

12988^e
español



^o
**Informe Anual del Programa de Yuca
1979**

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

ISSN 0120-2340
Serie CIAT No. 02SC1-79
Octubre, 1980

Cita correcta:

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual del Programa de Yuca,
1979. Cali, Colombia. 1980. 107 p.

Manihot esculenta/Investigación/Fisiología/Procesos fisiológicos de la planta/Requerimientos nutricionales (planta)/Composición/Plagas/Control de plagas/Biología del insecto/Control biológico/Enfermedades y patógenos/Bacteriosis/Micosis/Deterioración/ Fitomejoramiento/Germoplasma/Cultivares/Selección/Índice de cosecha/Resistencia/Tecnología/Evaluación de tecnología/Cultivo/Materiales de propagación/Prácticas culturales/Sistemas de cultivo/Cultivos intercalados/Requerimientos edáficos/Fertilizantes/Cultivo de tejido/Transferencia de tecnología/*Erinnyis ello*/*Trichogramma* spp./ *Telenomus* spp./ *Anagyrus* sp./ *Calosoma* sp./ *Kalodiplosis socialis*/*Mononychellus* sp./ *Tetranychus* sp./ *Xanthomonas manihotis*/*Sphaceloma manihoticola*/*Glomerella* sp./ *Gloeosporium* sp./ *Phoma* sp./

Tiraje: 1600

Este informe hace parte de la serie de informes anuales 1979 publicados en español e inglés sobre los Programas de Arroz, Frijol, Pastos Tropicales y Yuca del CIAT.

CONTENIDO

Avances	5
Fisiología	7
Respuesta a Fertilizantes	7
Fotosíntesis	8
Contenido de Materia Seca en las Raíces	9
Deficiencia de Agua	10
Entomología	13
Gusano Cachón de la Yuca	13
Banco de Insectos Benéficos	13
Moscas de la Fruta	13
Piojos Harinosos	13
Comejenes	15
Babosas	15
Moscas Blancas	16
Acaros	16
Resistencia del Tipo Amplio	20
Fitopatología	21
Añublo Bacterial de la Yuca	21
Enfermedad del Superalargamiento	24
Antracnosis y Mancha Foliar por Phoma	25
Cuero de Sapo	25
Relaciones Yuca/Ecosistema	25
Deterioración Fisiología de la Yuca Después de la Cosecha	29
Desarrollo de Germoplasma	33
Colección y Mantenimiento de Germoplasma	33
Evaluación de Germoplasma	33
Desarrollo de Fuentes de Germoplasma	35
Selección Rápida por Contenido de Almidón de las Raíces	35
Mejoramiento Varietal	37
Ensayos de Rendimiento	37
Accesiones Sobresalientes de Germoplasma	39
Líneas Promisorias	41
El Índice de Cosecha para Seleccionar en Diferentes Ambientes	41
Metodología de Mejoramiento Genético por Resistencia al CBB y Superalargamiento	43
Agronomía	49
Pruebas Regionales	49
Ensayos Internacionales de Rendimiento	51
Ensayos Uniformes de Rendimiento	53
Prácticas Culturales	57
Almacenamiento de Material de Siembra	64
Cultivos Múltiples	67

Suelos y Nutrición de la Planta	73
Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P en Soluciones Nutritivas	73
Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P en el Campo	73
Selección por Tolerancia a los Suelos Ácidos a Nivel de Campo	73
Requerimientos de P y Fertilización	74
Fuentes y Métodos de Aplicación de P	75
Efecto de las Micorrizas en la Absorción de P y en el Crecimiento de las Plantas	76
Ensayo de Fertilidad a Largo Plazo	77
Fertilización con K	78
Fertilización con Mg y Ca	79
Interacción P x K	80
Fertilización con S, Zn, Cu y B	81
Método de Aplicación de NPK	81
Densidad de Siembra x Fertilización	82
Ensayo Sobre Rendimientos Máximos	84
Economía	87
Ensayos a Nivel de Finca en Media Luna	88
Cultivo de Tejidos de Yuca	93
Propagación Mediante el Cultivo de Meristemas	93
Erradicación de Enfermedades	95
Conservación de Germoplasma	96
Intercambio Internacional de Germoplasma	98
Cooperación Internacional	99
América Latina	99
Asia	
Actividades de Adiestramiento y Comunicaciones	103
Adiestramiento	103
Materiales Audiotutoriales	103
Medios Escritos	105
Personal	107

AVANCES

Cuando el Programa de Yuca del CIAT inició sus actividades, la información científica acerca de esta fuente básica de carbohidratos para la alimentación humana y animal era escasa. Por consiguiente los esfuerzos se han centrado en investigaciones básicas sobre la planta de yuca y su medio ambiente y en el desarrollo simultáneo de tecnología mejorada de producción, mientras que se definen mejor los procesos para su transferencia a las instituciones nacionales y, eventualmente, a su último usuario — los agricultores. Dentro de este contexto y siguiendo la filosofía global del CIAT sobre el mínimo de insumos, la investigación se enfoca hacia: 1) la generación de tecnología mejorada para las áreas de América Latina y Asia en donde esta especie ya se cultiva y 2) la generación de tecnología para ampliar la producción de yuca en las extensas áreas sub-utilizadas de América Latina y de Asia, caracterizadas por Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles.

Este año se logró una mejor comprensión de las interacciones entre la planta de yuca y factores ambientales que afectan su crecimiento y desarrollo. Se le dió más énfasis a los estudios fisiológicos de la planta de yuca bajo condiciones de estrés; se inició un estudio básico sobre los requerimientos de agua de la yuca. La evaluación de cultivares de yuca por su adaptación a los Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles, confirma la existencia de genotipos con alta tolerancia a un bajo pH y altos niveles de Al, produciendo el 90% de su máximo rendimiento en un suelo con pH 4.0 y un 77% de Al intercambiable. En el pasado, la conocida adaptación de la yuca a los suelos de baja fertilidad ha sido inconsistente por los estudios hechos en soluciones nutritivas los cuales han demostrado que la yuca tiene un sistema radical muy ineficiente, particularmente en lo que respecta a la absorción de P. La inoculación del sistema radical de la yuca con una micorriza resultó en un aumento marcado en la producción de materia seca y absorción de P en los casos en que la disponibilidad de este elemento era limitante, pero no ejerció un efecto benéfico en el caso contrario. Esto demostró que la adaptación de la yuca a los suelos infértiles depende de una asociación efectiva con la micorriza.

En un ambiente con alta presión de enfermedades se demostró que las resistencias al añublo bacterial de la yuca (CBB) y al superalargamiento son controladas por mecanismos genéticos independientes. Este descubrimiento evidencia la naturaleza continua de la resistencia de campo de la yuca a estas dos enfermedades. Además, la evaluación de cruzamientos por su reacción a estas enfermedades demostró la existencia de mayores niveles de resistencia a ellas en algunas progenies que en cualquiera de los dos progenitores.

Se inició un estudio a largo plazo sobre las interacciones genotipo/ecosistema. Se desarrolló un sistema estandarizado para identificar y evaluar problemas bióticos potenciales en un ecosistema dado. Los cultivares regionales presentaron el nivel más alto de resistencia al conjunto de factores negativos de la producción que existe en cada ecosistema. La selección de germoplasma se reorganizó con base en ecosistemas. Se observó una baja frecuencia de genotipos con tolerancia al amplio conjunto de factores climáticos, bióticos y edáficos presentes en un ecosistema particular. Se iniciaron los trabajos para el desarrollo de bancos de germoplasma a fin de aumentar la frecuencia de genes para su adaptación a características específicas de los ecosistemas.

Este año una línea híbrida alcanzó un nuevo rendimiento máximo de 82.2 ton/ha en un ensayo repetido de rendimiento realizado en CIAT-Palmira. La evaluación de líneas híbridas promisorias indica que éstas se pueden clasificar en cuatro grupos principales: 1) líneas con un potencial de rendimiento moderadamente alto en diferentes ambientes y con resistencia moderada al CBB y al superalargamiento; 2) líneas adaptadas a las condiciones de estrés de los Oxisoles, con una producción alta de materia seca y tolerancia al CBB y al superalargamiento; 3) líneas adaptadas a los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas los cuales presentan factores limitantes patológicos pero no edáficos; y 4) líneas con un potencial de rendimiento muy alto bajo condiciones agrícolas favorables y sin factores patológicos adversos. Durante el

segundo año de evaluación de híbridos en las pruebas regionales realizadas en Colombia, se identificaron seis líneas con un rendimiento promedio de 25-27 ton/ha para todas las localidades. Sólo dos selecciones del banco de germoplasma del CIAT lograron superar los rendimientos de estos híbridos.

Las malezas también constituyen un factor limitante primordial de la producción de yuca. Un nuevo herbicida pre-emergente, el oxifluorfen, ha dado un mejor control de malezas en comparación con productos anteriormente ensayados, aún para controlar el coquito (*Cyperus rotundus* L.). El uso de coberturas y el intercalamiento también son prácticas efectivas para el control de malezas; lógicamente, el óptimo control de malezas depende de los recursos de capital y mano de obra de la finca. También se identificaron sistemas potenciales de intercalamiento para

las regiones de Oxisoles/Ultisoles; el caupí y el maní dieron los mejores resultados en asociación con yuca.

