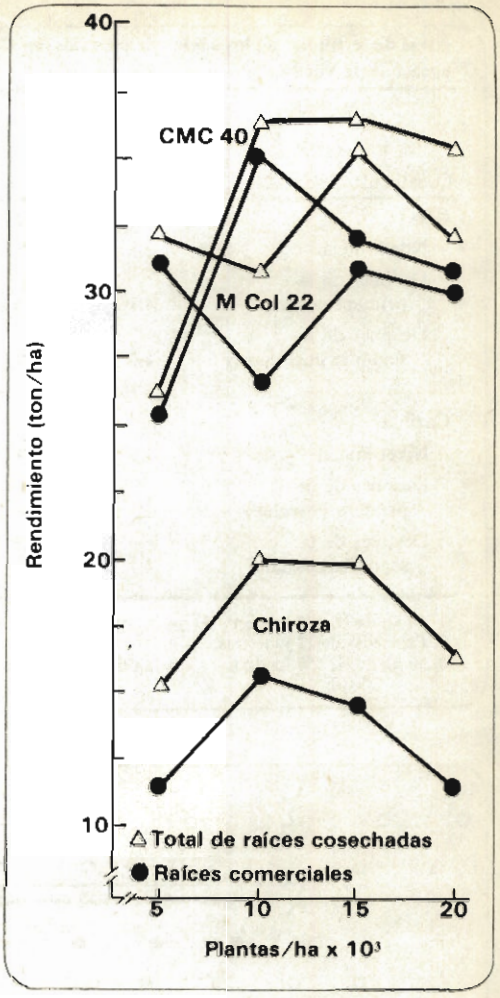

Figura 43. Efectos de la densidad de siembra en los rendimientos de raíces frescas de tres variedades de yuca, cultivadas en Caribia.

cobertura, es una alternativa de bajos insumos pero que requiere el uso intensivo de mano de obra. Las investigaciones actuales están dirigidas hacia el desarrollo de sistemas efectivos de control de malezas utilizando una combinación de métodos químicos y culturales.

Selección de Herbicidas Nuevos

Se evaluaron cinco herbicidas preemergentes y tres compuestos experimentales en comparación con los herbicidas diuron y alachlor, de utilización muy frecuente. Los herbicidas se aplicaron en la dosis recomendada y al doble y cuadruple de esta dosis, con el fin de evaluar su selectividad y eficiencia para el control de malezas. La variedad CMC 40 se sembró bajo las condiciones de CIAT-Palmira (suelo pesado franco arcilloso) en camellones, a distancias de siembra de 1 x 1 m. Durante los primeros tres meses después de la siembra, los ensayos recibieron un total de 257 mm de

Cuadro 41.

Nivel de fertilidad de los suelos de parcelas, en CIAT-Palmira y Caribia, antes y después de una o dos cosechas de yuca.

Localidad	Materia orgánica (%)		P, Bray II (ppm)		K (meq/100 g)	
	Testigo	Con fertilización	Testigo	Con fertilización	Testigo	Con fertilización
CIAT[1]						
Nivel inicial	3.8	3.8	36	36	0.55	0.55
Después de la primera cosecha[2]	4.1	4.2	46	51	0.49	0.54
Después de la segunda cosecha[2]	4.0	4.0	31	41	0.42	0.45
Caribia[3]						
Nivel inicial	1.9	1.9	81	81	0.13	0.13
Después de la primera cosecha[2]	2.3	2.4	93	96	0.12	0.13
Después de la segunda cosecha[2]	2.1	2.0	66	67	0.12	0.12

1 50 kg de N, 100 kg de P_2O_5 y 100 kg de K_2O/ha aplicados por año.
2 Promedio de 12 muestras.
3 50 kg de N, 150 kg de K_2O y 20 kg de Zn/ha aplicados por año.

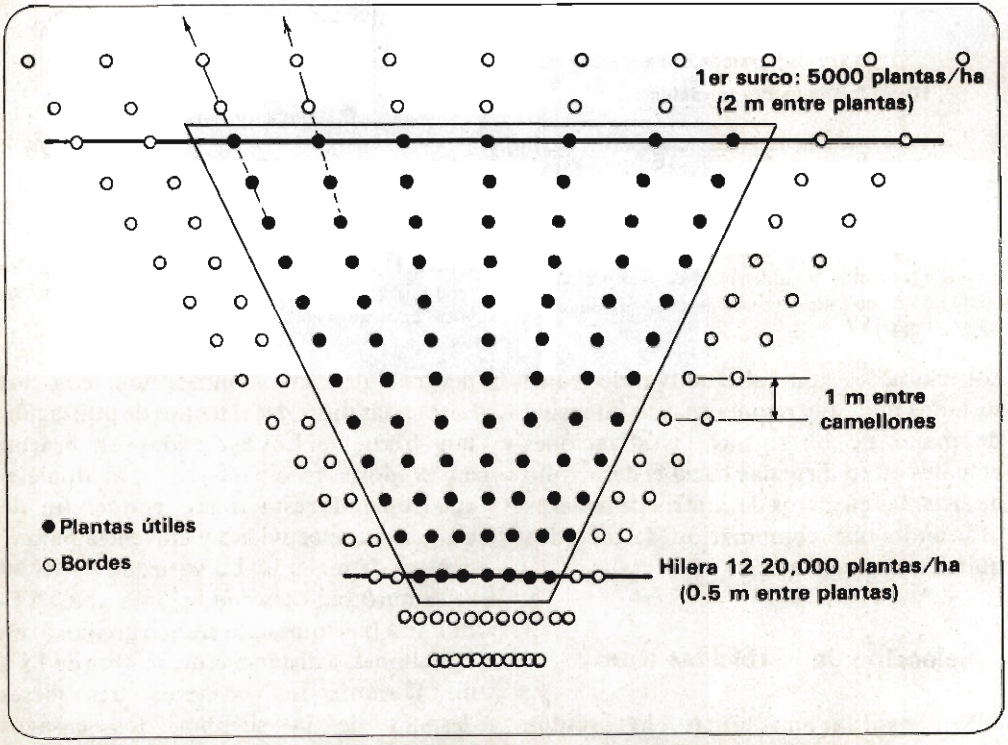

Figura 44. Diseño trapezoidal para el estudio de densidades de siembra en cultivos de yuca.

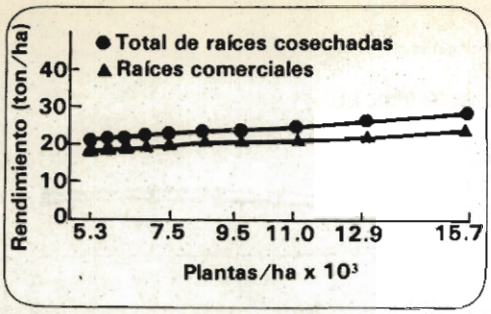

Figura 45. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca. (Promedios de total de raíces cosechadas y raíces comerciales, de cuatro variedades sembradas en cuatro localidades, obtenidos en 13 siembras trapezoidales.)

precipitación (lluvia y riego por aspersión) distribuidos de la siguiente manera: 105 mm el primer mes, 88 mm el segundo mes y 64 mm durante el tercer mes. Las parcelas testigo presentaron una fuerte infestación natural de verdolaga *(Portulaca oleracea)*, bledo *(Amaranthus* spp.), archucha *(Momordica charantia)*, batatilla *(Ipomea hederifolia)*, pata de gallina *(Eleusine indica)*, paja mona *(Leptochloa filiformis)* y pasto bermuda *(Cynodon dactylon)*.

Uno de los productos ocasionó daño químico a la yuca cuando se aplicó en la dosis recomendada. En dosis más altas, el daño químico generalmente fue mayor a las 3-4 semanas después de la aplicación y posteriormente, disminuyó. El Cuadro 42 presenta los puntajes de máximo daño y la selectividad y las cantidades recomendadas para cada uno de los productos. Las Figuras 48 y 49 presentan el porcentaje de control de malezas en las dosis recomendadas, para malezas tanto de hoja ancha como de hoja angosta, respectivamente. Sólo se presentan los porcentajes para seis productos puesto que los otros se descartaron por no ser selectivos (pendimethylin) o bien,ineficientes (dichlorfop, QSC-09377 y QSC-0377).

El control de las malezas de hoja ancha, a los 80 días después de la aplicación, fue superior con oxadiazon y oxyfluorofen y aceptable con tetrafluoron y el testigo diuron/alachlor, en tanto que H 26910 y metolachlor perdieron la mayor parte de su efecto un mes después de la aplicación.

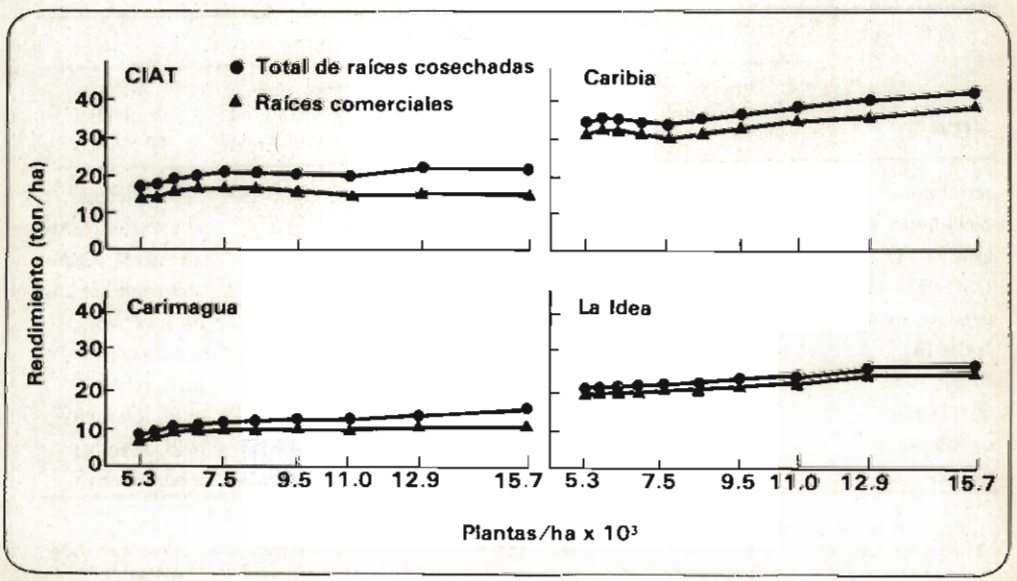

Figura 46. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en cuatro localidades. (Promedios de dos o más variedades por localidad, utilizando un diseño de siembra trapezoidal.)

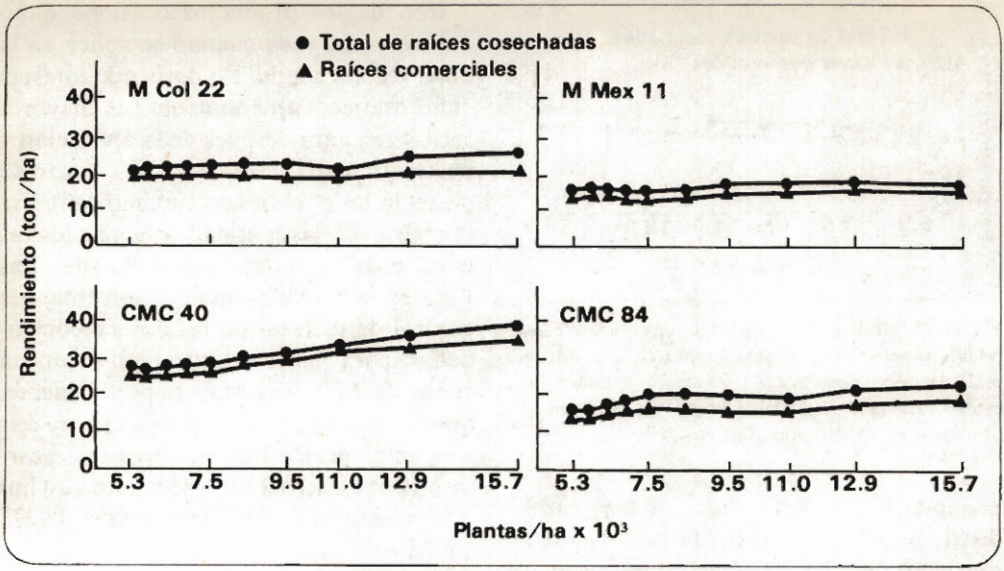

Figura 47. Efecto de la densidad de siembra sobre los rendimientos de raíces frescas, de cuatro variedades de yuca sembradas en un diseño trapezoidal.

Cuadro 42.

Dosis recomendadas, puntajes (valuaciones) del daño y clasificaciones por selectividad, de nueve herbicidas preemergentes evaluados en siembras de yuca, en CIAT-Palmira.

Herbicida	Dosis recomendada (kg i.a./ha)	Puntaje máximo de daño en:[1] Cantidad recomendada	2 veces la cantidad recomendada	4 veces la cantidad recomendada	Selectividad en yuca[2]
tetrafluoron	1.90	0.0	0.0	5.0 (5)[3]	mod. selectivo
dichlofop	1.40	0.0	0.0	0.0	altamente selectivo
QSC-09377	1.50	0.0	0.3 (3)	0.0	altamente selectivo
QSC-0377	0.75	0.0	0.0	0.0	altamente selectivo
pendimethylin	1.30	2.0 (3)	3.8 (3)	8.3 (3)	no selectivo
H-26910	4.00	0.0	0.3 (3)	1.0 (3)	mod. selectivo
oxyfluorfen	1.00	0.0	1.3 (3)	4.0 (4)	mod. selectivo
metolachlor	1.00	0.0	0.3	0.6 (3)	mod. selectivo
oxadiazon	1.50	0.0	0.7 (2)	4.7 (2)	mod. selectivo
diuron + alachlor	0.8 + 1.4	0.0	1.0 (3)	3.5 (3)	mod. selectivo

1 Escala: 0 = sin daño; 10 = completamente muerto.
2 Selectividades: altamente selectivo = sin daño aún a una dosis 4 veces la recomendada; mod. selectivo = daño solamente al doble y cuádruple de la dosis recomendada; no selectivo = daño a la dosis recomendada.
3 Número de semanas después de la aplicación, cuando ocurrió el máximo de daño.

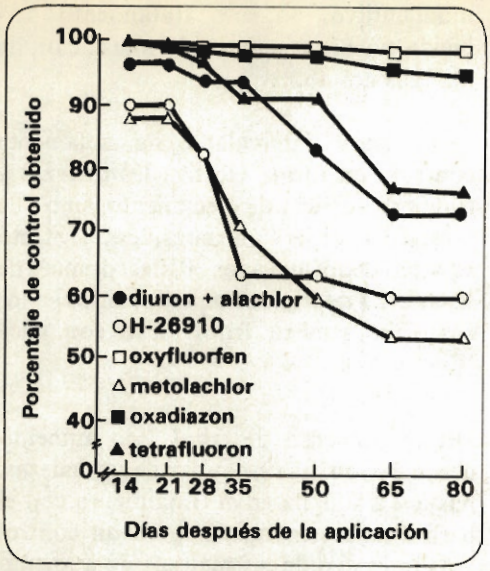

Figura 48. Control de malezas de hoja ancha, con seis herbicidas preemergentes, en cultivo de yuca.

En el caso de las malezas de hoja angosta, el control fue eficiente con el tratamiento testigo, oxadiazon, H 26910 y oxyfluorofen; este último producto nuevamente logró controlar más del 95 por ciento de las malezas, a los 80 días de la aplicación.

En comparación con la mezcla diuron/alachlor, tanto el oxadiazon como el oxyfluorofen proporcionaron un control de las malezas, más prolongado, pero debido a que el oxadiazon fue uno de los productos que ocasionó mayor daño a la yuca, el oxyfluorofen es el producto con el cual se continuará haciendo ensayos en el futuro.

Control Integrado de las Malezas

La variedad M Mex 11 se sembró en monocultivo y en asociación con fríjol arbustivo (variedad Porrillo Sintético) con el fin de evaluar cuatro niveles de control de malezas, bajo condiciones de monocultivo y de cultivos intercalados.

Sin control alguno, las malezas crecieron vigorosamente en el monocultivo de yuca y produjeron más de 600 g de materia seca/m² en 45 días. En la asociación

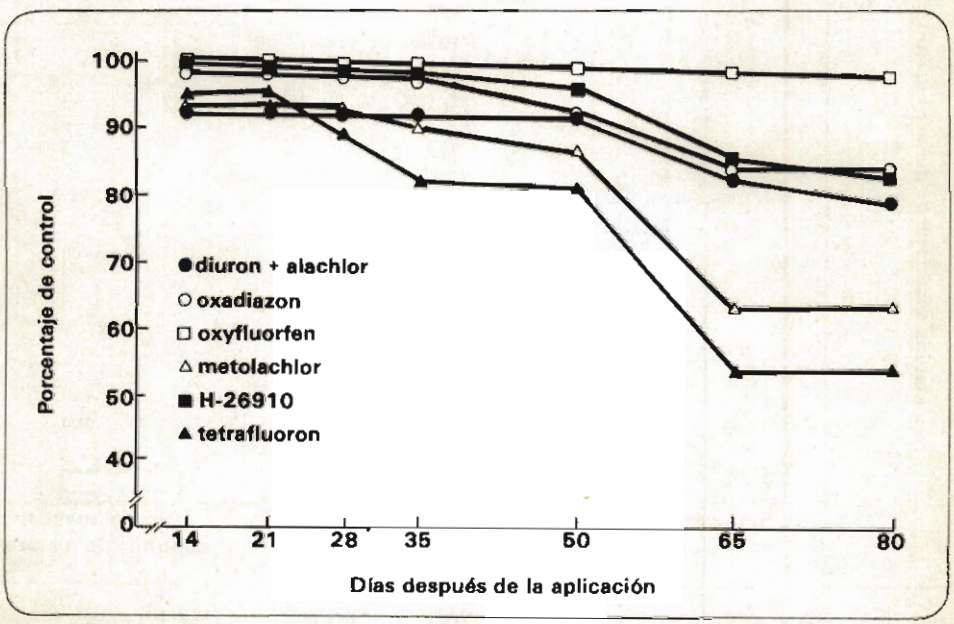

Figura 49. Control de malezas de hoja angosta, con seis herbicidas preemergentes, en cultivo de yuca.

yuca/fríjol se produjo menos de la tercera parte de esta cantidad de materia seca; el fríjol intercalado fue tan eficiente para reducir el crecimiento de las malezas como la mezcla herbicida preemergente utilizada en el monocultivo de yuca.[1] En el tratamiento de control manual continuo se permitió muy poco crecimiento de las malezas; por lo tanto, las diferencias entre la cantidad de materia seca en las parcelas del monocultivo y del cultivo asociado fueron pequeñas (Figura 50). Dos semanas antes de la cosecha de fríjol el crecimiento de las malezas demostró claramente que, en el tratamiento intercalado, es suficiente una sola aplicación preemergente a fin de mantener a las malezas en niveles bajos sin que éstas tengan importancia económica. Sin embargo, bajo condiciones de monocultivo, un sólo tratamiento herbicida no fue efectivo y la infestación de malezas era alta.