El Programa de Yuca hizo este año más énfasis en la transferencia de tecnología y en el fortalecimiento de los programas nacionales por medio del adiestramiento, el intercambio de germoplasma, las publicaciones técnicas y la colaboración cercana con colegas en los programas nacionales. Este proceso de transferencia ha sido reforzado significativamente durante este año con el desarrollo de la técnica del cultivo de tejidos meristemáticos de yuca. Esta técnica permite el envío de germoplasma de yuca libre de patógeno a nivel internacional. Se realizó el primer curso de adiestramiento en el manejo de meristemas de yuca para científicos de países colaboradores. Este año se inició un programa de intercambio de germoplasma con Brasil, utilizando la técnica del cultivo de tejidos meristemáticos.

FISIOLOGIA

Respuesta a Fertilizantes

La variedad de yuca M Mex 59 es un tipo que produce gran cantidad de hojas; sin embargo, el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1978) se demostró que su área foliar varía en gran medida al cambiar el nivel de fertilidad del suelo. Esta variedad se sembró a niveles de fertilidad altos y bajos, en cinco densidades de población, en CIAT-Quilichao. Al nivel de fertilidad bajo, el índice de área foliar (IAF) aumentó en aproximadamente un 60% a medida que la población aumentó de 0.05 a 2.8 plantas/m²; al nivel de fertilidad alto, el aumento fue del 120% (Figura 1). Estos datos sustentan la hipótesis propuesta el año pasado de que la yuca restringe su crecimiento foliar a baja fertilidad, manteniendo un alto contenido de nutrientes en las hojas.

Cinco meses después de la siembra, el rendimiento de raíces secas (promedio de 4.5 ton/ha) en el tratamiento de baja fertilidad no fue significativamente diferente entre las distintas poblaciones de plantas. Al nivel de fertilidad alto, la población de plantas afectó significativamente el rendimiento, siendo esta relación inversamente proporcional; es decir, a mayor densidad de población, menor rendimiento (Figura 2). El rendimiento más alto al nivel de fertilidad alto fue igual al rendimiento promedio al nivel de fertilidad bajo.

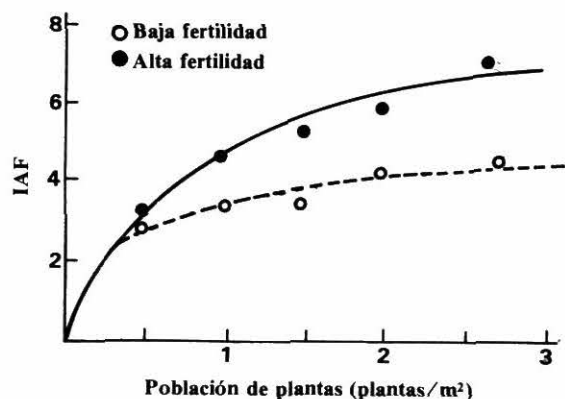


Figura 1. Índice de área foliar de la yuca cinco meses después de la siembra bajo condiciones de baja y alta fertilidad en varias poblaciones de plantas.

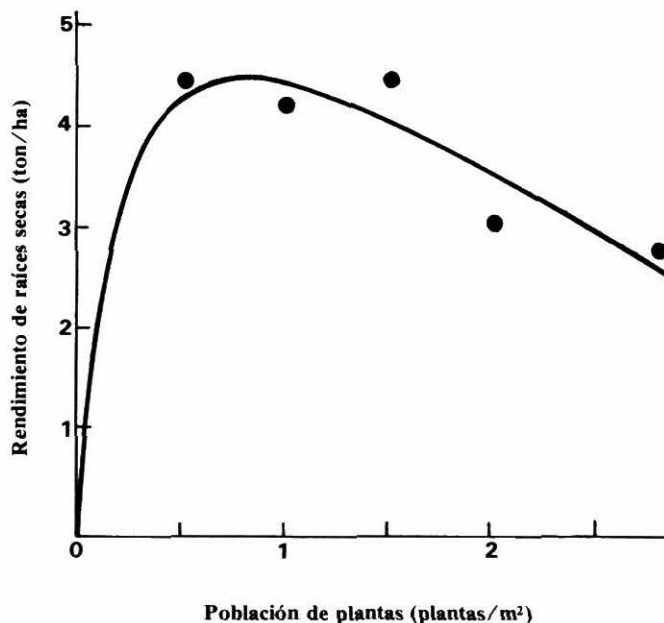


Figura 2. Relación entre el rendimiento de raíces de yuca a los cinco meses después de la siembra y la población de plantas, bajo condiciones de alta fertilidad.

Un ensayo realizado en CIAT-Palmira demostró que la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA) se relacionó cercanamente con el IAF (Figura 3) y que hay una diferencia varietal en la relación existente entre la intercepción de luz y el IAF. En general, estos datos muestran que un cultivo de yuca intercepta el 90% de la RFA a un IAF de 3, y cuando el IAF es de 6, interceptará sólo 9% más. Esto indica que, aumentos considerables por encima de un IAF de 3 tendrán un efecto relativamente pequeño en el crecimiento del cultivo. Además, a medida que aumentó el IAF, la proporción de nueva materia seca producida en las raíces (índice de distribución) disminuyó marcadamente. En ambas relaciones — tasa de crecimiento del cultivo *versus* IAF e índice de distribución *versus* IAF — no hay indicio de que las plantas cultivadas a baja fertilidad sean menos eficientes por unidad de IAF que las plantas cultivadas a fertilidad alta. Las plantas cultivadas a un bajo nivel de fertilidad presentaron un área foliar restringida pero mantuvieron su eficiencia foliar.

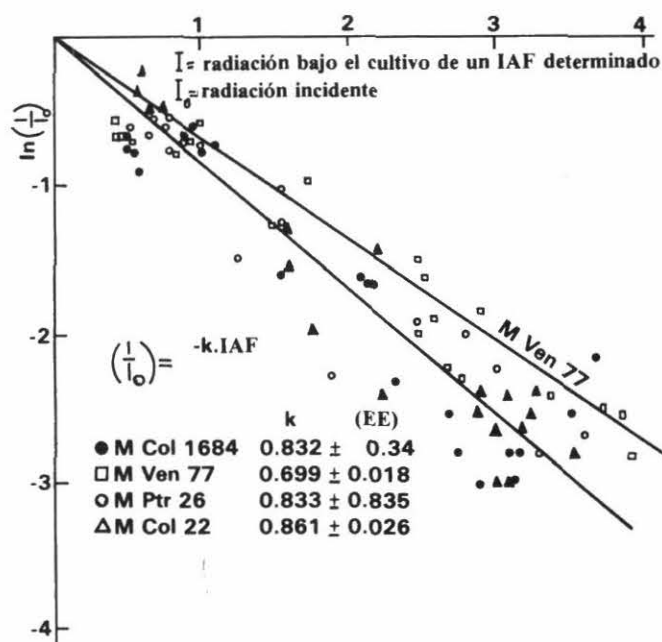


Figura 3. Penetración de la radiación fotosintéticamente activa en las cubiertas foliares de cuatro cultivares de yuca.

Como por encima de un IAF de 3 se produce muy poca biomasa adicional, no parece existir una ventaja para el cultivo al aumentar el IAF por encima de este nivel. En lo que respecta a la producción de raíces, el aumento de IAF a niveles por encima de 3 es desventajoso ya que la producción y el mantenimiento de mayores IAF conduce a menores índices de distribución lo cual resulta en menores rendimientos de raíces. Bajo condiciones de alta fertilidad el IAF puede variar considerablemente según la población de plantas; por lo tanto, el rendimiento es muy sensible a la población de plantas. Sin embargo, bajo condiciones de baja fertilidad, el IAF varía en menor grado a medida que cambian las poblaciones de plantas; por consiguiente, el rendimiento es más estable en una amplia gama de poblaciones de plantas cuando las condiciones de fertilidad del suelo son pobres. Además, las parcelas de baja fertilidad (sin aplicación de N, P o K) en CIAT-Quilichao dieron un rendimiento razonable de raíces secas de 4.5 ton/ha después de solamente cinco meses, en tanto que las parcelas de alta fertilidad dieron menores rendimientos. Estos datos claramente demuestran que puede ocurrir el caso de sobre-fertilización de la yuca, lo cual aumenta excesivamente su área foliar, particularmente a una alta densidad de población.

Fotosíntesis

Los experimentos de simulación indican que aumentos pequeños en la tasa fotosintética de las hojas darán

mayores aumentos proporcionales en el rendimiento de raíces. Se hizo un intento por seleccionar un gran número de plantas cultivadas en materos pequeños y los resultados obtenidos fueron variables. Muchos clones mostraron una disminución marcada en la tasa fotosintética de hojas individuales a medida que las plantas envejecieron. Sin embargo, los resultados obtenidos el año pasado mostraron que, para las plantas sembradas en materos muy grandes, se podían obtener altas tasas de fotosíntesis cuando eran de casi cuatro meses de edad. No es conveniente usar materos muy grandes para los propósitos de selección, de tal manera que se buscaron otras formas para mantener una tasa fotosintética estable con el tiempo. La reducción del área fotosintética total de plantas en materos, mediante la remoción de 3 de las 4 hojas ocho semanas después de la siembra, reestableció rápidamente la tasa fotosintética a su valor inicial y se logró mantener removiendo 3 de cada 4 hojas nuevas formadas (Figura 4).