El fríjol intercalado no solamente controló en forma efectiva las malezas a través de su ciclo de crecimiento, sino que también se observó un considerable efecto residual depresivo a los 30 días, después de la cosecha de fríjol en aquellos sitios en los cuales se sembró fríjol junto con yuca (Figura 51).

El rendimiento de fríjol seco aumentó desde 2.0 ton/ha sin control de las malezas, hasta 2.2 ton/ha en el tratamiento con el herbicida preemergente, pero un control más intensivo de las malezas no aumentó los rendimientos a niveles más altos. Esta observación está acorde con los resultados anteriores en términos de que, en el sistema intercalado, una aplicación herbicida

[1] La mezcla preemergente en los ensayos fue: linuron (0.5 kg de i.a./ha) y fluordifen (2.1 kg de i.a./ha). La mezcla es selectiva para la yuca y el fríjol.

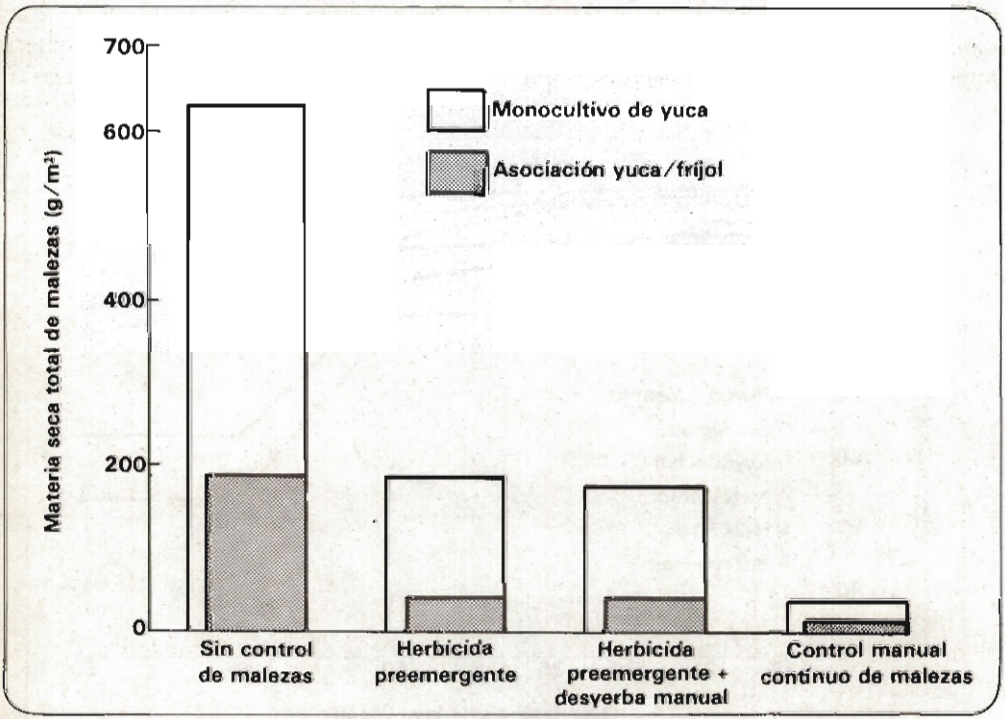

Figura 50. Materia seca total de malezas, en dos sistemas de cultivo de yuca, bajo cuatro sistemas de control de malezas, 45 días después de la siembra.

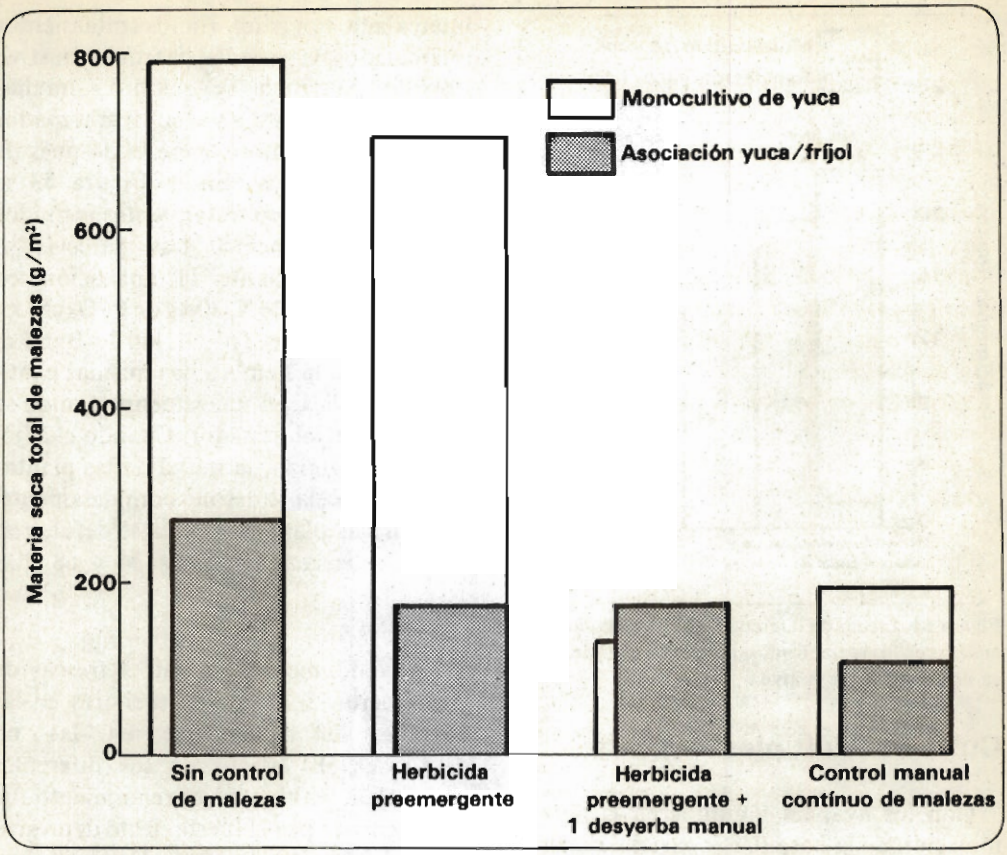

Figura 51. Materia seca total de malezas, en dos sistemas de cultivo de yuca, bajo cuatro sistemas de control de malezas, 135 días después de la siembra y 30 días después de la cosecha del fríjol.

preemergente es suficiente para mantener a las malezas por debajo de un nivel económico crítico.

Los rendimientos de yuca intercalados con fríjol y sin control de malezas fueron superiores a los obtenidos en monocultivo, en un 44 por ciento. Los rendimientos aumentaron en el monocultivo de yuca a medida que mejoró el control de las malezas, pero permaneció estable en el sistema intercalado. Con un buen control de las malezas, los rendimientos de la yuca en asociación fueron un 15 por ciento inferiores a los obtenidos en monocultivo (Figura 52). Estos datos indican que el control cultural de las malezas, como consecuencia del intercalamiento con fríjol, es un método efectivo y que el fríjol cultivado con la yuca puede ejercer un efecto depresivo prolongado sobre el crecimiento de las malezas.

Además, los datos obtenidos mostraron que, a un bajo nivel de insumos, se obtiene un mayor rendimiento total en el sistema intercalado que en monocultivo. También, se demostró claramente el efecto estabilizador del rendimiento en el sistema intercalado. Estas observaciones reflejan, sin duda alguna, parte de las razones por las cuales los pequeños agricultores deciden adoptar el cultivo intercalado como sistema de producción de yuca.

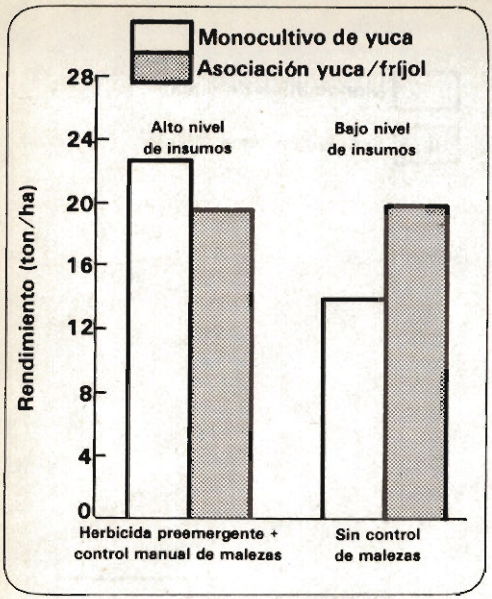

Figura 52. Efecto de diferentes niveles de control de malezas en los rendimientos de raíces frescas de yuca, en dos sistemas de cultivo.

Cultivos Múltiples

Con los avances logrados en la determinación de la base fisiológica del sistema intercalado yuca/fríjol (Informes Anuales del CIAT, 1976 y 1977) el interés se ha centrado en el potencial agronómico del sistema intercalado. Se intentó intensificar el uso de la tierra mediante la siembra de dos cultivos de fríjol con yuca en un año y se preparó un análisis económico de diversas alternativas de intercalamiento de cultivos (ver la Sección de Economía). Se iniciaron las investigaciones con sistemas intercalados de yuca/leguminosas de grano, tanto en suelos ácidos e infértiles como bajo condiciones cálidas y húmedas. Ambos son ambientes en los cuales la asociación yuca/fríjol es impráctica.

Cultivos Intercalados de Yuca/Fríjol

La variedad de yuca M Mex 11 se sembró a distancias de 1.8 x 0.6 m en monocultivo e intercalada con fríjol. En los tratamientos intercalados, la variedad de fríjol arbustivo Porrillo Sintético se sembró simultáneamente con la yuca y el cultivar trepador PI 313-635 se sembró 9 meses después de sembrada la yuca. En la Figura 53 se presentan los cinco tratamientos incluidos en este experimento. Las parcelas se fertilizaron mediante la aplicación en bandas de 30 kg de N, 30 kg de P_2O_5, 50 kg de K_2O, 5 kg de Zn y 1 kg de B/ha al momento de la siembra; las mismas cantidades se aplicaron nuevamente cuando se sembró el fríjol trepador. Cuando el fríjol trepador germinó, la mitad de las plantas de cada parcela se defolió completamente. Las mismas plantas de yuca se defoliaron menos intensamente a los 34 y 68 días después.

Los rendimientos de raíces frescas de yuca fueron 5-10 ton/ha menores en las parcelas defoliadas que en las no defoliadas. El efecto de los diferentes sistemas de cultivo en el rendimiento fue enmascarado por el fuerte efecto depresivo de la defoliación en el rendimiento. Los rendimientos de la yuca no defoliada reflejaron la relación normal monocultivo/cultivo intercalado; los rendimientos de las parcelas de yuca intercaladas con fríjol fueron 12-18 por ciento menores que los rendimientos del monocultivo. Cuando sólo se intercaló fríjol trepador, los rendimientos de yuca no disminuyeron. Los rendimientos de fríjol trepador fueron tres veces más altos cuando la yuca se defolió, en comparación con el tratamiento sin defoliación (Figura 54). En el Cuadro 43 se presentan los rendimientos obtenidos en todos los sistemas estudiados.

Los Indices Equivalentes de Tierras (IET), calculados con base en los rendimientos individuales de la yuca y el fríjol arbustivo en monocultivo, fueron generalmente mayores cuando se defolió la yuca. El

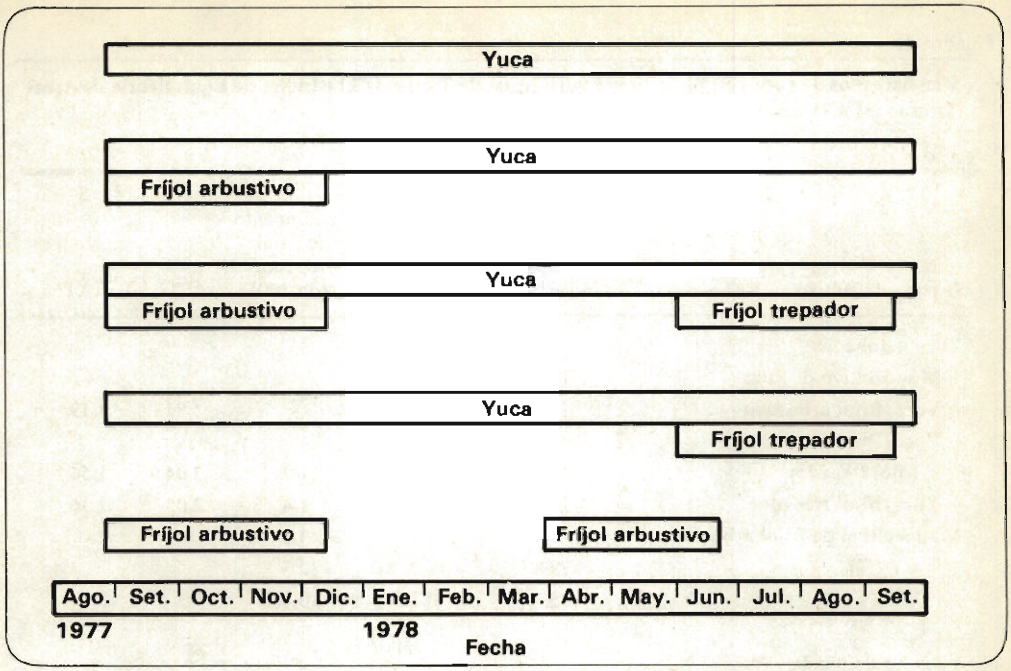

Figura 53. Programación del ensayo sobre sistemas de cultivo yuca/fríjol.

máximo IET de 3.04 se obtuvo bajo el sistema intensivo de tres cultivos por año. Cuando no hubo defoliación, los rendimientos del fríjol trepador fueron bajos, pero aún así se logró obtener un IET de 2.19 al sembrar un cultivo de yuca con dos de fríjol (Cuadro 43).

Los resultados mostraron que el intercalamiento intensivo de yuca/fríjol es técnicamente factible. El fríjol arbustivo utiliza la luz, la humedad y otros recursos que la yuca de crecimiento lento no puede utilizar eficientemente durante sus etapas tempranas de crecimiento, en tanto que el

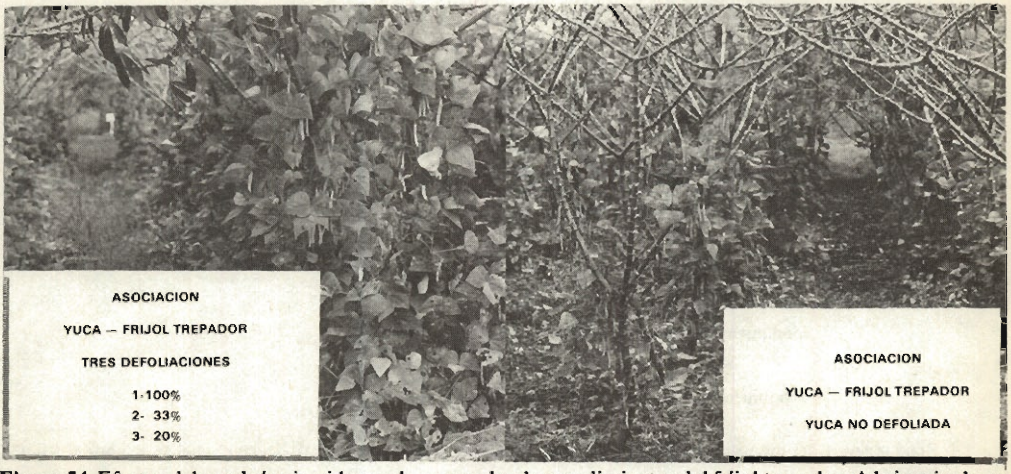

Figura 54. Efectos del sombrío ejercido por la yuca sobre los rendimientos del fríjol trepador. A la izquierda, se obtuvo un buen rendimiento de fríjol de 1.7 ton/ha cuando se defolió la yuca; a la derecha, sin defoliar la yuca, el sombrío redujo los rendimientos del fríjol a un promedio de aproximadamente 0.5 ton/ha.

Cuadro 43.

Rendimientos de yuca y fríjol, Indices Equivalentes de Tierra (IET) e Indice de Equivalencia de Area-Tiempo (IEAT), en varios sistemas de cultivo, en CIAT-Palmira.