Se cultivaron en el campo seis variedades con características similares, pero con diferentes tasas fotosintéticas ($28-30 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ hora}^{-1}$ a $1000 \mu\text{E m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$) y se cosecharon a los 2, 4, 6, 8 y 12 meses. Se midió la duración del área foliar (DAF), la biomasa total (incluyendo las hojas caídas) y el peso seco de las raíces. El peso seco de las raíces se correlacionó ligeramente con la tasa fotosintética y no se encontró relación entre la biomasa total por unidad de DAF y el rendimiento. Es probable que el rango de tasa fotosintética haya sido muy pequeño en estos ensayos como para detectar alguna relación; sin embargo, la técnica es promisorio ya que la variabilidad de la materia seca total por unidad de DAF fue muy baja.

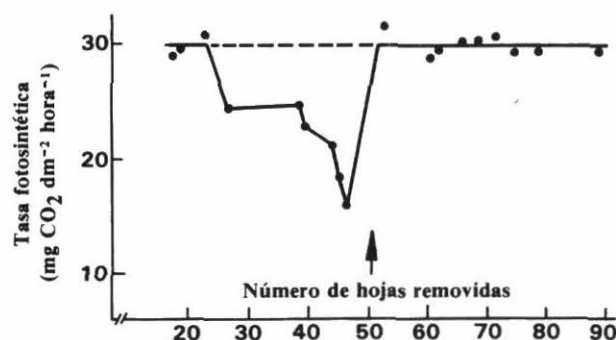


Figura 4. Cambios en la tasa fotosintética de la primera hoja de la yuca totalmente expandida expuesta a $1500 \mu\text{E m}^{-2} \text{ seg}^{-1}$, con la edad de plantas cultivadas en materos, antes y después de reducir el número de hojas. (Media de siete variedades).

Contenido de Materia Seca en las Raíces

El porcentaje de materia seca o contenido de almidón en la raíz es un criterio importante de calidad ya sea para el mercado fresco o para el procesamiento. Se han observado diferencias grandes en el contenido de materia seca entre variedades y localidades (Informe Anual del CIAT, 1978). Los análisis de los resultados de los ensayos de temperatura/genotipo (Informe Anual del CIAT, 1977) mostraron un aumento marcado en el contenido de materia seca después de los 16 meses a temperaturas bajas (Figura 5). A la temperatura más baja (20°C) el contenido de materia seca aumentó con el tiempo después de la siembra. A 24°C, el contenido de materia seca fue mayor a los 12 meses y posteriormente disminuyó, siendo esta disminución muy marcada en el cultivar Popayán el cual sufrió volcamiento. A 28°C, el contenido de materia seca de los clones más productores de biomasa disminuyó a partir de los ocho meses. Estos datos indican que el máximo contenido de materia seca se alcanza más tempranamente a temperaturas altas que a temperaturas bajas, con un máximo contenido de materia seca a los 8, 12 y 16 o más meses a 28, 24 y 20°C, respectivamente. Se observó muy poca diferencia varietal en el contenido de almidón a baja temperatura y en la cosecha a los 12 meses las diferencias fueron más marcadas a 28°C. En consecuencia, la selección por contenido de materia seca se puede hacer más fácilmente en localidades con temperaturas altas.

Bajo las condiciones de alta fertilidad de CIAT-Palmira, el contenido promedio de materia seca de las raíces de siete variedades de yuca aumentó marcadamente entre los 2 y 6

meses después de la siembra y luego sufrió otro ligero aumento hasta los 12 meses. En otro ensayo realizado en CIAT-Palmira, dos variedades aumentaron su contenido de materia seca hasta los 15 meses después de la siembra, en tanto que otra variedad presentó una disminución en el parámetro entre los 12-15 meses después de la siembra.

En la localidad de CIAT-Quilichao, con temperaturas intermedias, el contenido de materia seca de las raíces de tres variedades aumentó marcadamente entre los cuatro y nueve meses después de la siembra. En ese momento el contenido de materia seca de las raíces fue mayor bajo condiciones de alta fertilidad; este nivel se mantuvo hasta el final de la cosecha a los 12 meses, pero disminuyó en los tratamientos de baja fertilidad (Figura 6).

Se estudiaron los efectos de varios factores adversos en el contenido de materia seca de las raíces. Una deficiencia de agua moderada durante cuatro meses en CIAT-Palmira no ejerció efecto alguno sobre el rendimiento de raíces; sin embargo, el contenido de materia seca de las raíces se redujo significativamente. La parcela testigo presentó un contenido de materia seca en las raíces de 35.8%, en tanto que las parcelas sometidas a períodos de sequía entre los 4-8 y 8-11 meses después de la siembra presentaron contenidos de materia seca de 34.2 y 32.7%, respectivamente. Cuando las plantas recibieron un 50% de sombrío durante los primeros tres meses después de la siembra, el rendimiento de raíces se redujo sustancialmente, pero el contenido de materia seca no fue afectado al cosechar las plantas 8.5 meses después de la siembra. Por otra parte, un 50% de sombrío por dos meses durante el período de engrosamiento de las raíces redujo su contenido de materia seca de 39.3 a 37.6% y redujo la tasa

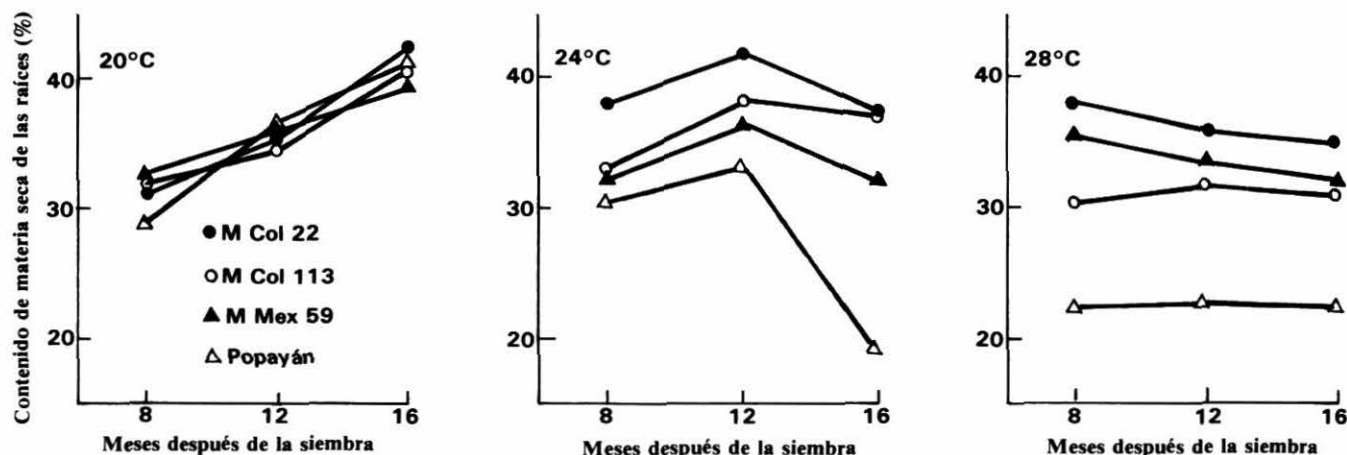


Figura 5. Cambios con el tiempo en el contenido de materia seca de raíces de cuatro variedades de yuca a tres temperaturas diferentes.

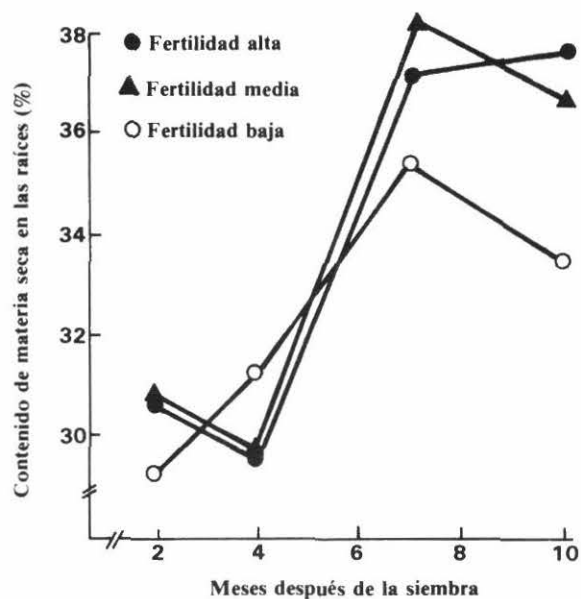


Figura 6. Efecto del nivel de fertilizantes en el contenido de materia seca de las raíces de yuca, en diferentes edades, en CIAT-Quilichao.

de crecimiento de las raíces en un 37%. El corte de las raíces a los tres meses redujo el número de raíces gruesas, aumentando el suministro de carbohidratos a las que quedaron. Este tratamiento no ejerció un efecto significativo en el rendimiento ni en el contenido de materia seca de las raíces a los 6, 9 y 12 meses después de la siembra. Sin embargo, dos meses después de evitar el suministro de carbohidratos a las raíces mediante cortes circulares en la base del tallo, el contenido de materia seca de las raíces se redujo de 37.1 a 22.0%.