Sistema de cultivo	Rendimiento de raíces frescas de yuca (ton/ha)	Rendimiento de fríjol arbustivo (ton/ha)	Rendimiento de fríjol trepador (ton/ha)[1]	IET[2]	IEAT[3]
Yuca defoliada:					
Monocultivo de yuca	18.9	-	-	-	-
Yuca/fríjol arbustivo	17.9	2.0	-	1.86	1.19
Yuca/fríjol arbustivo/ fríjol trepador	19.0	2.0	1.7	3.04	1.56
Yuca/fríjol trepador	20.9	-	1.4	2.05	1.36
Monocultivo de fríjol arbustivo	-	2.2	1.5[4]	-	-
CV (%)	29.8	6.2	12.7		
DE	5.7	0.129	0.198		
Yuca no defoliada:					
Monocultivo de yuca	28.2	-	-	-	-
Yuca/fríjol arbustivo	23.0	2.0	-	1.73	1.07
Yuca/fríjol arbustivo/ fríjol trepador	24.8	2.0	0.6	2.19	1.24
Yuca/fríjol trepador	31.4	-	0.5	1.45	1.20
Monocultivo de fríjol arbustivo	-	2.2	1.5[4]	-	-
CV (%)	23.7	6.2	30.3		
DE	6.3	0.129	0.167		

1 Con un contenido de humedad del 14%.
2 Calculado con base en los rendimientos individuales de cada cultivo.
3 Indice de Equivalencia de Area-Tiempo, según Hiebsch (1977).

$$IEAT = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i^m}{t^I} \cdot \frac{Y_i^I}{Y_i^m} = \frac{I}{t^I} \sum_{i=1}^{n} t_i^m \frac{Y_i^I}{Y_i^m}$$

Donde: t_i^m = período de crecimiento del cultivo *i* en monocultivo

t^I = tiempo total del sistema intercalado

Y_i^I = rendimiento (ton/ha) del cultivo *i* en monocultivo

Y_i^m = rendimiento (ton/ha) del cultivo *i* en asociación

4 Rendimientos del monocultivo de fríjol arbustivo, obtenidos durante el período en el cual se sembró el fríjol trepador.

fríjol trepador utiliza los tallos de yuca como soporte hacia el final del ciclo de cultivo de la yuca.

Intercalamiento con Otras Leguminosas

Las asociaciones de yuca/fríjol tienen una zona bien definida de aplicación en suelos fértiles, a alturas intermedias, con temperaturas medias de 18°-20°C. Sin embargo, tales condiciones no son las que prevalecen en las principales áreas productoras de yuca, en donde las altas temperaturas o los suelos pobres, además de las fuertes presiones ocasionadas por las enfermedades y las plagas, limitan la productividad del fríjol. Por estas razones, se iniciaron estudios para explorar la posibilidad de intercalar otras tres leguminosas de grano y determinar su rango de adaptación: caupí *(Vigna unguiculata)*, fríjol mungo (*Vigna radiata*) y maní (*Arachis hypogaea*).

Se sembró un cultivar de cada leguminosa en monocultivo y simultáneamente, con yuca, en el suelo ácido e infértil de CIAT-Quilichao. Las parcelas recibieron aplicaciones moderadas de correctivos — 0.5 ton/ha de cal dolomítica y 100 kg de N, 105 kg de P_2O_5, 35 kg de K_2O, 3 kg de Zn y 1 de B/ha.

En monocultivo, el caupí dio un rendimiento de más de 2 ton/ha y el maní casi 2 ton/ha, lo cual indica el alto potencial de estas especies bajo las condiciones de suelos pobres de esta localidad. Cuando las dos leguminosas se intercalaron con yuca, el rendimiento del caupí disminuyó en un 9.8 por ciento y el maní dio un rendimiento 15.3 por ciento inferior en comparación con el monocultivo. Ambas especies se pueden intercalar con la yuca sin disminuir severamente sus potenciales de rendimiento (Figura 55). El fríjol mungo dio una producción mucho menor que las otras dos leguminosas, lo cual indica su menor adaptación a este ambiente.

Figura 55. Una buena asociación de yuca y maní, en un suelo muy ácido e infértil, en CIAT-Quilichao.

Debido a las condiciones pobres del suelo en CIAT-Qilichao se esperaba que el desarrollo de los cultivos fuera mucho menos vigoroso que el que se obtendría bajo las condiciones de CIAT-Palmira. En consecuencia, además del patrón normal de siembra de la yuca (1.8 x 0.6 m) con hileras de leguminosas espaciadas a 0.9 m, se utilizó un patrón de siembra menos distanciado de 1.5 x 0.75 m para la yuca, con hileras de leguminosas espaciadas 0.75 m. Sin embargo, cuando las leguminosas se espaciaron 0.9 m, su rendimiento fue consistentemente mejor que a menores distancias (Cuadro 44). Aún no se ha cosechado la yuca de este experimento para obtener resultados finales.

En la costa norte de Colombia se sembró un ensayo similar en un clima cálido y húmedo. A pesar de que el fríjol mungo presentó buena adaptación a estas condiciones, con un rendimiento de 2.3 ton/ha en monocultivo, los rendimientos de la leguminosa intercalada con la yuca fueron extremadamente bajos. Este resultado se puede atribuir al crecimiento vigoroso de la yuca, el cual produjo un sombrío intenso sobre las leguminosas desde el principio de su establecimiento. Pareciera que es

Cuadro 44.

Rendimientos de tres leguminosas de grano cultivadas en monocultivo e intercaladas con yuca, en un suelo ácido e infértil, en CIAT-Quilichao.

Leguminosa y variedad	Espaciamiento de la yuca (m)	Espaciamiento de las hileras de leguminosas (m)	Rendimiento en monocultivo (kg/ha)[1]	Rendimiento intercalado (kg/ha)[1]
Caupí				
(TVN 201-1D)	1.8 X 0.60	0.90	2156	1945
	1.5 x 0.75	0.75	1943	1775
Fríjol mungo				
(1380 Mg 50-10A)	1.8 x 0.60	0.90	632	363
	1.5 x 0.75	0.75	374	125
Maní				
(ICA Tatui 76)	1.8 x 0.60	0.90	1822	1543
	1.5 x 0.75	0.75	1420	1213

1 Con un contenido de humedad del 14%.

necesario modificar las técnicas de intercalamiento en lo que respecta a los genotipos de yuca, espaciamiento y fechas de siembra, para lograr resultados satisfactorios con el sistema intercalado, bajo este tipo de condiciones ambientales.

Cosecha Mecánica

Se evaluó una cosechadora comercial de yuca y un implemento que mecánicamente ayuda en la cosecha; la comparación se hizo en una plantación establecida en un suelo friable, franco arcilloso de CIAT-Quilichao. La cosechadora comercial, llamada de ahora en adelante la Cosechadora A (Figura 56), fue fabricada por Richter Engineering Ltd., Boonah, Australia, y el implemento de cosecha, Cosechadora B, fue diseñado y construído en los talleres del CIAT.

Evaluación de las Cosechadoras

Con el objeto de comparar la eficiencia de las dos cosechadoras mencionadas, se

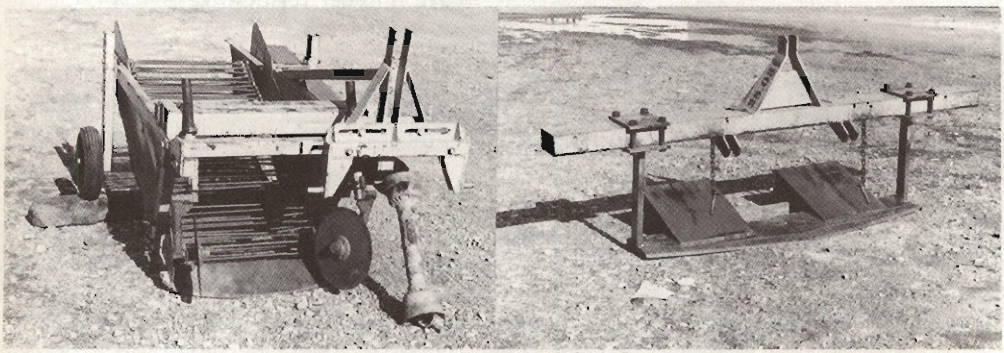

Figura 56. Dos implementos de cosecha de yuca evaluados en CIAT-Quilichao, durante 1978. A la izquierda, un implemento comercial (Cosechadora A) y a la derecha, un implemento diseñado y construido en el CIAT (Cosechadora B).

establecieron dos ensayos: 1) Se sembró la variedad Chiroza (difícil de cosechar manualmente) en tres sistemas de siembra: camas, camellones y a nivel del suelo (en hileras con 1 m de separación entre ellas y diferentes espaciamientos dentro de las hileras, con el propósito de variar las poblaciones entre 5000 y 20,000 plantas/ha). 2) Se hicieron siembras a nivel del suelo utilizando tres variedades de yuca: M Col 22 (plantas con raíces cortas y cónicas, de crecimiento radical compacto), CMC 84 (con raíces de tamaño intermedio) y M Mex 11 (con raíces largas y disperas). Antes de la cosecha se removieron manualmente todas las partes aéreas de las plantas.

Desempeño de las Cosechadoras en Comparación con la Cosechadora Manual

La Cosechadora A dejó las raíces totalmente expuestas sobre la superficie de la hilera y soltó parcialmente el suelo que estaba adherido a ellas. La Cosechadora B no expuso totalmente las raíces en la hilera (Figura 57).

Las pérdidas de raíces fueron mayores con la cosecha manual y menores con la Cosechadora B. La Cosecchadora A, la cual dejó sobre el terreno un volumen de raíces similar al dejado por el sistema manual, también ocasionó más rompimiento de las raíces. La Cosechadora B penetró más profundamente en el suelo y lo aflojó más eficientemente que la Cosechadora A o la cosecha manual. El diseño de la Cosechadora A para una hilera y su menor anchura del área de trabajo (0.81m), permitió pérdidas potenciales de raíces en ambos lados de la hilera. La Cosechadora B, con una anchura de área de 1.92 m cosechó dos hileras a la vez; en consecuencia, sólo se presentaron pérdidas en un lado de la hilera, en cada pasada. Esto explica la cantidad relativamente mayor de pérdidas y de rompimiento de raíces observada con la Cosechadora A. Las pérdidas ocasionadas por la cosecha manual indican que, al no aflojar el suelo antes de la cosecha queda una mayor cantidad de raíces en el suelo. La ocurrencia de raíces cortadas y peladas fue baja; aparentemente, ninguno de los sistemas influyó sobre este tipo de daños (Cuadro 45).

Efectos del Sistema de Siembra

Al comparar los sistemas de siembra y las densidades, la proporción de raíces que quedó en el suelo, con una excepción, tendió a ser mayor en la siembra en camellones a baja densidad y menor en la yuca sembrada en un suelo nivelado y a alta densidad. Para las condiciones de los suelos de CIAT-Quilichao, la yuca sembrada en un suelo nivelado presentó el sistema radical con una distribución más uniforme, y con sus raíces extendiéndose horizontalmente en todas las direcciones. Por otra parte, la yuca sembrada en camellones enraizó a mayor profundidad y produjo raíces grandes y largas, a lo largo de los camellones, particularmente en las bajas densidades de siembra. Esta circunstancia explica las mayores pérdidas que se presentan con este sistema.

La ruptura de raíces aumentó con el número total de raíces en las mayores densidades de siembra, pero, los sistemas de siembra no produjeron efectos claros sobre el particular. Los sistemas de siembra y las densidades de población tampoco parecieron influir sobre la proporción de raíces cortadas o peladas (Cuadros 46 y 47).

Diferencias Varietales

Las variedades y los sistemas de cosecha tuvieron efecto sobre la cantidad de raíces que quedaron en el suelo y sobre el daño de

Figura 57. Comportamiento de las dos cosechadoras de yuca, a nivel de campo, en CIAT-Quilichao. Las dos hileras de la izquierda fueron cosechadas con la Cosechadora A y la hilera doble a la derecha fue cosechada con la Cosechadora B. Ambos implementos ayudan a cosechar las raíces sacándolas del suelo, facilitando la recolección del producto.

las mismas (Cuadro 48). En la variedad M Mex 11 (difícil de cosechar), las pérdidas ocasionadas por las raíces que quedaron en el suelo fueron 2-3 veces mayores con la cosecha manual en comparación con los sistemas mecánicos. Estos resultados están acordes con los obtenidos en los primeros ensayos, en los cuales la variedad Chiroza (también difícil de cosechar), presentó la mayor cantidad de raíces que quedaron en el suelo cuando se cosechó manualmente.

Por otra parte, con las variedades intermedias y fáciles de cosechar, las pérdidas fueron bajas con la cosecha manual pero algo mayores con los sistemas mecánicos. La cantidad de raíces rotas fue sorprendentemente alta con la variedad M Col 22, de raíces cortas, siguiéndole en orden descendente la variedad M Mex 11. La consistencia del tejido radical, en vez del tamaño de la raíz, parece influir en la cantidad de raíces rotas como se observó

Cuadro 45.

Comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de las raíces de yuca y del sistema manual de cosecha, con la variedad Chiroza, en CIAT-Quilichao.[1]

Sistema de cosecha	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Manual	1.62	1.9	0.0	0.0
Cosechadora A	1.55	17.0	0.5	1.5
Cosechadora B	0.23	3.3	0.1	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra y a tres densidades.
2 Evaluación visual con base en una escala de 0-10: 0 = sin pelar; 10 = daños en la mitad o más de la superficie de la raíz.

en este ensayo. Excepto en un caso, no se observaron raíces con cortes. La variedad M Mex 11 pareció ser la más susceptible al pelado, en tanto que M Col 22 casi nunca fue afectada.

Eficiencia de Trabajo

La eficiencia neta de trabajo de la Cosechadora A se calculó en aproximadamente 0.2 ha/hora en tanto que para la Cosechadora B se estimó en 0.5 ha/hora.

Se analizaron las necesidades de mano de obra para las diferentes etapas de la operación de cosecha, con y sin el uso de las cosechadoras. El corte de los tallos requirió 25 horas hombre/ha (9%) y el levante manual de las raíces tomó 44 horas hombre/ha (16%). El 75 por ciento restante del tiempo (204 horas) se utilizó

Cuadro 46.

Efectos de tres sistemas de siembra, con la variedad Chiroza, sobre el comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de yuca, en CIAT-Quilichao.

Sistema de siembra	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
Camellones	2.1	16.8	1.5	2
Camas	1.4	19.5	0.0	1
Suelo a nivel	1.2	17.7	0.0	1
Cosechadora B:				
Camellones	0.5	4.1	0.3	1
Camas	0.2	2.7	0.0	1
Suelo a nivel	0.0	3.1	0.0	1

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medidas de densidades de siembra de 10,000, 15,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45.

Cuadro 47.

Efectos de las densidades de siembra de la variedad Chiroza sobre el comportamiento de dos implementos mecánicos que facilitan la cosecha de la yuca, en CIAT-Quilichao.[1]

Densidades (plantas/ha)	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
10,000	1.3	14.9	0.9	1.7
15,000	2.1	19.3	0.3	1.3
20,000	1.2	20.0	0.2	1.0
Cosechadora B:				
10,000	0.6	2.1	0.3	1.0
15,000	0.0	1.2	0.0	1.0
20,000	0.1	6.6	0.0	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45

para separar las raíces de los tallos, recolectar la cosecha, y separar y empacar las raíces. Cuando las raíces se cosecharon mecánicamente, este segmento del tiempo total se ahorró y la eficiencia de cosecha aumentó en un 20 por ciento. Estos datos están acordes con las observaciones hechas en una cosecha manual efectuada en un cultivo comercial, en el área de Caicedonia, Departamento del Valle, en donde ocho hombres cosechan seis toneladas de raíces fresca en aproximadamente 7 horas.

Cuadro 48.

Evaluaciones de la cosecha manual o con dos sistemas mecánicos, de tres variedades de yuca sembradas en CIAT-Quilichao.[1]

Variedad	Sistema de cosecha	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Raíces sin cosechar (ton/ha)	Raíces rotas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
M Mex 11	manual		1.03	1.5	0.0	0
	Cosechadora A	19.0	0.58	7.6	0.0	5
	Cosechadora B		0.37	2.4	0.0	2
CMC 84	manual		0.28	0.9	0.0	1
	Cosechadora A	20.9	0.68	6.9	0.0	3
	Cosechadora B		0.58	2.0	0.0	0
M Col 22	manual		0.29	0.4	0.0	0
	Cosechadora A	15.6	0.42	6.2	0.0	1
	Cosechadora B		0.44	11.2	2.0	0

1 Los valores corresponden a las medias de densidades de siembra de 5000, 10,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2, del Cuadro 45.

con una eficiencia de 0.85 ton/día/hombre (8 horas).

Implicaciones Agronómicas y Socioeconómicas

Ambas máquinas operaron con facilidad bajo una amplia gama de condiciones de cultivo y ambas levantaron la cosecha de raíces de yuca en forma eficiente. Bajo la mayoría de las condiciones de cultivo, las proporciones de raíces dejadas en el suelo por la cosecha mecanizada fueron inferiores en comparación con la cosecha manual. Aunque ambos implementos trabajan sobre el principio físico del pase de una reja con cuchilla por debajo de las raíces, no ocurrió un daño significativo por corte directo. El daño global por rompimiento y pelado con la Cosechadora B fue bajo y comparable al de la cosecha manual. Los daños de las raíces de yuca se pueden mantener a un bajo nivel en el mercado del producto fresco o cuando las raíces se van a almacenar para su mercadeo posterior. El daño de raíces fue mayor con la Cosechadora A pero, para el procesamiento industrial de las raíces, este factor no tendría importancia significativa.

La cosecha de la yuca para el consumo fresco implica una serie de actividades que no se pueden mecanizar fácilmente, si se desea evitar el daño de las raíces. En consecuencia, los requerimientos de mano de obra permanecerían altos. Aunque los tallos se cortasen y las raíces se levantasen mecánicamente, estas dos operaciones combinadas sólo ahorrarían el 25 por ciento del total requerido de horas-hombre. Por lo tanto, las cosechadoras no desplazarían trabajadores pero su utilización les aliviaría de la mayor parte del trabajo físico.

Las características de trabajo de la Cosechadora B, junto con su bajo costo, favorecen su utilización en un sistema integrado de cosecha manual/mecánica, el cual se podría adaptar aún en pequeñas fincas en las cuales la yuca se produzca principalmente para el consumo fresco.

Por otra parte, la Cosechadora A permite la posibilidad de mecanizar totalmente el proceso de cosecha de la yuca. Se podría acoplar un mecanismo de colección a la cosechadora y una cortadora de forraje para remover los tallos antes de levantar las raíces. Este sistema tendría aplicación potencial bajo un sistema de producción de yuca en gran escala para su procesamiento industrial.

SUELOS Y NUTRICION DE LA PLANTA

Los factores que parecen ser los más limitantes para la producción de yuca en las extensas áreas de Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles de América Latina, son los altos niveles de Al y los bajos niveles de P del suelo. Durante 1978, la Sección de Suelos y Nutrición de la Planta concentró la mayor parte de sus esfuerzos en la identificación de cultivares tolerantes a estos dos factores adversos.

Se evaluó la metodología de selección de campo para evaluar materiales por su tolerancia a la acidez del suelo y a los bajos niveles de P. En los ensayos para determinar el requerimiento externo de P de la yuca, se encontró que el nivel crítico para el cultivo es de 0.025 ppm de P en la solución del suelo. También, se realizaron experimentos a nivel de campo para estudiar las interacciones cal/P y N/P.

Se hicieron algunos trabajos con varios cultivos de cobertura a fin de evaluar sus efectos sobre los rendimientos de yuca, al utilizarlos para prevenir la erosión del

suelo y para el control de malezas. En general, se observaron reducciones en el rendimiento de yuca al sembrar cultivos de cobertura aunque los beneficios que éstos traen con la prevención de la erosión, el control de malezas y el establecimiento de un cultivo forrajero, probablemente equilibran las reducciones que se presentan en el rendimiento de la yuca.

Selección en Soluciones Nutritivas

Tolerancia al Alto Nivel de Aluminio y al Bajo Nivel de Fósforo

Los intentos para seleccionar simultáneamente cultivares en soluciones nutritivas por su tolerancia a altos niveles de Al y a bajos niveles de P, no fueron satisfactorios debido a la dificultad de mantener concentraciones estables de Al y P en la solución, a un pH que las plantas toleren. Solamente, a pH 3.5 se logró que el Al y el P no se precipitaran, pero el crecimiento de las plantas, a este nivel de acidez, se retrasó excesivamente y se presentaron con frecuencia problemas de pudrición radical. Un ensayo preliminar demostró que el crecimiento de las plantas en la solución de cultivo aumentó considerablemente a medida que se incrementó el pH desde 3 hasta 5 y al incrementar la concentración de P desde 0 hasta 16 (Figura 58).

Se requieren niveles relativamente altos de P y Al para seleccionar variedades por tolerancia a altos niveles de Al y bajos niveles de P; estas dos condiciones sólo se pueden combinar a niveles de pH extremadamente bajos, los cuales, normalmente, no se presentan bajo condiciones de campo. Por consiguiente, la selección por tolerancia al Al y P en soluciones nutritivas se tiene que hacer separadamente si se desea mantener el pH a un nivel en el cual se pueda lograr que el crecimiento de las plantas sea casi normal.

Selección de Campo

Tolerancia al Bajo Nivel de Fósforo

En CIAT-Quilichao se sembraron 30 cultivares a dos niveles de P aplicado (0 y 200 kg de P_2O_5 /ha) con el fin de evaluar su tolerancia a los bajos niveles de P. La altura de las plantas se midió a los 3.5 meses y el rendimiento final de raíces se registró a los 12 meses para determinar si la tolerancia al bajo nivel de P se puede medir según la altura de la planta o según el

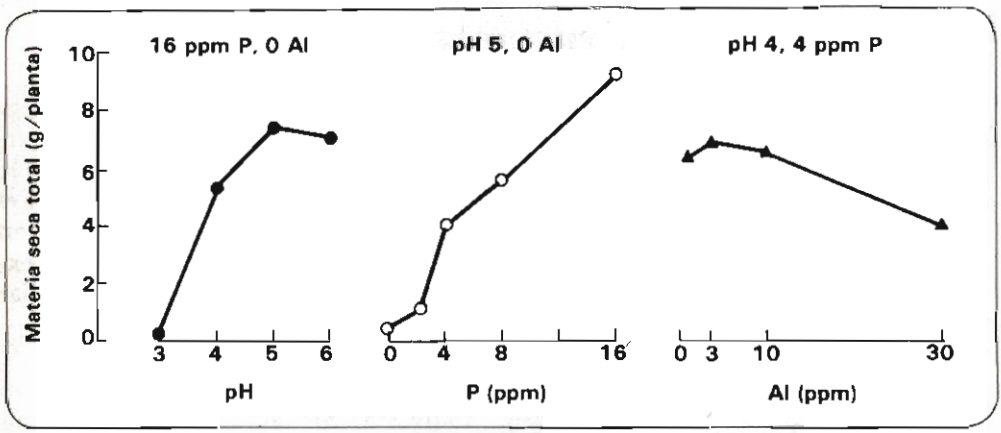

Figura 58. Efectos de las concentraciones de P y Al y del pH, en la solución nutritiva, sobre la producción de materia seca total de plantas de yuca, a los 35 días, después de establecidos los tratamientos.

crecimiento total de la planta a los 5.5 meses, en lugar de tener que esperar un año para medir la producción de raíces. Desafortunadamente, 13 de los 30 cultivares fueron severamente afectados por la enfermedad denominada cuero de sapo, un problema que sólo se puede detectar al momento de la cosecha. Entre los 17 cultivares restantes, el índice de tolerancia al bajo nivel de P a los 5.5 meses se correlacionó mejor ($r = 0.48$) con el índice obtenido a los 12 meses, pero la correlación no fue significativa. El índice de tolerancia se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Rendimiento con 0 P}}{\text{Rendimiento con 200 kg de } P_2O_5} \times$$

$$\frac{\text{Rendimiento con 0 P}}{\text{Mayor rendimiento con 0 P}} \times 100\%$$

La correlación fue mucho menor entre la tolerancia al bajo nivel de P determinado según la altura de la planta:

$$\frac{\text{Altura de la planta con 0 P}}{\text{Altura de la planta con 200 kg de } P_2O_5}$$

que según el rendimiento de raíces.

Los cultivares que dieron los mayores rendimientos fueron M Col 131, M Col 308 y M Col 676, cuyos rendimientos en hileras individuales fueron equivalentes a un promedio aproximado de 50 ton/ha. Los cultivares con el mayor índice de tolerancia al bajo nivel de P fueron M Col 458 y M Col 260.

Requerimientos Externos de Fósforo

El requerimiento externo de P de la yuca se determinó sembrando el cultivar Llanera en CIAT-Quilichao, en parcelas en las cuales el P se aplicó al voleo en la forma de superfosfato triple y en 11 dosis (desde 0 hasta 2590 kg de P_2O_5 /ha.). Estas dosis correspondieron a concentraciones de P en la solución del suelo desde 0.001 hasta 0.2 ppm, según las determinaciones hechas con base en las isotermas de absorción de P. Todas las parcelas se fertilizaron uniformemente con 500 kg de cal, 100 kg de N, 100 kg de K_2O y 10 kg de Zn/ha.

La Figura 59 muestra la respuesta de la yuca al P en términos de la producción de raíces y follaje, y del índice de cosecha. Los rendimientos de raíces aumentaron desde 26.0 hasta 47.6 ton/ha por la aplicación de P pero fueron relativamente variables con altos niveles de P. La producción de follaje aumentó más marcadamente, que el rendimiento de raíces, lo cual resultó en una disminución del índice de cosecha desde 0.79 hasta 0.66 como consecuencia de las aplicaciones de P.

La Figura 60 muestra la relación existente entre el rendimiento de raíces y la concentración de P en la solución del suelo. El requerimiento externo de P, igual al 95 por ciento del rendimiento máximo, se estimó entre 0.015 y 0.025 ppm de P en la solución del suelo. Este nivel coincide con los valores obtenidos con yuca en Hawaii, Malasia y Nigeria, los cuales oscilan entre 0.006 y 0.04 ppm de P. Es así como el requerimiento externo de P de la yuca parece ser mucho más bajo que para otros cultivos tales como el maíz (0.06 ppm), fríjol (0.06 ppm) o papa (0.20 ppm). Este requerimiento de P relativamente bajo en el suelo contrasta marcadamente con el requerimiento de P extremadamente alto en soluciones nutritivas.

Interacciones Cal/Fósforo

Bajo las condiciones edáficas extremadamente ácidas (pH 4.4) y pobres en P (2 ppm de P, Bray II), que prevalecen en CIAT-Quilichao, la mayoría de los

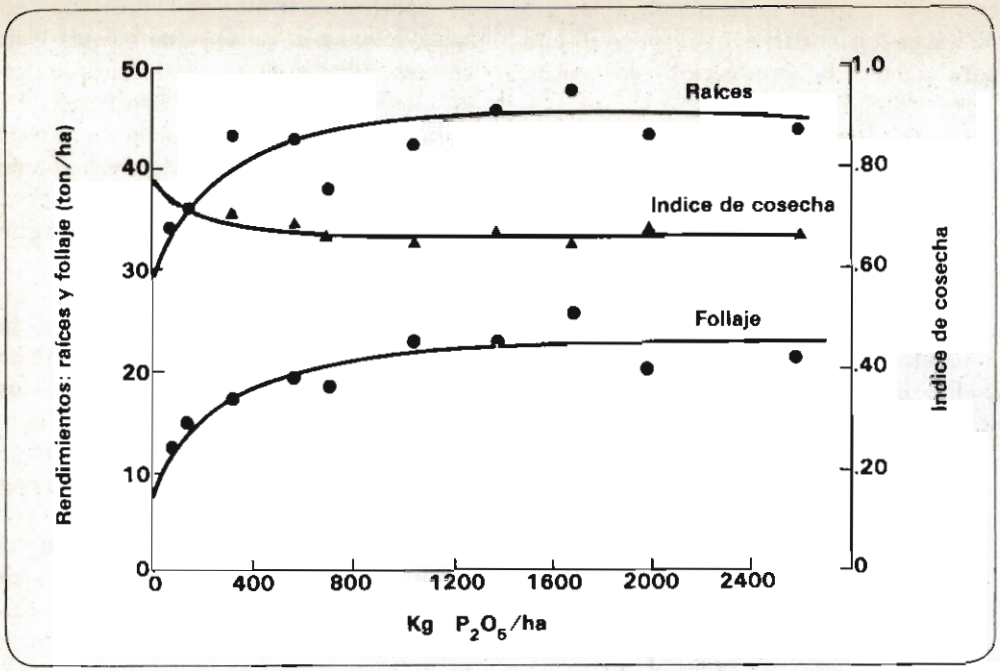

Figura 59. El efecto de la aplicación de P sobre el rendimiento de raíces (frescas) y follaje, y en el índice de cosecha, en CIAT-Quilichao.

cultivos responden muy bien a las aplicaciones de cal y de P. Con el fin de determinar la respuesta de la yuca a la cal y al P y a las interacciones entre los dos, se estableció un experimento con un diseño sistemático en el cual los niveles de P aumentaron desde 0 hasta 380 kg de P_2O_5/ha en incrementos de 20 kg de hilera a hilera, en una dirección. Los niveles de cal aumentaron a lo largo del eje perpendicular desde 0 hasta 3600 kg/ha en incrementos de 200 kg. La cal se incorporó después de aplicarla al voleo y el P se aplicó en bandas a lo largo de las estacas. En este diseño, cada planta es un tratamiento diferente el cual representa una combinación específica de P y cal. El ensayo incluyó 324 tratamientos en una matriz de 18 x 18 y cuatro repeticiones. Las plantas se cosecharon individualmente y se tomaron datos de los rendimientos de raíces y de las partes aéreas.

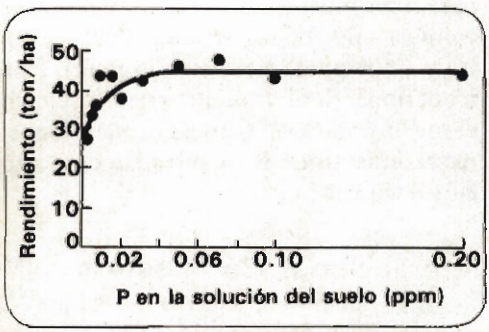

Figura 60. Relación entre los rendimientos de raíces frescas de yuca y la concentración de P en la solución del suelo, para la variedad Llanera, en CIAT-Quilichao.

A medida que aumentaron los niveles de cal, el pH del suelo en los tratamientos aumentó linealmente desde 4.1 hasta 5.1 y el contenido de Al disminuyó desde 3.8 hasta 0.5 meq/100 g. Los rendimientos como consecuencia de la aplicación de 300 kg de P_2O_5/ha y 3.6 ton/ha de cal. La Figura 61, la cual muestra la respuesta promedio de la yuca a las aplicaciones de P

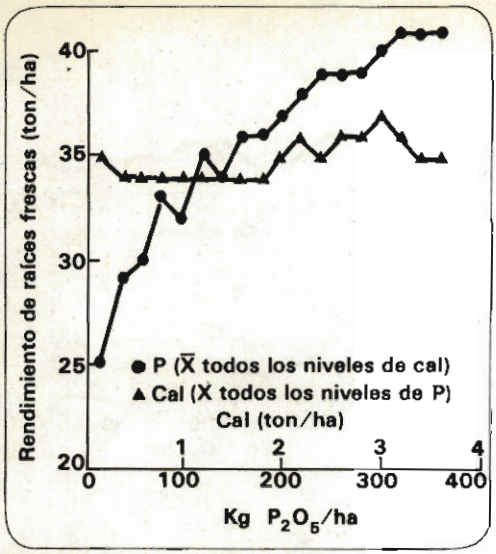

Figura 61. Respuesta promedio de la variedad de yuca Llanera a las aplicaciones de cal y P, en CIAT-Quilichao.

y de cal, indica que la respuesta más notoria fue al P y sólo una respuesta menor a la cal. Los máximos rendimientos con o sin cal se obtuvieron con 300-400 kg de P_2O_5/ha. Estos datos corroboraron los resultados previamente obtenidos en Carimagua (Figura 62) los cuales indicaban que, en promedio, la yuca tolera una saturación de Al de aproximadamente un 80 por ciento a niveles de Ca de 0.025 meq/100 g que, en este caso, resultaron en un pH de 4.7. En el suelo de CIAT-Quilichao (pH 4.4, 82% de saturación de Al y 0.48 meq de Ca/100 g), los rendimientos de yuca no fueron afectados ni por la alta saturación de Al ni por la baja concentración de Ca y no se observó una respuesta significativa a la cal. Esta tolerancia a condiciones extremas de acidez del suelo hace que el cultivo de la yuca sea un cultivo alimenticio muy útil para las extensas áreas de Oxisoles y Ultisoles ácidos de América Latina. En estos suelos, el elemento limitante principal sería el P y se pueden esperar respuestas menores al N, K, y Zn (Figura 63).

La Figura 64 muestra que el índice de cosecha disminuyó consistentemente con aplicaciones tanto de P como de cal, lo cual indica que ambos materiales estimularon el crecimiento aéreo más que el crecimiento radical.

Interacciones Nitrógeno/Potasio

Se estableció un experimento con diseño sistemático similar al descrito anteriormente, con el fin de evaluar la interacción del N y K. Los niveles de N aumentaron desde 0 hasta 380 kg de N/ha y los de K también, desde 0 hasta 380 kg de K_2O/ha, ambos en incrementos de 20 kg. Ambos fertilizantes se aplicaron en banda

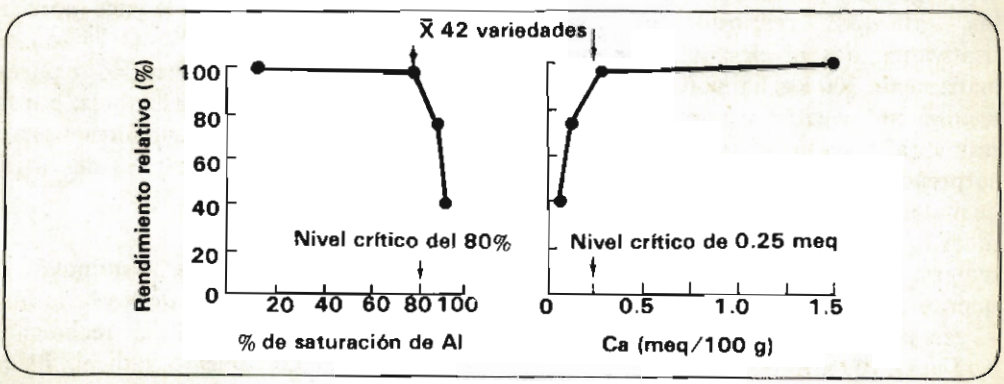

Figura 62. Relación entre el rendimiento relativo de yuca (promedio de 42 variedades), y el porcentaje de saturación de Al y contenido de Ca.

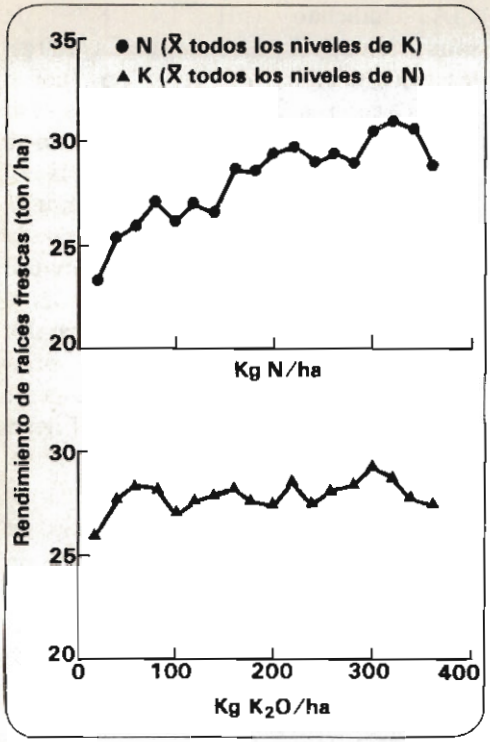

Figura 63. Respuesta promedio de la variedad de yuca Llanera a las aplicaciones de N y K, en CIAT-Quilichao.