Estos datos indican que las diferencias varietales en el contenido de materia seca son mayores a temperaturas más altas; el contenido de materia seca de las raíces aumenta con la edad de la planta y luego disminuye; el máximo contenido de materia seca se alcanza más tempranamente cuando las temperaturas son mayores; las condiciones de estrés, como por ejemplo, la deficiencia de agua, la baja fertilidad o la competencia por malezas, reducen el suministro de carbohidratos a las raíces durante el engrosamiento y disminuyen el contenido de materia seca de las mismas.

Deficiencia de Agua

Un ensayo preliminar con 50 clones mostró amplias diferencias en la reducción del rendimiento como resultado

de un período de sequía mantenido entre los cuatro y siete meses después de la siembra. Actualmente hay ensayos establecidos en el campo para estudiar con más detalle las respuestas de clones seleccionados, en un intento por definir los mecanismos de respuesta a la deficiencia de agua y por lo tanto, identificar los factores asociados con el mantenimiento del rendimiento bajo condiciones de escasez de agua. Los resultados obtenidos con las variedades M Col 22 y M Mex 59 (tipos con engrosamiento de raíces temprano y tardío, respectivamente) indican que éstas tienen una capacidad bien desarrollada para mantener sus niveles hídricos internos a pesar de una disminución rápida en el suministro de agua. Esto se logra mediante una combinación de mecanismos; la reducción de la producción y expansión de hojas, las modificaciones morfológicas y fisiológicas que se suceden en el sistema de estomas y la capacidad del sistema radical fibroso para penetrar en el suelo a profundidad. Los datos presentados en la Figura 7 para M Col 22 muestran que después de prevenir que el agua lluvia llegara al cultivo durante dos meses (cuando las parcelas tratadas presentaban un potencial hídrico del suelo de -15 bares a una profundidad de 1 m), el efecto combinado del área foliar reducida y la disminución en la conductancia difusiva foliar fue capaz de mantener el potencial hídrico en las plantas tratadas a niveles casi iguales que en las plantas testigo. Bajo estas condiciones, las plantas en las parcelas tratadas presentaron tasas de consumo de agua por lo menos un 25% menores que las testigo y aun así fueron capaces de mantener cierto grado de producción de hojas y aparentemente, cierto crecimiento radical. Es necesario aclarar los efectos independientes y dependientes de la deficiencia de agua en los procesos de producción foliar y de fijación de carbono en las hojas, a fin de ampliar las teorías sobre el control del crecimiento radical por la producción de carbohidratos, las cuales ya se han establecido para condiciones favorables de suministro de agua.

También se estudió la respuesta de las plantas a períodos de sequía en cultivos en materos. En estos experimentos la medición de la fotosíntesis foliar y de la transpiración muestra una relación cercana entre la tasa fotosintética y el potencial hídrico de las hojas que está dominado por el cierre de los estomas. La conductividad residual relativamente baja de CO_2 en la hoja, definida previamente para la yuca bajo condiciones de buen suministro de agua, disminuye aún más a pesar de que el período de sequía sea corto. La aplicabilidad de estas respuestas a las plantas cultivadas en materos se debe evaluar por comparación con mediciones hechas en el campo. El potencial hídrico de

plantas con buen suministro de agua comúnmente disminuye a -15 bares durante el día, pero a estos niveles los estomas se encuentran considerablemente más abiertos que lo observado para las plantas en materos con deficiencia de

agua (Figura 7). Sin embargo, aún queda la posibilidad de que los efectos internos de la deficiencia de agua puedan restringir la asimilación de carbono de la fotosíntesis bajo condiciones de sequía.

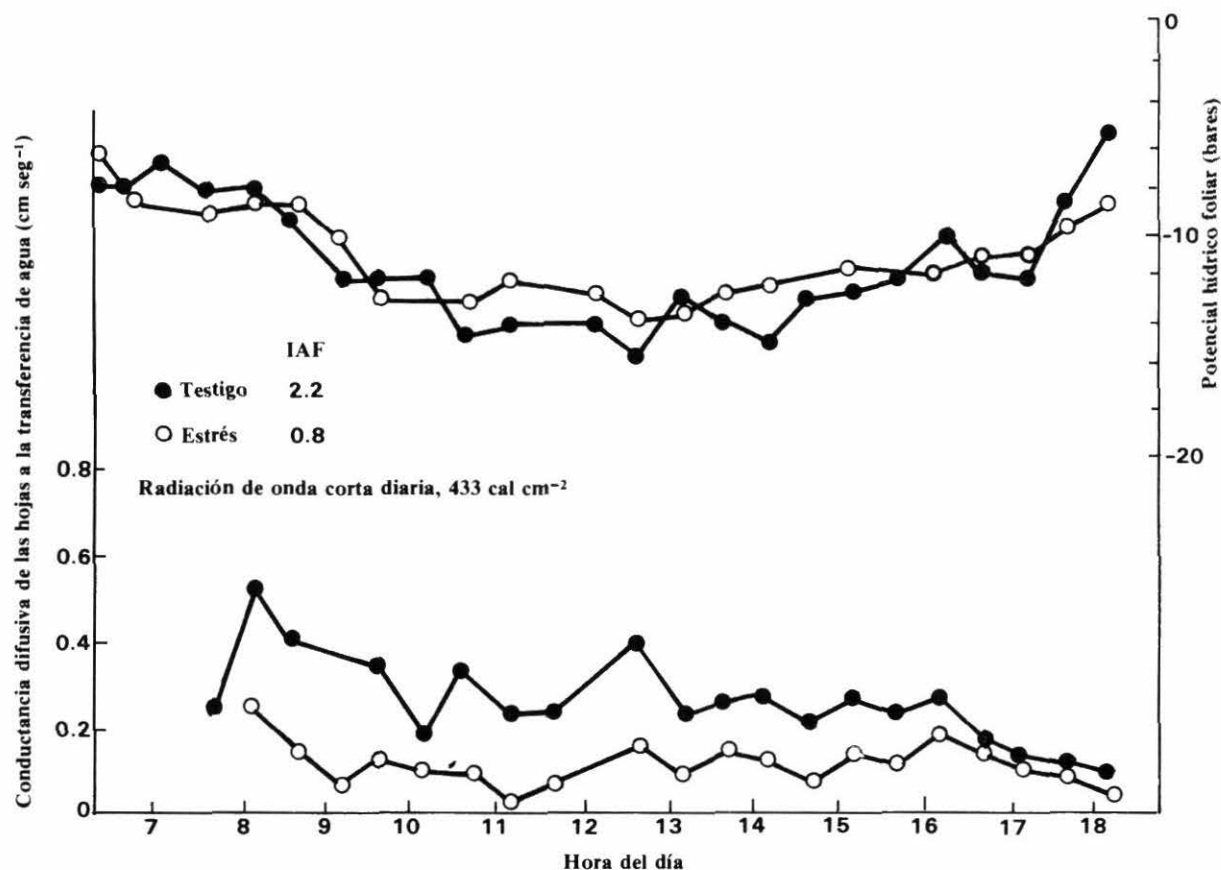


Figura 7. Potencial hídrico y conductancia de la difusión foliar en la variedad de yuca M Col 22 después de dos meses de sequía.

ENTOMOLOGIA

Durante 1979 continuaron las investigaciones para acumular la información requerida para desarrollar un programa de manejo de plagas para la yuca con base en la resistencia varietal, el control biológico y las prácticas culturales.

Gusano Cachón de la Yuca

Continuaron los estudios sobre *Trichogramma* y *Telenomus*, dos parásitos de huevos de importancia en la regulación de las poblaciones del gusano cachón de la yuca, *Erinnyis ello*. Los resultados muestran que una hembra de *Trichogramma* puede producir un máximo de 133 adultos (promedio de 42.3 adultos). Una hembra de *Telenomus* puede producir hasta 210 adultos (promedio de 98.9 adultos). La hembra de *Telenomus* parasitó un promedio de 32.5 huevos de *E. ello*, en tanto que la hembra de *Trichogramma* sólo parasitó un promedio de 2.5 huevos.

Durante la estación lluviosa en las áreas productoras de Armenia y Caicedonia en Colombia, un alto porcentaje de pupas de *E. ello* fue destruido por un hongo clasificado como *Cordyceps* sp. Bajo condiciones de laboratorio en el CIAT, el hongo se cultivó en avena agar. Se colocaron en aserrín larvas de *E. ello* listas para empupar y se inocularon con el hongo. Más del 80% de las pupas resultantes fue destruido. La investigación y los estudios sobre este hongo continuarán.

Trampas de luz

Las trampas de luz negra permiten estudiar las fluctuaciones de población del gusano cachón; la determinación de los períodos de mayor o menor abundancia de la plaga permiten una mejor planeación de la aplicación de las diferentes técnicas de manejo de plagas. Las trampas de luz (tubo F20T 12/BL) colocadas a 5-6 m por encima del nivel del suelo permitieron capturar un máximo de 3094 adultos, con una mayor captura entre las 24:00 y las 02:00 horas.