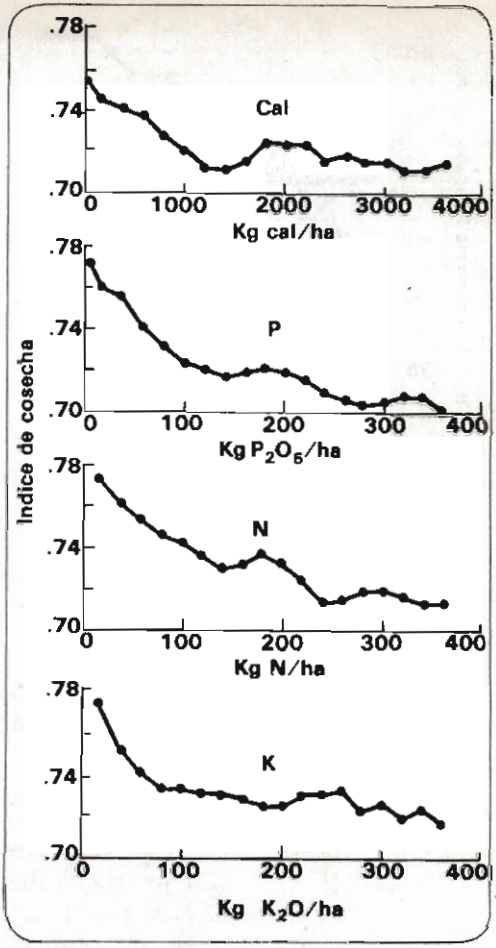

Figura 64. Efectos de las aplicaciones de cal, P, N y K sobre el índice de cosecha de la variedad de yuca Llanera, en CIAT-Quilichao.

al momento de la siembra y se utilizó el cultivar Llanera.

Los rendimientos aumentaron desde 22 hasta 34 ton/ha con las aplicaciones de 360 kg de N y 360 kg de K_2O/ha. La respuesta al K fue apenas moderada (Figura 63) pero las plantas respondieron significativamente a niveles de N de aproximadamente 300 kg/ha, con una respuesta ligeramente negativa a mayores dosis. La respuesta relativamente grande al N es sorprendente en un suelo con un contenido de materia orgánica de 6.8 por ciento, pero muestra la baja contribución que hace la materia orgánica para satisfacer los requerimientos de N de la planta. El suelo virgen presentaba un contenido de K de 0.15 meq/100 g y no se esperaba respuesta alguna al K. Sin embargo, como consecuencia de la gran cantidad de K utilizada por las raíces de la yuca (aproximadamente, 100 kg de K_2O/25 ton de raíces frescas), el K de los suelos se puede agotar después de varias siembras; por lo tanto, se puede esperar alguna respuesta a las aplicaciones de K después de varias cosechas.

El índice de cosecha disminuyó al aumentar las aplicaciones de N y K, lo cual indica que se estimula más el crecimiento aéreo que el crecimiento radical. Estos resultados son consistentes con datos previamente obtenidos en Carimagua

(Informe Anual del CIAT, 1977), pero son contrarios a la creencia que las aplicaciones de K estimulan la translocación de carbohidratos desde las partes aéreas hacia las raíces lo cual, por lo tanto, aumentaría el índice de cosecha. Lo anterior puede se cierto bajo condiciones de soluciones nutritivas con deficiencias extremas de K, pero no se ha observado a nivel de campo.

Con base en un precio de Col$2.00/kg de raíces y un costo de Col$17.31/kg de N, 27.42/kg de P_2O_5 y 14.97/kg de K_2O y 750/ton de cal, se calcularon los beneficios netos económicos para cada combinación de cal y P y de N y K. Se obtuvieron los máximos beneficios con 300 kg de P_2O_5 en combinación con 3.6 ton de cal/ha y con 340 kg de N en combinación con 60 kg de K_2O/ha. Sin embargo, las dosis óptimas económicas serían menores si se incluyen los factores de riesgo, intereses sobre el capital, etc.

Interacciones Fósforo/Potasio

Los estudios realizados en Media Luna, en la costa norte de Colombia, incluyeron dos ensayos utilizando el diseño sistemático descrito anteriormente. En la Figura 65 se presenta la distribución de la precipitación para el área y en el Cuadro 49 se presentan los análisis de suelo de los dos suelos más comunes del área. Los niveles de P y de K aplicados aumentaron desde 0 hasta 300 kg de P_2O_5 y de K_2O/ha en incrementos de 20 kg para cada uno, aplicados en forma de superfosfato triple (SFT) y de KCl. Se aplicó nitrógeno (úrea) a todos los tratamientos en una dosis de 100 kg de N/ha. Los fertilizantes se aplicaron en bandas al momento de la siembra y se utilizó la variedad M Mex 59.

El tratamiento testigo (sin aplicación de P o de K) dio un rendimiento de 35 ton/ha. El máximo rendimiento de 51 ton/ha se obtuvo con 40 y 60 kg/ha de P_2O_5 y K_2O, respectivamente. En promedio, los rendimientos de la yuca cultivada en suelo arenoso oscuro aumentaron hasta un nivel máximo después de las aplicaciones medias y bajas de P y de K, respectivamente. El contenido de K de 0.12 meq/100 g en el suelo arenoso oscuro está por encima del nivel crítico estimado (de aproximadamente 0.10 meq/100 g) y el contenido de P también está por encima del nivel crítico estimado de 10 ppm (Bray II), lo cual, por consiguiente, explica la respuesta moderada. La Figura 66 muestra

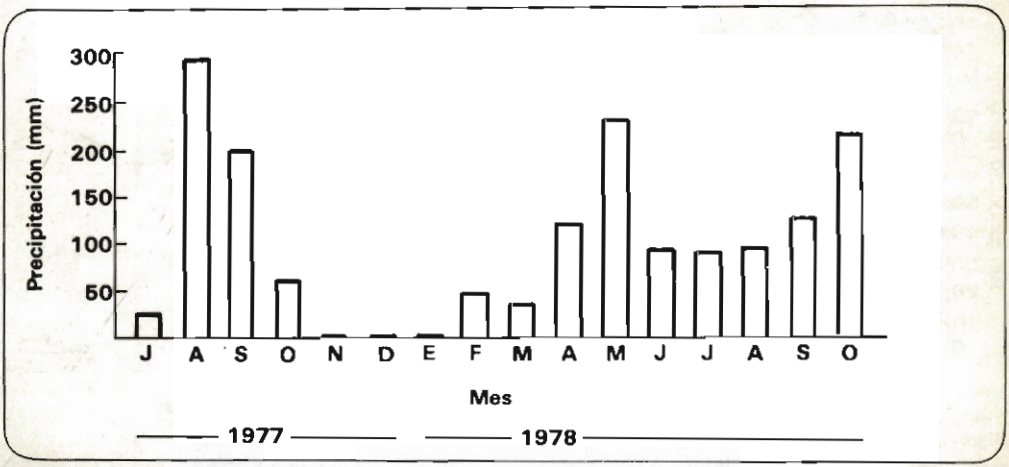

Figura 65. Precipitación acumulada en Media Luna durante el ciclo del cultivo de yuca (set.-julio). (La finca La Idea está ubicada a una altitud de 10 msnm, con una temperatura media de 28°C.)

Cuadro 49.

Análisis químico de suelos arenosos, oscuros y blancos (suelos culovio-aluviales, series arenera), en Media Luna, Colombia.

Profundidad (cm)	MO (%)	P Bray II (ppm)	pH	Ca	Mg	K	Na	CIC
				(meq/100 g)				
Suelo arenoso oscuro:								
0-20	1.25	13.6	6.6	1.64	0.38	0.12	0.07	2.0
20-40	0.70	3.8	6.6	0.55	0.15	0.10	0.05	0.8
Suelo arenoso claro:								
0-20	1.05	4.0	5.8	0.62	0.18	0.05	0.05	1.1
20-40	0.75	2.2	5.6	0.38	0.11	0.05	0.04	0.7

la respuesta promedio a la fertilización con K y P sobre todos los niveles de P y de K, respectivamente.

La Figura 67 muestra que tanto el K como el P disminuyeron consistentemente el índice de cosecha, lo cual nuevamente indica que la fertilización estimuló más el crecimiento aéreo que el crecimiento radical.

La Figura 68 muestra el efecto negativo de la fertilización con P y K en el contenido de almidón de las raíces de M Mex 59.

En el suelo arenoso blanco, el tratamiento testigo dio un rendimiento de 34 ton/ha. Los niveles intermedios de 100-120 kg de K_2O/ha produjeron el máximo aumento de rendimiento de raíces en todos los niveles de P; los altos niveles de 240-280 kg de P_2O_5 /ha produjeron los mayores rendimientos en todos los niveles de K (Figura 69). Se obtuvo un máximo rendimiento de 59 ton/ha con 280 y 180 kg/ha de P_2O_5 y K_2O, respectivamente. Esta dosis de fertilizante P x K también produjo el mayor beneficio neto de US$2728/ha, en tanto que en el suelo

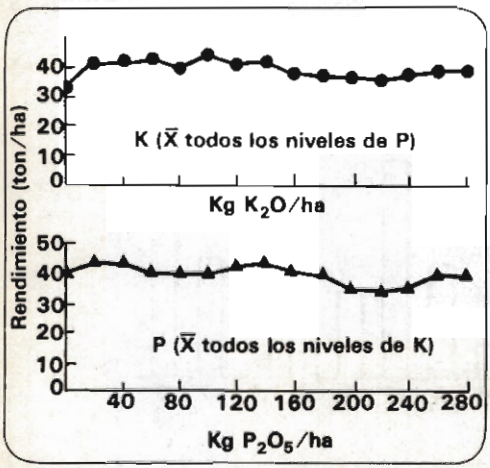

Figura 66. Efectos de varios niveles de K y P sobre el rendimiento de raíces frescas de yuca, de la variedad M Mex 59, en un suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

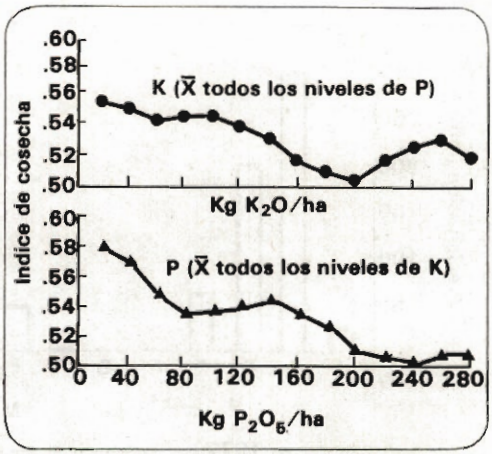

Figura 67. Efectos de varios niveles de K y P sobre el índice de cosecha de la variedad de yuca M Mex 59, en un suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

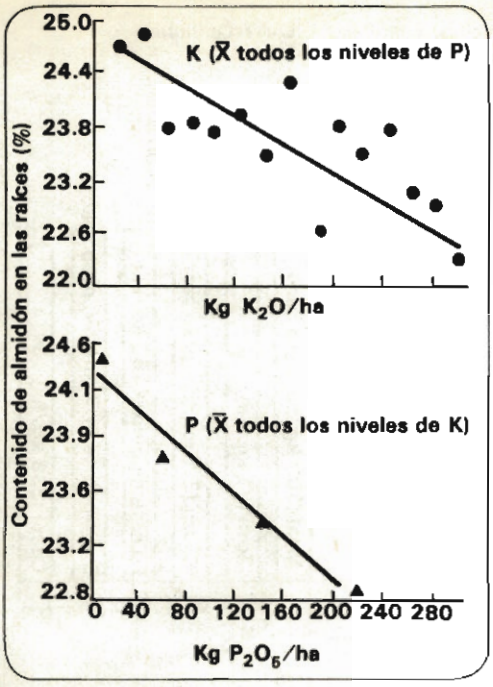

Figura 68. Efectos de varios niveles de K y P sobre el contenido de almidón, en las raíces de la variedad de yuca M Mex 59, en suelo arenoso oscuro, en Media Luna.

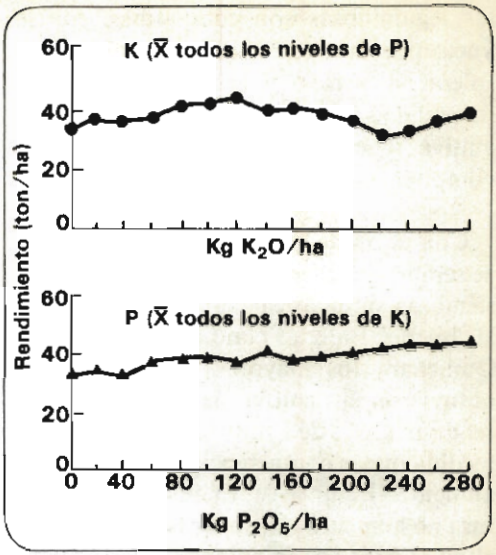

Figura 69. Efectos de varios niveles de K y P sobre los rendimientos de raíces frescas de la variedad de yuca M Mex 59, en un suelo arenoso blanco, en Media Luna.

arenoso oscuro, el máximo beneficio neto fue de US$ 2528/ha el cual se obtuvo con 40 y 60 kg/ha de P_2O_5 y de K_2O, respectivamente y un rendimiento de 51 ton/ha. Los precios utilizados fueron de US$0.57/kg de P_2O_5, 0.70/kg de K_2O y 50/ton de raíces frescas de yuca.

Los mayores rendimientos y respuestas económicas favorables se pueden obtener con bajos niveles de fertilizantes en el suelo arenoso oscuro, en tanto que en el suelo arenoso blanco se obtiene una mejor respuesta con mayores niveles de fertilizantes.

La respuesta moderada de la yuca a los niveles medios de fertilizantes en los suelos arenosos oscuros concuerda con otros resultados indicados en las secciones de Agronomía y Economía de este informe.

Cultivos de Cobertura con Yuca

Como consecuencia de las amplias distancias de siembra, su lento crecimiento inicial y el disturbio extensivo del suelo al momento de la cosecha, la yuca es un cultivo que tiene un alto índice de erosión. La yuca también es uno de los pocos cultivos que puede establecerse en un suelo fuertemente erosionado, lo cual agrava aún más la situación. La erosión puede disminuir al proteger el suelo entre las hileras con coberturas vivas o muertas, lo cual también puede ayudar a reducir el problema con las malezas. Además del control de la erosión, el intercalamiento de la yuca con una leguminosa de grano de crecimiento rápido puede proporcionar un ingreso de dinero para el agricultor a los 3 - 4 meses después de la siembra de la yuca, en tanto que la siembra de leguminosas forrajeras puede permitir el establecimiento de estos cultivos en forma permanente a un costo mínimo. Sin embargo, no todas

las leguminosas son compatibles con la yuca; por una parte, o la leguminosa no tolera la acidez y las condiciones de infertilidad del suelo bajo las cuales se cultiva yuca o bien las leguminosas compiten excesivamente por luz y agua.

Con el fin de evaluar compatibilidades, se sembró yuca con varias leguminosas en siembras simultáneas con la yuca y entre las hileras. Bajo las condiciones de CIAT-Quilichao, los mayores rendimientos se obtuvieron sin cultivo de cobertura y los rendimientos de yuca disminuyeron a medida que la competencia del otro cultivo aumentó (Figura 70). El cultivo de cobertura no aumentó el nivel de N ni disminuyó el nivel de P en las hojas de yuca, lo cual indica que la contribución de N y la competencia por nutrimentos con las leguminosas es mínima.

El fríjol, el maní perenne y la soya crecieron pobremente como consecuencia de los niveles tóxicos de Al y de Mn en el suelo y por tanto, compitieron muy poco con la yuca. El caupí creció vigorosamente y compitió por luz durante la etapa del crecimiento temprano de la yuca. Aunque el rendimiento del caupí fue muy bajo, la yuca nunca se recuperó de esta competencia temprana. El kudzú *(Pueraria phaseoloides)* y el fríjol terciopelo *(Stizolobium deeringianum)* crecieron vigorosamente, trepando por encima de la cobertura de la yuca y compitiendo severamente por luz, pero en una etapa posterior y menos crítica que el caupí. *Stylosanthes guianensis* redujo los rendimientos de yuca debido a su fuerte competencia por agua durante la estación seca. Durante este período ocasionó la defoliación completa y creció aún más alto que la yuca.

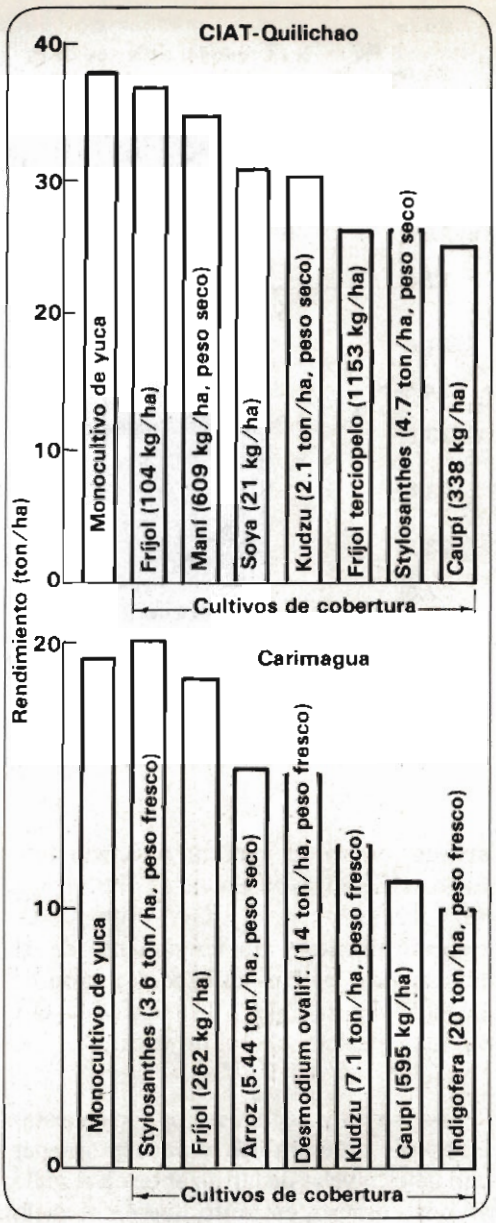

Figura 70. Efectos de la producción de varios cultivos de cobertura sobre los rendimientos de raíces frescas de yuca, en CIAT-Quilichao y en Carimagua. (Todos los rendimientos de los cultivos de cobertura corresponden a grano obtenido, a menos que se indique lo contrario.)

Bajo las diferentes condiciones climáticas de Carimagua (Figura 70) los rendimientos de yuca no fueron afectados por *Stylosanthes* el cual creció pobremente como consecuencia de las enfermedades y de la falta de vigor. El fríjol produjo un

rendimiento relativamente mejor que en CIAT-Quilichao, pero aún no compitió seriamente con la yuca. *Desmodium ovalifolium* produjo una cobertura densa pero baja, ideal para controlar la erosión y compitió mucho con la yuca hasta que ésta comenzó a perder sus hojas al final del período de crecimiento. El kudzú, el caupí y especialmente *Indigofera* (de crecimiento muy vigoroso) compitieron excesivamente con la yuca, reduciendo sus rendimientos a un 50 - 60 por ciento de lo normal.

Aparentemente, la yuca rara vez se beneficia directamente de la presencia del cultivo de cobertura; sin embargo, los beneficios del cultivo de cobertura para controlar la erosión y las malezas, y el establecimiento de un cultivo comercial o de un forraje, puede compensar la reducción del rendimiento de yuca. *D. ovalifolium* combina las características favorables del fácil establecimiento, buena cobertura del suelo y mínima competencia con la yuca.

Ensayo de Máximo Rendimiento

Con el fin de determinar el potencial de rendimiento de la yuca de Carimagua al eliminar los factores nutricionales e hídricos que limitan su producción, se sembraron ocho cultivares e híbridos altamente promisorios en un suelo con efectos residuales de fertilizaciones anteriores. Se aplicaron 2 ton/ha de cal y las plantas se fertilizaron con 1 ton/ha de 10-20-20 y 20 kg de Zn/ha, aplicados en bandas al momento de la siembra. Estas dosis de fertilización se consideraron agronómicamente óptimas, casi excesivas. Se determinó el efecto de la falta de agua haciendo riegos quincenales en los surcos (aplicados a la mitad de las parcelas), durante la estación seca (con 4 meses de duración), cuando la precipitación era muy baja. El riego durante la estación seca resultó en plantas de mayor altura, con mejor retención de hojas en comparación con las plantas sin riego. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron pronto, después del inicio de la estación lluviosa. En ese momento, algunas variedades fueron infectadas por el añublo bacterial de la yuca (CBB) y otras sufrieron severamente por la enfermedad del superalargamiento (Cuadro 50). Las únicas variedades que permanecieron relativamente libres de enfermedades y que retuvieron la mayor parte de su follaje, durante el ciclo de crecimiento, fueron M Col 638 y CM 309-41. En contraste, la variedad CM 308-197 fue severamente afectada por el CBB.

Los datos de rendimiento de raíces, presentados en el Cuadro 50, indican que las variedades tolerantes a las enfermedades no necesariamente dieron los mayores rendimientos y viceversa. También, las dosis altas de fertilización produjeron plantas muy vigorosas, pero con bajos índices de cosecha y rendimientos de raíces relativamente bajos. Bajo estas condiciones, las variedades menos vigorosas, tales como M Col 1684 y CM 308-197, presentaron los mayores índices de cosecha y los rendimientos más altos, en tanto que las variedades más vigorosas, tales como M Mex 59, Llanera y M Col 638, probablemente recibieron una sobredosis de fertilizante y presentaron un crecimiento aéreo excesivo pero poco crecimiento radical. En las pruebas regionales realizadas en CIAT-Quilichao se observó un efecto similar (Cuadro 32, Sección de Agronomía); en estas pruebas M Col 1684 al ser fertilizada, produjo el doble de rendimiento que M Mex 59, pero fue superada por esta variedad vigorosa cuando no se fertilizó.

Aunque el riego durante la estación seca aumentó ligeramente los rendimientos en

Cuadro 50.

Rendimientos de raíces frescas e índices de cosecha de ocho cultivares de yuca, cultivados en Carimagua, con y sin riego suplementario, durante la estación seca.

Cultivar	Reacción aparente al:[1]		Rendimientos de raíces frescas (ton/ha)		Indice de cosecha	
	Añublo bacterial de la yuca	Superalargamiento	Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
M Col 1684	M	M	36.5	33.8	0.64	0.62
CM 308-197	S	S	27.8	31.3	0.71	0.73
M Ven 168	-	-	27.0	25.4	0.60	0.59
CM 309-41	M	S	24.0	23.1	0.55	0.54
M Pan 114	S	-	23.0	17.9	0.54	0.49
M Mex 59	S	S	22.6	20.3	0.56	0.49
M Col 638	M	M	17.1	18.3	0.45	0.45
Llanera	M	M	15.1	14.8	0.44	0.42

1 Reacciones: S = susceptible; M = moderadamente resistente; R = resistente.

la mayoría de las variedades, disminuyó el rendimiento de CM 308-197 y no ejerció un efecto global significativo. Por consiguiente, bajo las condiciones climatéricas de Carimagua, la carencia de agua durante la estación seca (cuatro meses) no pareció limitar significativamente la producción de yuca.

ECONOMIA

Los Informes Anuales del CIAT (1974 a 1976) presentaron resultados de un estudio agronómico del cultivo de la yuca hecho en Colombia. El objetivo de este estudio era definir y medir los factores que limitan los rendimientos de la yuca en Colombia. Los resultados sirvieron de base para establecer los objetivos de investigación del Programa. En 1977, la Sección de Economía entró a la segunda fase de apoyo al proceso de desarrollo de tecnología, estableciendo ensayos a nivel de finca en los cuales se evaluarían, bajo las condiciones reales del agricultor, los diferentes "paquetes tecnológicos" desarrollados por el CIAT antes de entregarlos a las instituciones nacionales. Los objetivos de estos ensayos fueron los siguientes: 1) medir la productividad de la tecnología mejorada de producción de yuca, bajo las condiciones reales en que producen los agricultores en sus fincas; 2) definir los factores que limitan los rendimientos de yuca y que podrían haber sido subestimados al diseñar nueva tecnología a nivel de la estación experimental (por ejemplo, investigación adaptada a una localidad específica); y 3) hacer una evaluación preliminar de los factores limitantes potenciales de la adopción de esa nueva tecnología.

Ensayos a Nivel de Finca

La primera zona en la cual se establecieron ensayos a nivel de finca para probar y evaluar la tecnología de yuca desarrollada por el CIAT, fue el área de Media Luna en la costa norte de Colombia. Esta zona costanera representa el 33 por ciento del área productora de yuca en Colombia. En términos de su potencial

agroclimatológico, esta área es ampliamente representativa de una gran porción de las zonas yuqueras de América Latina, incluyendo las áreas costaneras de Colombia y de Ecuador y del noreste de Brasil. Además, el área refleja los sistemas de producción agrícola del pequeño agricultor, o sea, la principal fuente de producción de yuca en América Latina.

Sistemas Existentes

En el Cuadro 51 y en la Figura 71 se presentan los detalles de los sistemas agrícolas que operan en la zona estudiada. El sistema global tipifica la agricultura en pequeña escala de la zona costanera. Los principales cultivos son yuca, maíz y ajonjolí. La yuca es el cultivo más importante, tanto para el consumo a nivel de finca como para los ingresos en efectivo. Los suelos de la región son arenosos y con contenidos muy bajos de K y de P. La baja capacidad de retención de agua del suelo, la tasa alta de evapotranspiración y la estación seca de cinco meses son los factores por los cuales la humedad es el principal factor limitante del crecimiento de las plantas. Los factores edáficos y climatológicos limitan drásticamente las posibilidades de establecer otros cultivos que no sean los anteriormente mencionados además del caupí. Esta circunstancia es decisiva en el hecho de que las áreas productoras de yuca generalmente se encuentran en las zonas agrícolas más marginales.

El patrón del cultivo y como consecuencia, la utilización de mano de obra, está definido básicamente por la distribución de las lluvias (Figura 71). El ciclo principal de siembra es abril-junio, al comienzo de las lluvias, cuando la yuca y el maíz se siembran en asociación. La época de mayor demanda de mano de obra es precisamente este período, puesto que la siembra y las primeras dos desyerbas se traslapan. Los terrenos se preparan generalmente con tractores alquilados. En agosto-setiembre ocurre un segundo período de siembra, cuando el agricultor generalmente planta ajonjolí y ocasionalmente, yuca, si no lo ha hecho anteriormente. Este sistema de cultivo crea empleo durante una época del año que, generalmente, sería de poca actividad, o sea, antes del inicio de la cosecha de yuca en enero. En la estación de 1977-78, el período de cosecha fue más largo que lo normal debido a las malas perspectivas del mercado y al limitado acceso al mercado de producto fresco. O sea, los agricultores tienen cuatro meses para escoger la época de la cosecha y así llevar a cabo las faenas agrícolas con mayor flexibilidad. Sin embargo, cuando el tamaño de la finca es de cuatro hectáreas o menos, la poca extensión de terreno obliga a los agricultores a cosechar antes de la época de siembra siguiente sin importarles el nivel de los precios en el mercado en ese momento.

El rendimiento promedio de la yuca, considerando todos los sistemas de cultivo, fue de 6.7 ton/ha. Los rendimientos fueron significativamente menores cuando se cultivó yuca en asociación con ajonjolí, con un promedio de sólo 5.1 ton/ha en comparación con 7.3 ton/ha cuando se cultivó en asocio con maíz. Los rendimientos fueron también mucho menores cuando se sembró en agosto-setiembre y en promedio, fueron de 4.8 ton/ha. La variedad local, Secundina, dio un rendimiento de 9.2 ton/ha, rendimiento que, según lo indicaron los agricultores entrevistados, era normal.

Los agricultores tienen acceso a dos mercados: el de alimentos frescos en las principales ciudades costaneras y el de una gran planta procesadora de almidón. Los agricultores tienen acceso al mercado de alimentos a través de intermediarios que son generalmente dueños de camiones, quienes viven en el pueblo y coordinan los

Cuadro 51.

Sistemas de producción, rendimientos e ingreso neto en nueve fincas localizadas en el área de Media Luna, Colombia.

Finca	Extensión (ha)	Sistema de producción Cultivos principal/secundario	Area (ha)	Rendimientos principal/secundario[1] (kg/ha)	Ingreso neto de los cultivos (Col. $)
1	3.7	yuca/maíz	3.7	8700/177	[2]
2	10.1	yuca/maíz	2.0	8350/-	19,130
		rastrojo	7.1		
3	4.2	yuca/maíz	3.5	6598/-	46,175
		rastrojo	0.7		
4	2.9	yuca/maíz	0.6	8000/-	16,399
		ajonjolí	1.5	750	
		rastrojo	0.8		
5	12.0[3]	yuca/maíz	6.9	4300/-	[2]
		yuca/ajonjolí	4.0	5028/377	
		ajonjolí	0.5	700	
		rastrojo	0.6		
6	5.8	yuca/maíz	1.6	9185/-	42,028
		yuca/ajonjolí	2.0	4550/150	
		rastrojo	2.2		
7	4.9	yuca/maíz	4.4	6672/-	[2]
		yuca/caupí	0.1	5180/217	
		rastrojo	0.4		
8	3.2	yuca/maíz	0.4		
		yuca/ajonjolí	2.1	5120/309	27,032
		ajonjolí	0.3	200	
		rastrojo	0.4		
9	3.8	yuca/maíz	2.8	8923/-	36,100
		yuca/ajonjolí	1.0	5230/413	
Prom.	5.6	yuca/maíz	2.8	7340/177	36,106
		yuca/ajonjolí	1.0	5120/283	
		ajonjolí	0.3	678	

1 En todos, menos en un caso, el maíz ya se había cosechado cuando se inició el estudio y por lo tanto, no se observó.
2 No se había cosechado toda la yuca.
3 Incluye 4.0 ha sembradas con otro agricultor.

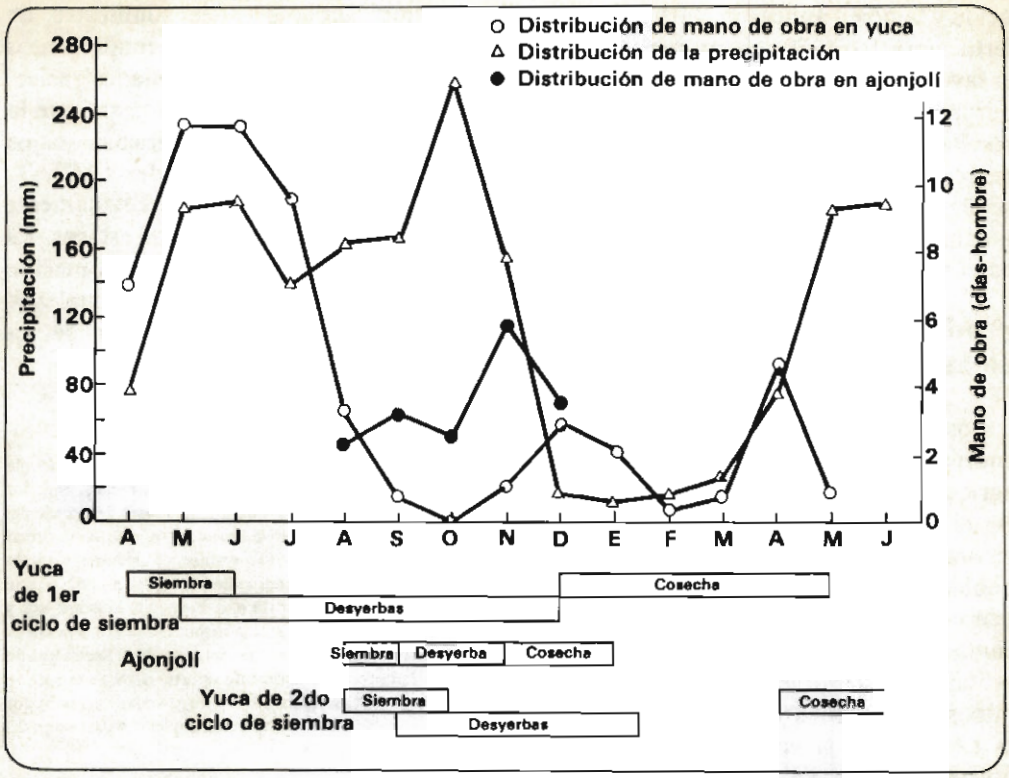

Figura 71. Patrón de precipitación, requerimientos de mano de obra y distribución de las actividades en el cultivo a través del ciclo de la planta de yuca, en la región de Media Luna.

envíos a los comerciantes mayoristas en los mercados urbanos. Los precios oscilan entre Col$3.0-3.5/kg en el mercado urbano, en tanto que la planta procesadora de almidón paga un precio constante de Col$1.90/kg. Esta procesadora de almidón es, básicamente, un comprador de excedentes del mercado urbano y de yuca de mala calidad, en cualquier cantidad disponible.

Tecnología Evaluada

El programa de pruebas regionales de variedades de yuca había identificado dos variedades (CMC 40 y M Mex 59) con buena adaptación, las cuales dieron un rendimiento de aproximadamente 22 ton/ha en las pruebas regionales establecidas en Media Luna. La encuesta que sirvió de base al estudio del área había constatado que los rendimientos de la zona costanera eran, en promedio, de sólo 6 ton/ha, lo cual indicaba que existía un buen potencial para las selecciones del CIAT.

Se establecieron pruebas de campo en parcelas de 0.1 ha. En cada una de las nueve fincas se sembraron las dos variedades seleccionadas por el CIAT (CMC 40 y M Mex 59) y la variedad local Secundina. Tres de los agricultores cultivaron solamente las variedades del CIAT (con una densidad de 10,000 plantas/ha); tres agricultores cultivaron las variedades seleccionadas por el CIAT sembrando material tratado con una mezcla fungicida/insecticida; y finalmente, tres agricultores utilizaron las variedades del CIAT tratadas con fungicida/insec-

ticida y también aplicaron 500 kg/ha de un fertilizante 10-20-20. La primera serie de ensayos se sembró en setiembre de 1977 durante el segundo ciclo de siembra; los resultados se presentan a continuación. En mayo y setiembre de 1978 se sembraron las series adicionales de ensayos utilizando una metodología revisada. Aún no se han cosechado tales ensayos.

Productividad y Rentabilidad de la Nueva Tecnología

Los rendimientos obtenidos en los ensayos establecidos en fincas de los agricultores en Media Luna se presentan en el Cuadro 52. La tecnología básica recomendada por el CIAT — óptima población de plantas, material de siembra seleccionado y tratado, y cultivares seleccionados por el CIAT — presenta una ventaja considerablemente mayor en términos de rendimiento en comparación con la siembra de la variedad Secundina, y utilizando la tecnología local.[1] Sin embargo, los resultados indican que la selección de las estacas y su tratamiento son esenciales si se desea obtener buenos rendimientos con las variedades seleccionadas. Esto implica que es necesario disponer de un programa efectivo de extensión agrícola y de suministro de insumos para obtener rendimientos adecuados con las variedades seleccionadas. El Cuadro 53 demuestra que la razón por la cual se obtienen bajos rendimientos con las variedades del CIAT, es la tasa de germinación extremadamente baja, cuando no se tratan las estacas. La baja población de plantas, en combinación con un mayor crecimiento de las malezas, fueron los factores responsables de los rendimientos menores.[2]

[1] Los resultados obtenidos con la aplicación de la tecnología local resultaron inferiores en comparación con los rendimientos logrados bajo las condiciones de manejo del agricultor. Esto se debió, primero a que la variedad Secundina no germinó bien y no se retrasplantó, como lo hubieran hecho los agricultores, y, segundo, a que Secundina no se comporta muy bien en la estación seca y por lo tanto, generalmente se siembra en mayo al inicio de la estación lluviosa; y tercero, las parcelas de Secundina no se desyerbaron en el momento oportuno, como se hace en los campos de los agricultores y las pérdidas ocurridas por menor población de plantas, en la estación seca, fueron del orden del 60 por ciento.

[2] Los agricultores con frecuencia prolongan considerablemente el lapso que transcurre entre el corte y la siembra de las estacas. En el caso de los ensayos establecidos en Media Luna, el lapso transcurrido entre el corte y la siembra de los materiales del CIAT se prolongó involuntariamente; en este caso, el tratamiento de las estacas demostró ser muy efectivo para combatir la baja germinación de las estacas.

Cuadro 52.

Rendimientos de raíces de yuca (peso fresco), de tres variedades cultivadas en ensayos a nivel de finca, en Media Luna, según los tratamientos culturales aplicados.