En CIAT-Palmira y en Risaralda se hicieron recuentos diarios de adultos capturados por las trampas de luz entre marzo y octubre de este año. En general se capturaron más hembras. Los meses de mayor captura en CIAT-Palmira fueron marzo y abril, y en Risaralda, mayo y agosto. Las hembras capturadas continuaron su oviposición.

Banco de Insectos Benéficos

Durante 1979, se desarrollaron técnicas para mantener pequeñas colonias permanentes de los siguientes insectos benéficos: *Trichogramma* spp., *Telenomus* sp., *Anagyrus* sp., dos especies de *Podisus*, cuatro especies de *Reduviidae*, *Kalodiplosis coccidarum* y el carábido *Calosoma* sp. Actualmente hay a la disposición de los programas nacionales estos insectos benéficos e instrucciones para su cría y liberación.

Moscas de la Fruta

Las moscas de la fruta de yuca (*Anastrepha manihoti* y *A. pickeli*) pueden reducir la calidad del material de siembra (Informe Anual del CIAT, 1977). En Armenia y Caicedonia continuaron los estudios sobre la severidad del daño en la producción de material de siembra limpio. Mediante el uso de trampas McPhail, utilizando maíz hidrolizado como atrayente, se determinó que las poblaciones de moscas de la fruta son mayores cuando la edad de la planta oscila entre 60 y 150 días; las poblaciones de adultos se reducen considerablemente 6-7 meses después de la siembra. Estos resultados coinciden con los descubrimientos que indican que, el mayor porcentaje (97%) de retoños terminales de yuca atacados por *Anastrepha* se observa entre los 90 y 120 días.

Las aplicaciones quincenales de insecticidas a plantas de yuca (dimethoato o fenthion) resultaron en un alto porcentaje (95.5%) de material de siembra libre del complejo *Anastrepha/Erwinia caratovora* (Cuadro 1) en comparación con el testigo (17.5% de estacas limpias). Las aplicaciones a los 30, 45 y 60 días no dieron un control adecuado.

Piojos Harinosos

Durante 1979 continuaron los estudios sobre la biología de los piojos harinosos, las pérdidas de rendimiento que causan, resistencia varietal y enemigos naturales de la plaga. Hasta 1978, en Colombia sólo se había identificado la especie *Phenacoccus gossypii*; recientemente se identificó la especie *P. manihoti* en los Llanos Orientales. Todos los estudios a los cuales se hace referencia en este informe corresponden a la especie *P. gossypii*.

Cuadro 1. Daño causado por moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.) a estacas de plantaciones de yuca (variedad Chiroza) tratadas cada 15, 30, 45 ó 60 días.

Tratamiento*	Estacas sin daño (%)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
Dimethoate	95.9	35.9	22.1	24.9
Fenthion	92.7	34.4	21.9	26.1
Testigo	17.5	-	-	-

*A una dosis de 0.5 cc de i.a./litro de agua.

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *P. gossypii* se estudió en cinco cultivares de yuca (M Mex 59, M Col 655, M Col 1890, M Col 1185 y M Col 1065). Se encontraron diferencias significativas entre cultivares en lo que respecta al promedio de duración del ciclo de vida y la duración de cada estado larval (Cuadro 2). El ciclo de vida fue más corto en M Col 1185 y M Col 655. Esto indica que las poblaciones pueden crecer más rápidamente en estos dos cultivares. También se observaron diferencias significativas en el tamaño de las hembras en los diferentes estados larvales, con el mayor aumento de tamaño durante el último estado larval.

Distribución y desarrollo de poblaciones

Plantas de nueve cultivares de yuca de 45 días de edad se infestaron con seis masas de huevos de *P. gossypii*. Las

plantas se protegieron con jaulas de anejo para prevenir el ataque de enemigos naturales. Los recuentos mostraron 44.9, 41.0 y 14.1% de estados biológicos (95% de ninfas) en las porciones basal, media y superior de las plantas, respectivamente. Algunos cultivares presentaron grados de daño similares pero se observaron diferencias significativas en las poblaciones; M Mex 20 presentó 2081 piojos harinosos en diferentes estados, en tanto que M Col 22 sólo presentó 941.

Estas diferencias en la duración del ciclo de vida y en el desarrollo de la población indican posibles diferencias en la susceptibilidad de los cultivares.

Enemigos naturales

En Africa, en donde los piojos harinosos están causando pérdidas severas en cultivos de yuca, el único enemigo natural de *P. manihoti* identificado hasta el momento es

Cuadro 2. Duración de cada estado larval de *P. gossypii* en plantas de dos meses de edad de cinco variedades de yuca sembradas bajo condiciones de campo (HR 72%; 23.5°C).

Variedad	No. de observaciones	Duración media del estado larval (días)				
		1o.	2o.	3o.	4o.	5o.
M Mex 59	42	9.9	6.2	7.0	6.8	7.56b ¹
M Col 655	15	9.2	5.7	5.5	8.2	7.35bc
M Col 1890	45	11.0	6.0	6.0	8.2	7.70b
M Col 1185	40	8.0	8.0	7.0	7.0	7.20c
M Col 1065	35	10.0	9.0	7.0	6.0	8.02a

¹ Los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

Spalgis lemoles Druce (Lepidoptera: Lycaenidae). En Colombia se han reportado numerosos enemigos naturales (Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978) y durante 1979 se identificó un complejo adicional de parásitos y predadores (Cuadro 3). Las larvas de *Kalodiplosis coccidarum* se alimentan de huevos de *Phenacoccus*, ocasionalmente alcanzando un 100% de depredación en las colonias de piojos harinosos. El parásito *Anagyrus* sp. (Informe Anual del CIAT, 1978) también fue abundante y atacó ninfas y hembras adultas.

Comejenes

El mejor tratamiento para prevenir el ataque de comejenes hasta los 150 días ha sido la combinación de captan, carbendazin y aldrin (Informe Anual del CIAT, 1978). Los resultados de 1979 indican que los comejenes solamente atacan aquellas partes de la planta que están secas o en proceso de pudrición debido a patógenos o a procesos fisiológicos.

El 81% de todas las plantas tratadas fue atacado por comejenes alrededor del corte inicial; sin embargo, sólo un 1.73% de las raíces fue afectado por comejenes.

Babosas

Durante 1979 en CIAT-Palmira se registraron ataques frecuentes de babosas identificadas como *Vaginulus (Sarasinula) plebius* (Veronicellidae). Las babosas atacan preferentemente estacas y plantas jóvenes, consumiendo cortezas, yemas y hojas. Se observó un control excelente utilizando metaldeído en mezcla con un atrayente y aplicado alrededor de la base de la planta.

Phoenicoprocta sanguinea: Esta especie es defoliadora y se encuentra en casi todas las regiones productoras de yuca de Colombia. Se han encontrado hasta cuatro huevos por hoja; sin embargo, *P. sanguinea* no es de importancia económica hasta el momento, debido primordialmente a las poblaciones de enemigos naturales. Esta especie tiene cinco estados larvales con un ciclo de vida total, desde huevo hasta adulto, de 39 días.

Sus huevos fueron parasitados por *Trichogramma* sp., con un promedio de 6.5 parásitos adultos por huevo. Las larvas fueron parasitadas por *Apanteles* sp., emergiendo del estado de prepupa. De cada larva emergió un promedio de 23.4 (máximo de 33 y mínimo de 12) adultos de *Apanteles*.

Cuadro 3. Parásitos y predadores de *Phenacoccus gossypii* identificados en CIAT-Palmira, 1978-79.

Orden	Familia	Especie	Asociación
<u>Parásitos</u>			
Hymenoptera	Encyrtidae	<u>Acerophagus</u> sp.	Todos son parásitos
		<u>Hexacnemus</u> sp.	de ninfas y hembras
		<u>Eusemion</u> sp.	adultas.
	Eulophidae	<u>Prospaltella</u> sp.	
	Signiphoridae	<u>Signiphora</u> sp.	
	Pteromalidae	Género desconocido	
<u>Predadores</u>			
Diptera	Cecidomyiidae	<u>Kalodiplosis coccidarum</u>	Predador de huevos
Coleoptera	Coccinellidae	<u>Coccidophilus</u> sp.	Predador de huevos y ninfas

Moscas Blancas

En Nataima (Tolima, Colombia), CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao se colectaron muestras de moscas blancas.

Se encontraron tres especies de moscas blancas atacando a la yuca al mismo tiempo; el 92% correspondió a la especie *Aleurotrachelus socialis* Bondar, 4.6% a *Trialeurodes variabilis* y 2.8% a *Bemisia tuberculata* Bondar.

En Espinal, Tolima, se realizaron estudios para determinar las pérdidas en rendimiento y la frecuencia de las aplicaciones de insecticida para controlar moscas blancas (*Aleurotrachelus socialis*) en los cultivares de yuca CMC 40, M Ven 28 y CMC 57. Estos cultivares fueron tratados cada 15, 30 y 45 días con monocrotophos (0.6 ml de i.a./litro de agua), dimethoate (0.4 ml de i.a./litro de agua) y fenthion (0.75 ml de i.a./litro de agua).

La aplicación de monocrotophos o de dimethoate fue igualmente efectiva en disminuir las poblaciones de moscas blancas y aumentar el rendimiento. Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando el monocrotophos se aplicó cada 15 días (Cuadro 4). Los resultados de este ensayo confirman que las reducciones del rendimiento causadas por las moscas blancas pueden ser severas ya que se observó una máxima reducción del 68% para el cultivar M Ven 218 (Cuadro 5). Sin embargo, las aplicaciones frecuentes de insecticidas no solamente reducen las poblaciones de insectos benéficos sino que también aumentan los costos de producción; en consecuencia, la utilización de cultivares resistentes y las medidas de control biológico parecen ser los mejores métodos para suprimir el efecto de las poblaciones de moscas blancas.

Acaros

Evaluaciones por resistencia

Se analizaron las evaluaciones de cultivares por su resistencia a los ácaros (*Mononychellus* sp.) realizadas durante los últimos dos años (evaluaciones en invernadero, dos evaluaciones de campo en el CIAT-Palmira y dos en la Guajira, Colombia). Las correlaciones entre bloques dentro de los experimentos (con un rango de r^2 0.64 - 0.32) y entre experimentos (con un rango r^2 0.50 - 0.26) fueron similares. Esto indica que la interacción variedad por localidad es menos importante que los efectos varietales. Por lo tanto, la resistencia a *Mononychellus* sp. es relativamente estable de un ambiente a otro. La eficiencia promedio de selección (número de cultivares que fueron seleccionados en ambos bloques sobre el número total de cultivares) fue aproximadamente del 75%. Los datos de éstas y de otras evaluaciones se combinaron para seleccionar 43 cultivares promisorios por resistencia a los ácaros.

Efecto del ataque del *Mononychellus* sp. en el rendimiento de yuca

Se realizaron dos ensayos de rendimiento para estudiar el efecto diferencial de los ácaros (*Mononychellus* sp.) en cultivares de yuca susceptibles y resistentes. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en el cual las parcelas principales fueron las tratadas (protegidas con aplicaciones quincenales de monocrotophos a razón de 1-2 ml/litro de agua) y las no tratadas con insecticidas, y como sub-parcelas, los cultivares. En Guanabanal, Valle del Cauca (Colombia), los cuatro cultivares (M Col 638, M Col 113, M Bra 12 y Enanita) sufrieron un ataque moderado de

Cuadro 4. Efecto de insecticidas en el rendimiento promedio de los cultivares de yuca CMC 40, M Ven 218 y CMC 57 en ICA-Nataima (Espinal, Tolima), 1979.

Tratamiento	Rendimiento (ton/ha) con insecticidas aplicados cada:				
	15 días	30 días	45 días		
Monocrotophos	18.5	15.2	(17.8) ¹	13.6	(26.5)
Dimethoate	15.1	14.4	(4.6)	14.0	(7.3)
Fenthion	10.0	9.6	(4.0)	7.8	(22.0)
Testigo	7.0				

¹ Los valores entre paréntesis corresponden a los porcentajes de reducción del rendimiento en comparación con el rendimiento obtenido al aplicar insecticidas cada 15 días.

Cuadro 5. Rendimiento de los cultivares de yuca CMC 40, M Ven 218 y CMC 57 que recibieron aplicaciones quincenales de insecticidas (monocrotophos, dimethoate y fenthion) para controlar moscas blancas.

Variedad	Rendimiento (ton/ha)						
	Monocrotophos		Dimethoate		Fenthion		Testigo
M Ven 218	10.12	(68.3) ¹	8.80	(63.5)	5.33	(39.8)	3.21
CMC 57	17.27	(64.8)	13.96	(56.5)	8.70	(30.2)	6.07
CMC 40	28.04	(57.7)	22.55	(46.6)	15.88	(25.2)	11.87

¹ Los valores entre paréntesis corresponden a los porcentajes de reducción del rendimiento en comparación con el rendimiento obtenido al aplicar insecticidas.

ácaros durante el tercer mes y un ataque fuerte entre el séptimo y el noveno mes, pero no se detectaron diferencias en rendimiento entre las parcelas protegidas y las no protegidas. Este era un resultado de la sequía e independientemente del ataque de ácaros durante el período comprendido entre el séptimo y el noveno mes. El ataque moderado en el tercer mes no fue suficiente para disminuir los rendimientos, aunque se observaron diferencias entre los cuatro cultivares en lo que respecta a las evaluaciones del daño por los ácaros y la reducción del tamaño de las hojas.

En Fonseca, Colombia, se sembraron ocho cultivares de yuca en parcelas protegidas y no protegidas. Todas las parcelas recibieron riego. Se presentó un ataque de ácaros entre el tercer y el séptimo mes después de sembrada la yuca (Figura 8).

Según las evaluaciones del daño causado por los ácaros y los recuentos de ácaros, los cultivares se separaron para su estudio en susceptibles y resistentes. En general, los cultivares susceptibles sufrieron pérdidas significativas en el rendimiento de raíces frescas, el número de raíces, el peso de raíces, el peso total de la planta, el índice de cosecha, el número de estacas de siembra obtenibles, el tamaño de las hojas, la tasa de formación foliar y la altura de planta (Cuadro 6). Sin la protección con insecticidas, tanto los cultivares resistentes como los susceptibles perdieron significativamente más follaje que las parcelas protegidas, pero los cultivares susceptibles fueron relativamente más afectados que los cultivares resistentes. Con relación a la

calidad de las raíces, el ataque de ácaros no alteró los contenidos de materia seca o de HCN en ninguno de los cultivares.

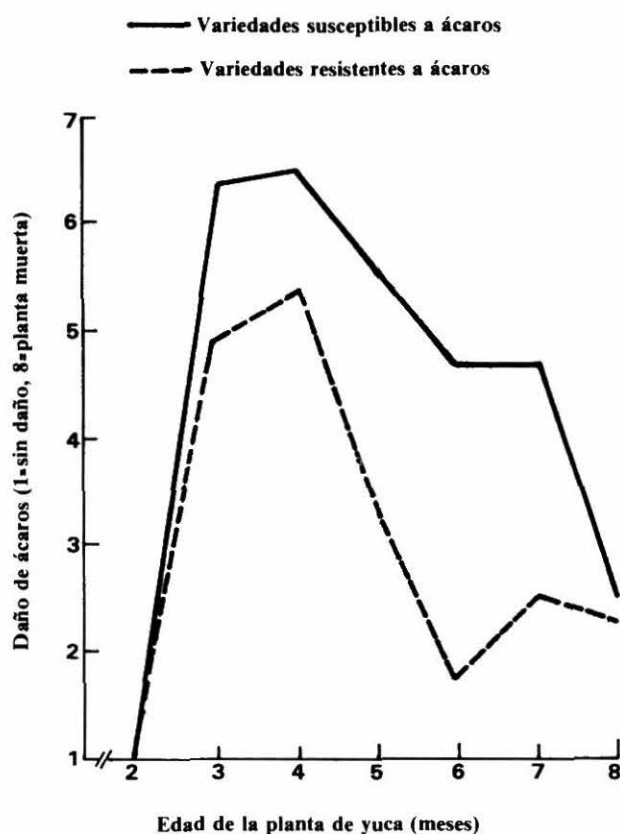


Figura 8. Fluctuación del daño de ácaros (*Mononychellus* sp.) en variedades resistentes y susceptibles de yuca en Fonseca, Colombia (Diciembre 1978-Junio 1979)

Cuadro 6. Efecto del ataque de ácaros (*Mononychellus* sp.) en diferentes parámetros de variedades resistentes, en Fonseca, Colombia, (octubre 1978-junio 1979).

Parámetro	Cambio en el parámetro en comparación con las parcelas protegidas (%) ¹	
	Resistentes	Susceptibles
Rendimiento (kg de raíces frescas)	-17.9 ns ²	- 69.4 * ²
No. de raíces por parcela	-11.9 ns	- 43.0 *
Peso (kg/raíz)	- 9.6 ns	- 48.7 *
Peso de raíces comerciales a peso total de raíces	- 5.7 ns	- 45.0 *
Peso de ramas (kg/parcela)	+ 0.4 ns	- 47.4 *
Peso total (kg/parcela)	- 7.8 ns	- 60.9 *
Índice de cosecha	-11.1 ns	- 26.3 *
Estacas de siembra obtenibles	-19.1 *	- 67.3 *
Tamaño de las hojas (cm ² /hoja)	- 4.9 ns	- 34.3 *
Tasa de formación de hojas (hojas/día)	0.0 ns	- 13.3 *
Follaje (cm de retoño con follaje)	-27.3 *	- 42.1 *
Defoliación (%)	+18.5 *	+ 23.8 *
Altura de la planta (cm)	- 7.7 *	- 21.7 *

1 1 - (parcela no protegida/parcela protegida).

2 ns = no significativo; * = significativo a un nivel del 0.05.