	Rendimientos varietales (ton/ha)					
	CMC 40		M Mex 59		Secundina	
Tratamientos	Prom.	DE(CV)	Prom.	DE(CV)	Prom.	DE(CV)
Tradicional (testigo)	4.6	1.7 (37)	9.3	1.4 (15)	2.0	0.7 (35)
Con tratamiento de las estacas	13.1	3.9 (30)	13.6	5.5 (40)	-	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	17.4	3.4 (20)	13.9	9.5 (6)	-	-

Cuadro 53.

Porcentaje de pérdidas en plantas de yuca de tres variedades cultivadas bajo tres tratamientos, en ensayos a nivel de finca en Media Luna.

	Pérdidas de CMC 40			Pérdidas de M Mex 59			Pérdidas de Secundina		
	Meses después de la siembra			Meses después de la siembra			Meses después de la siembra		
Tratamientos	1[1]	4	11	1[1]	4	11	1[1]	4	11
Tradicional (testigo)	55.3	63.4	74.2	30.8	38.8	49.8	4.8	21.8	64.4
Con tratamiento de las estacas	0.8	1.3	3.0	5.9	10.2	25.3	-	-	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	1.1	3.4	5.8	7.2	21.2	33.5	-	-	-

1 Las pérdidas, después de un mes, se debieron a una mala germinación.

Un simple cálculo de los márgenes brutos obtenidos en Media Luna (Cuadro 54) muestra que CMC 40, cultivada con altos niveles de aplicación de insumos, fue más rentable. Sin embargo, la ventaja en la utilización de fertilizantes no es concluyente. Veamos dos casos. En uno, con la variedad M Mex 59, el uso de fertilizantes ocasionó una pérdida de ingresos. En otro, con la variedad CMC 40, el uso de fertilizantes fue marginalmente más rentable en comparación con el primer caso, pero, aún así, la tercera parte de los agricultores hubiera perdido dinero al aplicar fertilizantes. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes no es rentable o por lo menos muy riesgosa bajo estas condiciones agroclimáticas. Estos resultados destacan el hecho de que las recomendaciones de fertilizantes para la yuca son específicas, según la localidad y se deben basar en ensayos comprobados y

Cuadro 54.

Márgenes económicos brutos[1] obtenidos de la producción de tres variedades de yuca, bajo tres tratamientos culturales, en ensayos a nivel de finca, en Media Luna.

	Variedades		
Tratamiento	CMC 40	M Mex 59	Secundina[2]
	(Col. $)		
Tradicional (testigo)	7130	14,415	17,500
Con tratamiento de las estacas	20,138	20,913	-
Con tratamiento de las estacas y fertilización	22,953	17,528	-

1 Debido a las diferencias de calidad, se utilizó un precio de 1.55 pesos/kg para la variedad CMC 40 y M Mex 59 y de 3.5 pesos/kg para Sundina.
2 Se utilizó un rendimiento de 5 ton/ha por reflejar mejor la situación que ocurre a nivel de finca. Ver el Cuadro 52 para los rendimientos utilizados, a fin de calcular otros márgenes.

hechos a la medida para las condiciones edáficas y climatológicas de cada microambiente y para las variedades comunes de cada región. De no ser así, el agricultor arriesga a sufrir considerables pérdidas de capital.

Debido a las diferencias en los precios obtenidos en el mercado por la venta de yuca entre las selecciones del CIAT y la variedad local (ver párrafos posteriores sobre limitantes del mercado), la ventaja de las variedades seleccionadas por el CIAT en términos de rentabilidad no es muy clara puesto que Secundina no se probó conjuntamente con las recomendaciones de prácticas culturales desarrolladas por el CIAT (aunque en ensayos futuros se incluirá esta variable). Esta situación pone en relieve el hecho de que las características de calidad, en la medida en que ellas afectan los precios, influyen considerablemente en la rentabilidad relativa de la nueva tecnología, aún con una ventaja considerable en términos de rendimiento obtenido.

Limitantes del Rendimiento

El Programa de Yuca ha comprobado que las variedades mejoradas de alto rendimiento, constituyen el elemento principal para obtener aumentos significativos en la productividad del cultivo de yuca en América Latina. Las variedades CMC 40 y M Mex 59 han sido identificadas como las más ampliamente promisorias, hasta tanto se desarrollen líneas híbridas. Como complemento valioso dentro del proceso de investigación, será muy útil hacer una evaluación de los factores que limitan el rendimiento así como de los medios para superar esos limitantes.

La Figura 72 presenta los factores que limitaron el rendimiento de las variedades seleccionadas por el CIAT, sembradas en el ciclo de siembra de setiembre [1]. Los principales factores que limitan el rendimiento se relacionan con el clima. Existen dos posibilidades de investigación para superar estos factores: 1) la utilización de variedades con mejor adaptación, y 2) la siembra hecha en el momento más oportuno, durante el ciclo de lluvia. La utilización de fertilizantes para superar el problema de la fertilidad de los suelos (un limitante natural), ha demostrado ser riesgoso o no rentable.

Por lo tanto, el control de plagas, incluyendo las malezas, pareciera ser la forma más efectiva de aumentar lo suficiente los rendimientos para que los agricultores tengan un incentivo de adoptar la nueva tecnología.

La selección y el tratamiento de las estacas son recursos económicamente viables para superar al menos en parte el factor limitante que representan las plagas, en el caso de CMC 40. Los rendimientos se lograron aumentar a niveles por encima del promedio de 13 ton/ha para el tratamiento de las estacas, pues, como lo mostraron los ensayos efectuados, los comejenes ocasionaron una gran parte de las pérdidas de las estacas en el caso de M Mex 59 (Cuadro 55); por otra parte, CMC 40 presentó alguna resistencia a esta plaga. Este año se puede reducir cambiando el tratamiento de las estacas e incluyendo el aldrín (ver la sección de Entomología).

Posiblemente, un mejor control de las malezas podría aumentar aún más los

[1] La Figura 72 se diseñó así: 1) el rendimiento máximo representa la media del promedio en los dos rendimientos más altos obtenidos por año en las pruebas regionales en Colombia; 2) el siguiente nivel más bajo de los rendimientos representa los mayores rendimientos obtenidos en Media Luna, durante los cuatro años de pruebas regionales (sembradas en setiembre); 3) el tercer nivel de rendimiento representa los resultados de este año, obtenidos en las pruebas regionales; y 4) el resto se obtuvo de los resultados obtenidos a nivel de finca.

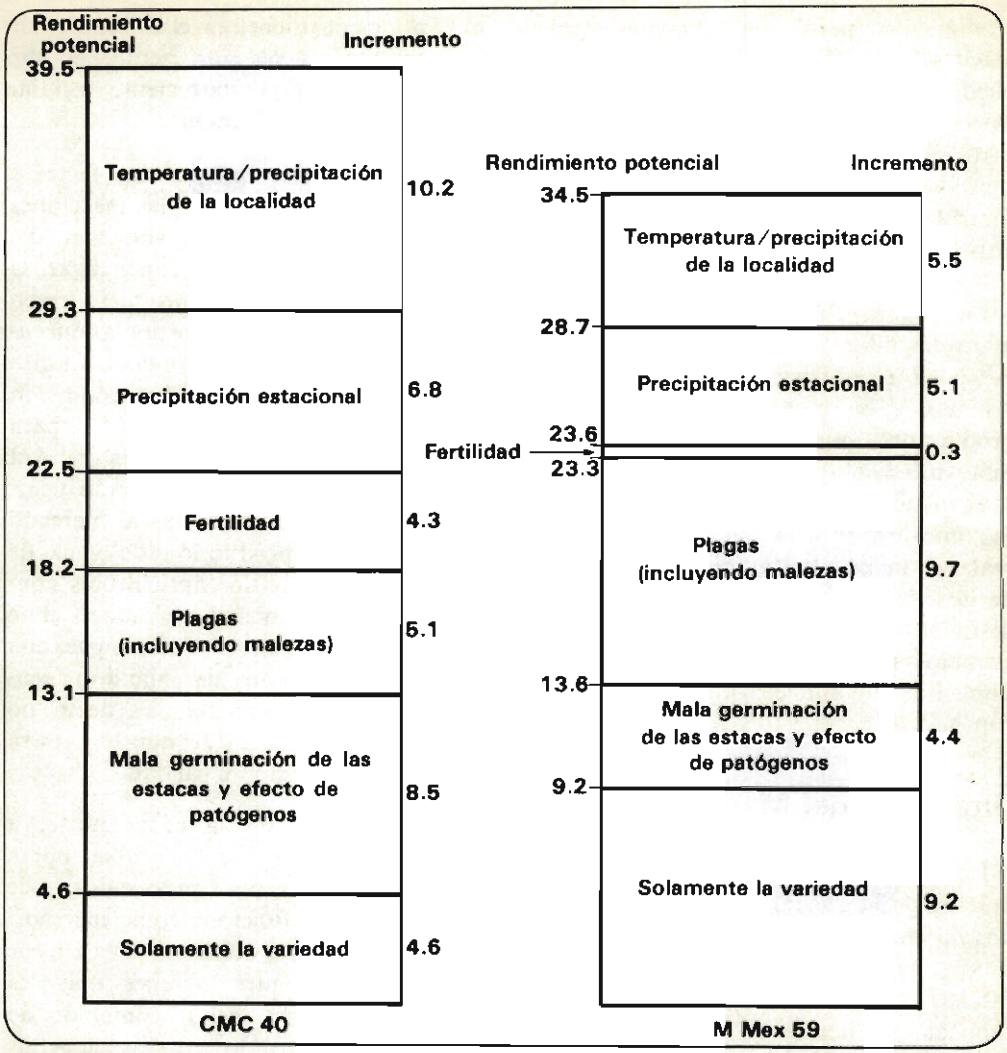

Figura 72. Factores limitantes de los rendimientos, en las variedades de yuca seleccionadas por el CIAT, durante el segundo ciclo de siembra en Media Luna.

Cuadro 55.

Porcentajes de plantas de tres variedades de yuca que fueron infestadas por comejenes, cuando se sembraron bajo tres tratamientos culturales, en ensayos a nivel de finca, en Media Luna.

Tratamiento	Variedades		
	Secundina	CMC 40	M Mex 59
Tradicional (testigo)	25.9	8.1	18.4
Con tratamiento de las estacas	-	0.7	4.5
Con tratamiento de las estacas y fertilización	-	3.1	19.0

rendimientos pero, con la escasa información disponible, este efecto específico se puede separar de los efectos globales que representan los patógenos y los insectos, particularmente el añublo bacterial de la yuca y los ácaros. Ambos se pueden controlar sólo con el uso de variedades más resistentes.

La Figura 72 también muestra las marcadas diferencias en rendimiento que es posible obtener bajo condiciones óptimas y bajo condiciones típicas de producción. Los rendimientos de yuca con estas variedades y bajo estas condiciones se pueden aumentar potencialmente hasta un máximo de 15 ton/ha. Bajo las condiciones reales de manejo del agricultor, un control de malezas menos intensivo y una menor densidad de población producida por las siembras intercaladas, reduciría los rendimientos aún a niveles inferiores al de 15 ton/ha.[1]

Limitantes del Mercado

En Media Luna se distribuyó una muestra de 3 kg de raíces de cada una de las dos variedades seleccionadas, a 10 familias campesinas con el fin de hacer pruebas de calidad para el consumo. Todas las familias calificaron la variedad CMC 40 como regular o mala y M Mex 59, como mala.

Se pidió a un grupo de agricultores de esa zona que evaluaran los factores que ellos consideraban como "importantes" y como "secundarios" en la selección de una variedad de yuca, la cual ellos estuvieran dispuestos a adoptar posteriormente. El 83 por ciento mencionó, como factor principal, el alto contenido de almidón; el restante 17 por ciento mencionó el alto rendimiento. Como factores secundarios, el 17 por ciento mencionó el alto contenido de almidón; el 66 por ciento, el alto rendimiento y el 17 por ciento restante señaló la alta germinación.

Estas respuestas reflejan dos factores importantes con respecto a las reacciones de los agricultores a la situación del mercado de la yuca. En primer lugar, la calidad en el mercado del producto fresco se determina principalmente por la concentración de almidón en las raíces. El alto contenido de almidón es una condición necesaria mas no indispensable, para producir yuca que sea de una calidad aceptable en el mercado. En segundo lugar, el acceso de los agricultores al mercado depende de la producción de yuca de suficiente calidad. Los agricultores consideran que su principal mercado es el de los productos frescos, en el cual la yuca con un bajo contenido de almidón sencillamente no es vendible; es decir, no existen precios diferenciales para variedades de diferente calidad.

Sin embargo, en la costa norte, a diferencia del resto de Colombia, opera una gran compañía procesadora de almidón, la cual funciona como mercado alternativo. En esta situación, el agricultor puede escoger entre obtener mayores rendimientos y un menor contenido de almidón y por lo tanto, muchos agricultores sembraron una pequeña parte de su tierra con las variedades seleccionadas por el CIAT.

En las áreas en las cuales sólo existe un mercado de productos frescos, estas variedades no serán adoptadas, debido al rechazo por parte de los comerciantes y mayoristas.[2] En los sitios en donde exista

[1] Estos efectos serán evaluados el próximo año, cuando los agricultores siembren estacas producidas por otras variedades.

[2] Debido a la interacción existente entre los factores ambientales y el contenido de almidón (ver discusión sobre las implicaciones en la investigación), surge la situación interesante de que estas variedades pueden producir yuca de calidad aceptable para el mercado, cuando se cultivan a altitudes mayores. Por lo tanto, la calidad apropiada para el mercadeo es una función de la variedad y de las condiciones bajo las cuales se cultiva la yuca.

un mercado industrial en expansión y en donde las variedades mejoradas rindan aproximadamente tres veces más que las variedades locales se desarrollará un mercado doble, en el cual las distintas variedades abastecerán diferentes mercados. Al existir una tendencia que no favorece a las variedades locales, los precios en los mercados de productos alimenticios probablemente aumentarán hasta que los dos tipos de variedades sean igualmente rentables. Pudiera ser que se presente una diferencia sustancial en el precio de las variedades locales en comparación con las industriales, y esto podría inducir el consumo de yucas de menor calidad, pero esta posibilidad no parece ser factible.

Implicaciones en la Investigación

Los resultados anteriores señalan la importancia del alto contenido de almidón (probablemente con un contenido de, por lo menos, un 30%) como una característica principal que se debe buscar en las nuevas variedades, especialmente si se espera obtener en el mercado de alimentos un impacto económico que sea benéfico. Los usos industriales dan también gran valor al alto contenido de almidón. Como consecuencia de su efecto en los precios, la concentración de almidón es tan importante como el rendimiento en el desarrollo de una variedad.

El Cuadro 56 presenta los contenidos de almidón de las diversas variedades sembradas en las pruebas regionales y a nivel de finca, realizadas en Media Luna. La variedad M Col 22 se ha introducido en estos últimos ensayos a nivel de finca, como variedad potencial que tiene una alta concentración de almidón. Los datos muestran que el contenido de almidón difiere ampliamente entre variedades, siendo la variedad local la que presenta consistentemente la mayor concentración de almidón en sus raíces. La clasificación de las variedades, según su contenido de almidón, se ha mantenido relativamente constante a través de los años lo cual indica que existen diferencias genéticas en lo que respecta a esta característica.

El Cuadro 57 presenta el contenido promedio de almidón de las mismas siete variedades en siete localidades de pruebas regionales. Las diferencias de una localidad a otra son significativas, lo cual indica que el contenido de almidón también está influenciado por factores ambientales. Para cada una de las tres variedades se hizo una regresión lineal simple, la cual refleja la hipótesis de que el contenido de almidón es una función de la temperatura promedio y del vigor general

Cuadro 56.

Contenido porcentual de almidón, en cuatro variedades de yuca sembradas en varios ensayos, en Media Luna.

Variedad	Pruebas regionales				Ensayos a nivel de finca
	1975	1976	1977	1978	1978
CMC 40	27	24	26	26	18
M Mex 59	25	27	28	22	24
M Col 22	33	28	30	26	-
Secundina	33	33	36	27	33

Cuadro 57.

Contenido promedio de almidón en raíces de siete variedades de yuca, cultivadas en siete localidades.

Localidad	Altitud (msnm)	Contenido promedio de almidón (%)	Desviación estandar (%)
Media Luna	10	29.4	3.3
Nataima	430	31.7	2.4
Rio Negro	480	27.0	5.3
CIAT-Palmira	1000	33.7	2.4
La Zapata	1100	33.6	2.6
Caicedonia	1100	38.7	2.6
Pereira	1480	35.6	1.5

de la planta, medido según el rendimiento en una localidad determinada.

Los resultados de la regresión (Cuadro 58) mostraron una relación negativa entre el contenido de almidón y la temperatura, particularmente para M Col 22, una variedad la cual exhibe una característica genética de alta concentración de almidón. En general, el rendimiento no parece estar asociado con la concentración de almidón.

Se ha demostrado que el contenido de almidón de las raíces es un factor determinante para la calidad de mercadeo debido a que determina o su acceso al mercado o bien, el precio pagado; dicho contenido influye fuertemente sobre el agricultor en cuanto a su decisión de adoptar una variedad. Esta característica está determinada genéticamente pero también está altamente influenciada por las condiciones ambientales, las prácticas culturales (ver los resultados de la fer-

Cuadro 58.

Resultados de las regresiones lineales hechas para la relación entre el contenido de almidón en las raíces de yuca y la temperatura media, en una localidad determinada, para tres variedades.

Variedad	Regresión[1]	R-cuadrado
CMC 40	CA = 54.2 - 1.01 Temp + .001R (1%) (NS)	.52
M Col 22	CA = 63.3 - 1.35 Temp + 0.16R (1%) (10%)	.63
M Mex 59	CA = 44.0 - 0.61 Temp + 0.08R (15%) (NS)	.13

1 CA = contenido de almidón; Temp. = temperatura; R = rendimiento; los valores en paréntesis corresponden a los niveles de significancia de los coeficientes de regresión.

tilización en la Sección de Prácticas Culturales) y el ataque de enfermedades (ver los resultados de los estudios con el añublo bacterial de la yuca en la Sección de Mejoramiento Varietal). Con el fin de tener un estimativo de la interacción entre la variedad y el ambiente (representado por factores climatológicos, edáficos y patogénicos) se utilizó la correlación de Spearman para determinar el orden de las variedades, según su contenido de almidón, entre ocho localidades en las cuales se establecieron pruebas regionales en 1975.