Biología de *M. tanajoa*

Se estudió la biología de *M. tanajoa* utilizando cultivares resistentes y susceptibles. Se realizaron pruebas de fecundidad y de preferencia en cámaras de crecimiento (12 horas de luz; temperaturas diurna/nocturna de 30°C/28°C; 40-70% HR), utilizando segmentos foliares colocados en algodón húmedo en platos de petri (Cuadro 7). Por lo general, los ácaros en los cultivares resistentes y tolerantes mostraron una menor fecundidad y menor preferencia que en los cultivares susceptibles. La única excepción fue con el cultivar M Bra 12. Los recuentos de ácaros en el campo en M Bra 12 fueron comparables a los de otros cultivares resistentes. En consecuencia, debe existir algún parámetro en M Bra 12 el cual limita la reproducción de los ácaros.

Se realizaron estudios sobre el desarrollo de *M. tanajoa* bajo condiciones de cámara de crecimiento en un cultivar resistente (M Col 1434) y otro susceptible (M Col 22) utilizando hojas cortadas (lóbulos y segmentos circulares). Los resultados mostraron que en el cultivar resistente, los ácaros se desarrollan más lentamente, presentan un menor período de vida adulta y una mayor mortalidad de ninfas. Los estudios indican que existen mecanismos de resistencia a los ácaros en yuca, tanto de carácter no preferencial como antibiótico.

Tetranychus sp.

Se realizaron estudios sobre preferencia y fecundidad de *Tetranychus urticae* bajo condiciones de cámara de crecimiento. Los cultivares de yuca resistentes, que se utilizaron fueron M Col 282, M Col 1434, M Ven 125 y M Bra 12 y los susceptibles M Col 1438, M Col 22 y M Ven 173. El método estándar utilizado fue el de la técnica del segmento foliar circular, la cual consiste en cortar segmentos circulares de 1.8 cm de diámetro, colocados en un algodón húmedo en platos de petri. Se probaron todas las combinaciones posibles de cultivares resistentes y susceptibles. En cada segmento se colocaron 10 hembras adultas del ácaro, superponiendo ligeramente otro segmento de un cultivar diferente. De esta manera se probaron dos cultivares en cada repetición en las incubadoras (12 horas de luz; temperaturas diurna/nocturna de 30°C/27°C; 50-70% de HR).

Los resultados obtenidos después de tres días mostraron que el 70% de los ácaros se estaban alimentando de cultivares susceptibles. La mayor oviposición también ocurrió en los cultivares susceptibles. Estos resultados indican una preferencia alimenticia y de oviposición por los cultivares susceptibles. Entre los cultivares resistentes no se observaron diferencias significativas en la preferencia por

Cuadro 7. Fecundidad y preferencia de los ácaros (*Mononychellus tanajoa*) en siete variedades de yuca, en comparación con evaluaciones de daño a nivel de campo.

Variedad	Fecundidad (huevos/Q/2 días)	Preferencia (% de M Col 22)	Evaluación del daño ¹
M Col 22	6.77a ²	100a ³	S
M Col 1438	6.05a	98a	S
M Bra 12	5.95a	73b	R
M Ven 125	4.73b	47c	R
M Col 113	4.67b	-	I
M Col 282	4.42b	38cd	R
M Col 1434	3.25c	36d	R

1 Evaluación del daño: R = resistente; I = intermedio; S = susceptible.

2 Los valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

3 El análisis se hizo con base en recuentos de ácaros durante dos días.

alimentación y oviposición. Hembras de *T. urticae* obtenidas de dos fuentes (variedad susceptible M Col 22 y variedad resistente M Col 1434), se colocaron en una serie de cultivares resistentes y susceptibles bajo condiciones de cámara de crecimiento (12 horas de luz; temperaturas diurna/nocturna de 30°C/27°C; 40-70% HR). En general, la fecundidad fue menor en los cultivares resistentes M Col 1434, M Col 282, M Bra 12 y M Ven 125 que en los susceptibles M Col 22, M Ven 173 y M Col 1438. La fuente influyó en la fecundidad de las hembras. Las hembras desarrolladas en cultivares susceptibles ovipositaron una mayor cantidad de huevos que las de cultivares resistentes,

cualquiera que fuera la naturaleza del cultivar en que se colocaron (Cuadro 8).

Durante nueve meses continuos el cultivar M Col 22 se sometió a un ataque del ácaro *M. tanajoa*, con un daño promedio de 2.9 en una escala de 0-5. Durante este tiempo el mismo cultivar se trató cada 15 días con monocrotophos (1 cc/litro de agua). Las observaciones mostraron que el área foliar de las plantas no protegidas fue 25.7% menor que la de plantas tratadas con insecticida, debido a la reducción en el tamaño de las hojas causada por el ataque de los ácaros.

Cuadro 8. Desarrollo y mortalidad de ácaros (*Mononychellus tanajoa*) en hojas de yuca sueltas bajo condiciones de cámara de crecimiento (28°C noche, 30°C día, 40-70% HR).

Variedad	Evaluación del daño ¹	Tiempo hasta adulto (días)	Longevidad del adulto (días)	Mortalidad de ninfas	
				1	2
M Col 22	S	9.2b ²	5.6a	55%	34%
M Col 1434	R	9.9a	3.6b	74%	52%

1 Evaluación del daño: S = susceptible; R = resistente.

2 Los valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

Resistencia del Tipo Amplio

En colaboración con la sección de Fitopatología de Yuca se inició un estudio a un plazo de cinco años para identificar fuentes de resistencia a varias enfermedades e insectos plaga bajo diversas condiciones ecológicas (Informe Anual del CIAT, 1978).

Entre los cinco ecosistemas que se están estudiando, CIAT-Palmira presentó el mayor número de plagas insectiles y ácaros, en tanto que Media Luna y Popayán mostraron el menor número de plagas (véase la siguiente sección de Fitopatología).

FITOPATOLOGIA

Se investigaron las relaciones existentes entre *Xanthomonas manihotis* y *X. cassavae*, dos patógenos bacteriales de la yuca que inducen síntomas similares en la fase de mancha angular. También se examinaron los factores que influyen en la severidad de *X. manihotis* y su variabilidad patogénica bajo condiciones de invernadero y de campo.

Se llevaron a cabo estudios sobre la supervivencia de *X. manihotis* mediante las técnicas de la inmunofluorescencia directa (IF) y bioensayos inmunológicos de adsorción con conjugados enzimáticos (ELISA).

Se estudió la variabilidad de *Sphaceloma manihoticola*, el agente causal de la enfermedad del superalargamiento, mediante la inoculación de aislamientos del mismo ecosistema pero de diferentes variedades con distintos niveles de susceptibilidad y también de la misma variedad pero con diferentes características culturales. En colaboración con el Departamento de Fitopatología de la Universidad de Cornell, se realizaron estudios de caracterización del regulador de crecimiento que induce el alargamiento.

Se realizaron estudios sobre las interrelaciones e interacciones entre la yuca, su ecosistema y los problemas bióticos y su influencia en los programas de mejoramiento del cultivo en cinco ecosistemas diferentes. Durante un período de cinco años se identificarán los problemas bióticos en cada ecosistema y se tomará nota de su

incidencia y severidad y de las interacciones ambientales relacionadas con su ocurrencia. A continuación se presentan los resultados preliminares.

Añublo Bacterial de la Yuca

Taxonomía

Los estudios taxonómicos mostraron que *X. manihotis* y *X. cassavae*, los agentes causales del añublo bacterial de la yuca (CBB) y mancha foliar bacterial de la yuca, respectivamente, se encuentran fisiológica y bioquímicamente relacionados. Sin embargo, los análisis químicos de los polisacáridos hidrolizados y no hidrolizados que producen estos dos organismos, mostraron algunas diferencias en su composición mineralógica (Cuadro 9). Las pruebas serológicas no mostraron relaciones entre *X. manihotis* y *X. cassavae*, pero éste último se relacionó serológicamente con los aislados amarillos colombianos causantes de manchas angulares. De manera similar se encontraron diferencias en los síntomas inducidos por esos dos organismos bajo condiciones controladas, hasta la fase de la mancha angular. Los síntomas inducidos por *X. cassavae* se desarrollaron de manera más lenta (12 días) que los de *X. manihotis* (5 días); solamente *X. cassavae* mostró la fase de mancha angular, en tanto que *X. manihotis* invadió los tejidos inoculados produciendo manchas foliares, añublo y exudación de goma a lo largo de los peciolo y del tallo. Se concluyó que *X. manihotis* y *X. cassavae* son entidades taxonómicamente diferentes.

Cuadro 9. Análisis mineralógico de los polisacáridos no hidrolizados (0.04% de dilución) producidos por *Xanthomonas manihotis*, *X. cassavae* y un aislamiento colombiano amarillo.