De las 21 combinaciones posibles, sólo dos correlaciones fueron significativas de cero a un nivel de probabilidad del 10 por ciento o menos. Aunque estos datos no son concluyentes debido al número limitado de variedades en prueba, sí indican que todas las disciplinas de investigación del Programa tienen que considerar el contenido de almidón conjuntamente con el rendimiento, como un criterio básico de evaluación en sus ensayos y que cada disciplina cumple un papel fundamental en la determinación de los diferentes factores que influyen sobre el contenido de almidón.

Análisis Económico de los Sistemas Intercalados Yuca/Fríjol

Se hizo un análisis económico simple de los sistemas de intercalamiento yuca/fríjol, con base en los datos generados por la Sección de Prácticas Culturales. Los sistemas se pueden considerar como los que prevalecen en la zona localizada entre los 1000 y 1500 m en donde se cultiva tanto fríjol como yuca. Estos sistemas no son adecuados para la mecanización; por lo tanto, son de especial importancia para los agricultores pequeños quienes tienden a hacer un uso más intensivo de la mano de obra. Sin embargo, los sistemas bajo estudio requieren insumos de manera relativamente intensiva, empleando herbicidas, fertilizantes y aspersiones frecuentes de fungicidas en fríjol.

En el Cuadro 59 se presentan los recursos utilizados en los diversos sistemas. Por lo general, a medida que los sistemas se tornan más complejos se intensifica tanto la utilización de mano de obra como la aplicación de insumos. Sin embargo, existe un elemento complementario básico en la asociación fríjol arbustivo/yuca y es que la necesidad de mano de obra empleada en las desyerbas es mucho menor que en monocultivo como consecuencia del efecto del sombrío ejercido por el fríjol. Esto reduce el aumento de los costos como consecuencia de la intensificación del sistema. También puede existir un beneficio adicional en el control de la erosión debido al crecimiento temprano del fríjol, un aspecto de gran importancia en las zonas montañosas en donde predominaría este sistema. Finalmente, no se incurriría en gastos al no tener que construír un sistema de soporte para el fríjol trepador puesto que este utiliza los tallos de yuca como soporte.

Los altos Indices Equivalentes de Tierra y los beneficios complementarios indicarían que para los sistemas intercalados existe una ventaja en los ingresos. Se calculó la rentabilidad neta de los diversos sistemas y los datos se presentan en el Cuadro 60. Los sistemas se evaluaron con base en diferentes precios para la yuca con el fin de determinar si el sistema óptimo varía según los precios relativos entre la yuca y el fríjol. El sistema más intensivo — la yuca defoliada a los 9 meses en asociación con dos cultivos de fríjol — fue el sistema más rentable en un amplio rango de precios relativos. La asociación yuca no defoliada/fríjol trepador fue el sistema

Cuadro 59.

Utilización de recursos y costos de producción en varios sistemas de asociación yuca/fríjol.

Sistema	Mano de obra[1] (días-hombre/ha) deshierbas	Mano de obra[1] (días-hombre/ha) total	Costos de mano de obra[2] (Col. $)	Costos de insumos (Col. $)	Costos totales (Col. $)	Costos incrementales[3] (Col. $)
Monocultivo de yuca	44.5	86.5	10,650	7012	17,662	-
Yuca/fríjol arbustivo	0	79.0	9900	9905	19,805	2143
Yuca/fríjol trepador (I)[4]	69.5	138.0	15,200	16,557	32,357	14,695
Yuca/fríjol trepador (II)[4]	69.5	159.5	17,950	16,557	34,507	16,845
Yuca/fríjol arbustivo/ (I)[4]	25.0	132.0	15,200	19,450	34,650	16,988
fríjol trepador (II)[4]	25.0	156.0	17,650	19,450	37,100	19,438
Monocultivo de fríjol arbustivo	6.0	86.0	12,600	16,031	28,631	-

1 La utilización de mano de obra refleja la preparación mecánica del terreno.
2 Incluye los costos de la preparación mecánica del terreno.
3 Costo adicional del sistema en comparación con el monocultivo de yuca.
4 (I): yuca no defoliada; (II): yuca defoliada a los 9 meses.

más rentable solo cuando los precios de la yuca fueron muy altos, lo cual refleja el impacto aparentemente positivo de la asociación sobre los mayores rendimientos de yuca en comparación con el monocultivo. Algo más significativo aún fue que, en un amplio rango de precios relativos, ambos sistemas de monocultivo siempre fueron menos rentables que los sistemas de cultivos asociados.

Cuadro 60.

Beneficio neto por hectárea para varios sistemas de asociación yuca/fríjol, al variar los precios de la yuca.[1]

Sistema	Precio de la yuca (Col. $) 0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Monocultivo de yuca	-3562	10,538	38,738	66,938	95,138
Yuca/fríjol arbustivo	15,695	27,165	50,195	73,195	96,195
Yuca/fríjol trepador (I)[2]	-4657	11,043	42,443	74,443	105,243
Yuca/fríjol trepador (II)[2]	9543	19,993	40,893	61,793	82,693
Yuca/fríjol arbustivo (I)[2]	16,150	28,550	53,350	78,150	102,950
fríjol trepador (II)[2]	37,200	46,700	65,700	84,700	103,700
Monocultivo de fríjol arbustivo	15,769	15,769	15,769	15,769	15,769

1 Los precios del fríjol se mantuvieron constantes a un valor de Col. $ 12/kg para el fríjol arbustivo negro y Col. $ 24/kg para el fríjol trepador blanco.
2 Ver el pie de cuadro 4, Cuadro 59.

Los costos incrementales presentados en el Cuadro 59 indican que hay un rápido aumento en los costos al pasar del monocultivo de yuca a los sistemas más complejos de asociación. Teniendo en cuenta que los agricultores en pequeña escala son los principales usuarios de los sistemas de cultivos asociados, las consideraciones de los riesgos y la limitada disponibilidad de capital requieren un alto retorno sobre el capital. Los datos presentados en la Figura 73 muestran la tasa marginal de retorno sobre los mayores desembolsos de capital en comparación con los costos del monocultivo de yuca. La alta productividad de los sistemas asociados se refleja en las altas tasas de retorno. El sistema yuca/fríjol arbustivo da una tasa de retorno sobre la inversión muy alta en el sistema de fríjol asociado en un amplio rango de precios relativos, lo cual indica la rentabilidad de este sistema en comparación con el monocultivo. La tasa de retorno sobre el sistema yuca/fríjol arbustivo, al agregar un sistema de fríjol trepador (el sistema más rentable), fue considerablemente menor, pero aún se mantuvo en un rango aceptable (es decir, un retorno de más de 50 %) en todos los niveles de precios excepto en los precios relativos muy altos. Estos resultados indican que los sistemas más rentables también dan una tasa de retorno marginal

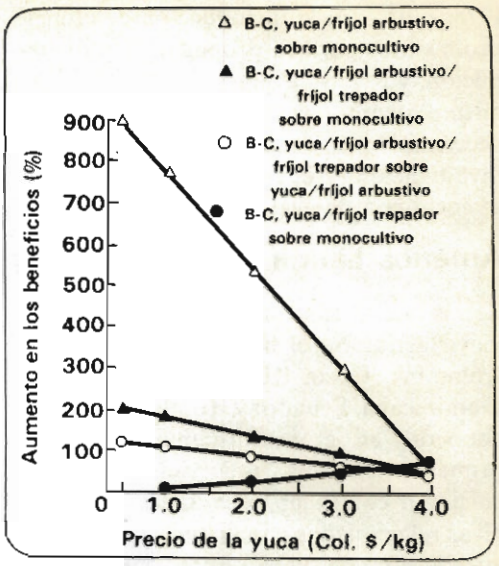

Figura 73. Relación de inversión Beneficio-Costo (B-C), en diferentes sistemas de asociación en comparación con un sistema de monocultivo de yuca.

lo suficientemente alta para cubrir los riesgos de los altos costos de capital. Es más, no se recomendaría cambiar solamente a un sistema de yuca/fríjol trepador a precios relativos muy altos. La tasa de retorno no es tanto mayor y el riesgo de los cambios en los precios afecta considerablemente tanto la rentabilidad como los retornos sobre el capital. Por lo tanto, la importancia del fríjol arbustivo en estos sistemas asociados es fundamental.

COOPERACION INTERNACIONAL

Las actividades de cooperación internacional del Programa de Yuca están diseñadas para conjugar el desarrollo de la investigación y la aplicación de la tecnología mediante la creación de lazos fuertes entre el CIAT y las instituciones nacionales.

Los progresos logrados en América Latina durante 1978 incluyen el fortalecimiento de las redes cooperativas ya existentes, un aumento en la cantidad de material de germoplasma promisorio sometido a las pruebas internacionales y el viaje extensivo de miembros del equipo de yuca, especialmente el especialista en cooperación internacional para América Latina.

Este fue el primer año completo en el cual un miembro del equipo de yuca tuvo su base en Asia, como especialista en cooperación internacional para esa región. El énfasis de su trabajo en Asia, durante

1978, estuvo en la introducción de clones promisorios para su propagación y distribución, y para su evaluación posterior. Al mismo tiempo, se tomaron las medidas necesarias para establecer una red de investigación en el sureste asiático, la cual se encargará de evaluar este material.

América Latina

Los científicos del equipo de yuca viajaron durante el año por Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador y Honduras, a fin de cooperar en el establecimiento de los primeros ensayos internacionales y/o iniciar o continuar actividades colaborativas relacionadas con la investigación y la producción de yuca. En Colombia, los estrechos lazos colaborativos que existen con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) han conducido a la propagación y distribución extensiva de materiales promisorios por agrónomos del ICA a los agricultores locales. En Brasil, el entomólogo del equipo de yuca permaneció durante la mayor parte de 1978 trabajando con el programa nacional de yuca de este país.

Ensayos Internacionales

Después de realizar evaluaciones extensivas en colaboración con el ICA en diez localidades de Colombia, se enviaron, en 1978, materiales promisorios a 14 países de América Latina y a otras regiones del mundo para su evaluación a nivel local. En Argentina, Costa Rica, Ecuador, México y Venezuela se cosecharon pruebas regionales internacionales en las cuales se había incluído material suministrado por el CIAT. Los programas nacionales respectivos son los responsables de las recomendaciones finales y de la multiplicación de las variedades.

Actividades en los Países

Bolivia. Se despachó material de siembra para una prueba internacional; el especialista en proyección externa del CIAT le prestó asistencia a los agrónomos locales encargados del establecimiento de esta prueba internacional. Uno de los agrónomos de la Universidad Gabriel René Moreno había participado en el curso extensivo de producción de yuca realizado en el CIAT en mayo de 1978. También, se establecieron relaciones con el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) para intensificar las actividades colaborativas y el adiestramiento en yuca para agrónomos de dicha investigación.

Brasil. En 1977, el agrónomo del Programa de Yuca del CIAT había participado en la planeación de una red de pruebas regionales. En 1978 esta red se estableció definitivamente con la siembra de estas pruebas en todo el país y supervisada por los agrónomos locales. En años anteriores, antiguos becarios brasileros hicieron en la sede del CIAT varios cruzamientos controlados de los cuales se obtuvo semilla sexual la cual fue sembrada y evaluada, en Cruz das Almas, Bahía. Algunos de estos cruces se están multiplicando para hacer evaluaciones más extensivas.

Se está planeando iniciar el intercambio de germoplasma de yuca cultivado en tubos de ensayo, utilizando la técnica del cultivo de tejidos. El Director del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) y el especialista en cultivo de tejidos de la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT han intercambiado visitas a fin de preparar este proyecto.

Colombia. El ICA está multiplicando, distribuyendo y vendiendo a los agricultores de diversas regiones de Colombia material de siembra libre de enfermedades, incluyendo variedades seleccionadas por el CIAT. Los agrónomos del ICA están sembrando

pruebas regionales en varias localidades de la costa norte y en otras regiones de Colombia, utilizando variedades recomendadas por el ICA después de que han sido evaluadas conjuntamente por el ICA y el CIAT.

Costa Rica. Los científicos locales han logrado erradicar el añublo bacterial de la yuca de las principales áreas productoras de este cultivo. Antiguos becarios del CIAT están realizando un segundo ciclo de pruebas internacionales con variedades promisorias despachadas por el CIAT. También, se iniciaron varias pruebas regionales con las mejores variedades cosechadas en el primer ciclo de pruebas.

República Dominicana. Los agrónomos que han recibido adiestramiento en el CIAT han establecido el primer ensayo internacional en San Cristóbal. Uno de estos agrónomos hizo los arreglos necesarios para que el Subsecretario de Agricultura de la región de Moca y varios agricultores visitaran el CIAT. Los agrónomos adiestrados por el CIAT están ahora difundiendo las prácticas culturales mejoradas sencillas, y la metodología que promueve el CIAT hasta los agricultores locales. La variedad CMC 40 seleccionada por el CIAT (originalmente obtenida por mejoramiento genético en Brasil) es ampliamente cultivada en este país.

Recientemente, algunos científicos del Centro de Desarrollo Agropecuario (CENDA) han solicitado materiales de siembra de variedades promisorias para adelantar evaluaciones locales.

Mexico. A finales de 1978, el Coordinador Nacional del Programa de Yuca de México permaneció durante una semana en el CIAT en busca de apoyo logístico para implementar ese programa, el cual fue planificado en 1977 con la colaboración del CIAT, y cuando esté en plena operación, posiblemente tendrá mucho impacto en la producción de yuca en ese país. Varios antiguos becarios del CIAT participan activamente en este programa.

Ya se han enviado a México materiales de siembra de algunas variedades seleccionadas por el CIAT; los agrónomos de este país las están cultivando y evaluando.

Otros países. Se han enviado materiales de siembra a Argentina y Venezuela para que se incluyan en las pruebas internacionales establecidas en esas naciones. En Honduras, el primer ensayo internacional se sembró en junio de 1978 bajo la supervisión de un antiguo becario del CIAT. En Perú se está completando un proyecto especial financiado por el Canadian International Development Research Centre (IDRC). Los científicos del Programa de Yuca del CIAT proporcionaron alguna asistencia a este proyecto; una evaluación posterior de sus logros determinará la medida en la cual se continuarán las actividades colaborativas.

El Coordinador del Programa de Yuca visitó Cuba; actualmente, se están haciendo los trámites necesarios para el intercambio de material de siembra, adiestramiento y otras actividades de cooperación en la producción de yuca. Se mantuvieron contactos con los programas de yuca establecidos en Guyana y Surinam.

Actividades de Adiestramiento

En 1978 se realizaron en el CIAT dos cursos intensivos, con una duración de 1 mes cada uno, sobre tecnología de producción de yuca. En el primero, realizado durante enero y febrero, la mayoría de los participantes provinieron de países no latinoamericanos. La fuente principal de financiación de los participantes en este curso fue proporcionada por el IDCR (ver la Sección Sureste de Asia).

En el segundo curso, realizado en mayo, participaron 46 profesionales de 12 países de América Latina. Las principales fuentes de financiación de este curso fueron el IDRC y el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP).

Durante el año, 12 agrónomos de nueve países completaron en el Centro sus períodos de adiestramiento en cursos de mayor duración; otros 10 aún se encontraban recibiendo adiestramiento a finales del año.

Sureste de Asia

Este año se hizo mucho énfasis en la introducción de clones promisorios para su distribución posterior a diversos países de Asia. En Filipinas, se introdujo material en la forma de estacas y se multiplicó bajo cuarentena, utilizando la técnica de propagación rápida. Se ha tenido mucho cuidado en el proceso de cuarentena y durante el proceso de propagación no han surgido problemas de importancia. Hasta el momento se ha sembrado un total de 2.5 ha con líneas promisorias; el material obtenido de esta siembra estará listo para su distribución a otros países del sureste de Asia en marzo de 1979. Mientras se hace la propagación de este material, se adelantan los preparativos necesarios para establecer una red de investigación, la cual tendrá a su cargo el manejo de las pruebas regionales del material introducido.

Además de las estacas vegetativas enviadas a Asia, se ha enviado a India, Tailandia y Malasia una gran cantidad de semilla sexual. Los materiales del CIAT han mostrado tener en India índices de cosecha muy altos y buena resistencia a *Cercospora;* estos materiales se están utilizando en este país en su programa de mejoramiento genético. En Tailandia se ha hecho una serie de selecciones de plántulas, las cuales se han multiplicado y están incluidas en ensayos avanzados de rendimiento. En Malasia, las plántulas aún se encuentran en la fase inicial de selección.

Se hizo una lista de nombres de investigadores y personas interesadas en el cultivo de yuca en Asia y se publicó un directorio el cual incluye direcciones postales, que permitirán el intercambio de materiales y de información. Ya existen programas nacionales de yuca en India, Tailandia, Malasia, Indonesia y Filipinas. Después de hacer una cuidadosa selección de participantes se invitó a 25 investigadores de estos programas para que asistieran a un curso intensivo sobre investigación y producción de yuca celebrado en la sede del CIAT, el cual tuvo una duración de 1 mes. Todos los participantes regresaron a sus programas nacionales excepto dos de ellos, quienes están recibiendo adiestramiento adicional.

El Coordinador de Cooperación Internacional para el Sureste de Asia ha visitado los seis países en los cuales el CIAT está trabajando activamente: India, Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas y Sri Lanka. En los primeros tres se encuentran los programas más amplios y sólidos; se ha puesto énfasis en mantener a los técnicos de estos países al día en cuanto a avances logrados en el CIAT y viceversa. En el caso de Filipinas, Indonesia y Sri Lanka, el CIAT ha colaborado en la planeación y organización de sus programas, los cuales aún son muy recientes. En Filipinas, el Coordinador organizó un curso corto intensivo sobre la propagación rápida de material de siembra limpio, puesto que la falta de material de siembra adecuado ha sido la principal limitación para aumentar la producción de yuca en ese país.