Elemento (ppm)	<i>X. manihotis</i>	<i>X. cassavae</i>	Aislamiento colombiano amarillo
N	123.2	145.6	179.2
P	17.5	32.3	17.3
K	8.5	10.0	6.8
Ca	15.0	22.5	10.0
Mg	3.8	5.0	2.5
Na	72.5	70.0	62.5
Mn	0.25	0.25	0.25
Zn	1.50	1.75	0.75
Cu	0.63	0.86	0.63
B	-	0.04	0.08
S	8.0	8.0	10.6

Cuadro 61. Unidades audiotutoriales sobre yuca disponibles solamente en Español

Serie	Título
04SC-02.01	Un tipo ideal de planta de yuca para rendimiento máximo
04SC-02.02	Cultivo de tejidos de yuca y sus aplicaciones
04SC-02.03	Morfología de la planta de yuca
04SC-03.01	Descripción de las enfermedades de la yuca
04SC-03.05	Almacenamiento de raíces frescas de la yuca
04SC-04.01	El control de <u>Erinnyis ello</u> (gusano cachón de la yuca)
04SC-04.02	Descripción de las plagas que atacan el cultivo de la yuca y características de sus daños
04SC-06.01	Sistema de propagación rápida de la yuca
04SC-06.02	Selección y preparación de estacas de yuca para siembra
04SC-07.01	Bases del mejoramiento genético de la planta de yuca

Cuadro 62. Publicaciones sobre yuca producidas durante 1979 en el CIAT.

Código	Título	Idioma	Páginas	Tiraje
02ElC-78	Annual Report 1978	Inglés	104	1520
02SlC-78	Separata Informe Anual 1978	Español	113	1200
08EC-5	Abstracts on Cassava, Vol. V	Inglés	190	1500
08SC-5	Resúmenes sobre Yuca, Vol. V	Español	211	1500
05EC-6	Enzymatic Assay for Determining the Cyanide Content of Cassava and Cassava Products	Inglés	14	1500
05SC-6	Ensayo Enzimático para Determinar el Contenido de Cianuro en las Raíces y en los Productos de la Yuca	Español	19	1500
10SC-7	Una Sembradora Automática de Dos Surcos para Estacas de Yuca: Desarrollo, Diseño y Construcción del Prototipo	Español	12	1000
05EEn-3	Cassava Harvesting Aid	Inglés	14	1500
05EEn-3	Un Implemento para Ayudar en la Cosecha de Yuca	Español	14	1500
09SC-3	Desórdenes Nutricionales en la Yuca	Español		1500
01EC-5	Cassava Newsletter No. 5	Inglés		1280
01SC-5	Boletín Informativo de Yuca No. 5	Español		1025
01EC-6	Cassava Newsletter No. 6	Inglés		1250
01SC-6	Boletín Informativo de Yuca No. 6	Español		1025
01EC-7	Cassava Newsletter No. 7	Inglés		1250
01SC-7	Boletín Informativo de Yuca No. 7	Español		1200

En contraste, la severidad y el desarrollo de la epidemia de CBB en Caribia fue mayor durante 1979 que en 1978 debido a la variación en la acumulación y distribución de la precipitación. Generalmente, la severidad de la enfermedad en Caribia fue menor que en Carimagua, posiblemente debido a que en ese último ecosistema se presentan temperaturas fluctuantes durante un período más amplio.

Supervivencia y transmisión del patógeno por semilla sexual

El International Institute of Tropical Agriculture (IITA) informó el año pasado sobre la supervivencia epifítica de *X. manihotis* en hojas de yuca. Las investigaciones realizadas en el CIAT este año utilizando la IF y el ELISA han corroborado este descubrimiento y demostrado que este patógeno también puede vivir epifíticamente en malezas que crecen en plantaciones de yuca en Carimagua en donde el CBB es endémico (Cuadro 11). Aparentemente, la población de la bacteria causal del CBB que sobrevive en las hojas de malezas y de yuca aumenta durante la estación lluviosa; durante esta época aumenta el potencial de inóculo puesto que ocurre una mejor diseminación por el salpicado de agua lluvia y por las corrientes de aire. Esto tiene implicaciones para el control del CBB mediante la rotación de cultivos o permitiendo el crecimiento de rastrojo en el terreno; la eliminación de las malezas durante estos períodos es una medida necesaria para un control efectivo del CBB.

La transmisión de *X. manihotis* por semillas sexuales de yuca también se estudió mediante los ensayos IF y ELISA (Figura 10). El patógeno se detectó en embriones de semilla pero no en otros tejidos. Utilizando métodos similares también se detectó en polen. A pesar de que las semillas sanas e infectadas no mostraron signos de daño por *X. manihotis*, se encontró en los embriones infectados una concentración de aproximadamente 10^4 células/ml. La transmisión por la semilla en estos ensayos varió entre 0 y 40% y la germinación de semillas infectadas fue mucho más baja que la de semillas sanas (Cuadro 12). El porcentaje de infección de embriones para las semillas que no germinaron fue del 40-60%.

La presencia de *X. manihotis* en tejidos de la semilla y su baja supervivencia tiene implicaciones en las regulaciones de cuarentena vegetal. Estas generalmente son menos estrictas para el caso de la semilla verdadera que para los materiales vegetativos; sin embargo, se debe tener cuidado al despachar semillas verdaderas y éstas sólo deben provenir de plantaciones de yuca libres de la enfermedad.

Variabilidad del patógeno

Se estudiaron las posibles interacciones patógeno/hospedante mediante la inoculación controlada de ocho cultivares de yuca con diversos niveles de susceptibilidad con 51 aislamientos provenientes de diferentes regiones. La virulencia de los aislamientos y la tolerancia de los cultivos a ellos varió, pero no hubo interacción entre los aislamientos y los cultivares ($P=0.05$).

Cuadro 11. Supervivencia epifítica de *Xanthomonas manihotis* en hojas de malezas, determinada mediante inmunofluorescencia (IF) y el bioensayo inmunológico de absorción y enlace enzimático (ELISA).

Especie de maleza	Reacción al bioensayo: ¹	
	IF	ELISA
<i>Solanum nigrum americanum</i>	+	+
<i>Sida dictyocarpa</i>	-	+
<i>Emilia sagittata</i>	+	+
<i>Hyptis mutabilis</i>	+	+
<i>Amaranthus dubius</i>	++	++
<i>Melothria</i> sp.	+	+
<i>Euphorbia hirta</i>	-	-
<i>Conyza canadiense</i>	+	+
<i>Centrosema macrocarpum</i>	-	-
<i>Casearia nitida</i>	-	-
<i>Cissampelos</i> sp.	+	+
<i>Elencina indica</i>	-	-
<i>Digitaria sanguinalis</i>	-	-
<i>Cyperus rotundus</i>	±	-

¹ ++ = reacción fuertemente positiva; + = reacción positiva; ± = reacción débilmente positiva; - = reacción negativa.

lo cual implica la ausencia de razas. La reacción de estos cultivares bajo condiciones de campo en Carimagua, Media Luna y Caribia mostró los mismos niveles de tolerancia a pesar de que la severidad de la enfermedad fue mayor en Carimagua que en los otros ecosistemas.

Enfermedad del Superalargamiento

Etiología

Los estudios realizados por Ziegler, Powell and Thurston (Departamento de Fitopatología y Pomología, Universidad de Cornell) con cinco aislamientos de *Sphaceloma manihoticola* del CIAT han demostrado que este patógeno produce un regulador de crecimiento de la planta *in vitro*, el cual se identificó como ácido giberélico (AG₄). Es interesante anotar que ningún otro hongo distinto de *Giberella fujikuroi*, el agente causal de la llamada enfermedad bakanae del arroz, ha sido identificado por producir ácidos giberélicos.

Epidemiología

La aparición de una epidemia de superalargamiento en cultivares susceptibles sembrados en Carimagua en 1978 y 1979 mostró tasas diferentes de desarrollo en comparación con las observadas en el CBB. En 1979 la

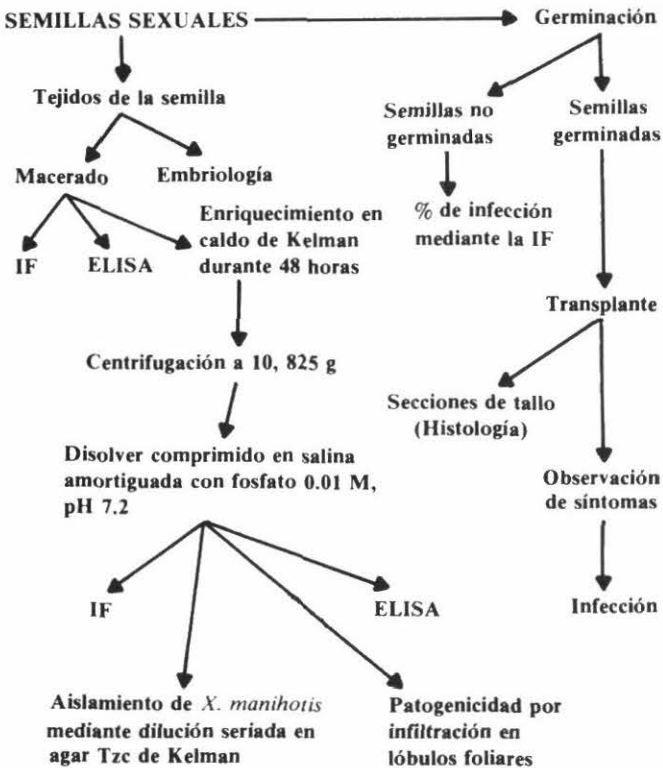


Figura 10. Esquema utilizado para detectar *X. manihotis* en semillas verdaderas mediante las técnicas de la inmunofluorescencia (IF) y el bioensayo inmunológico de adsorción con conjugados enzimáticos (ELISA).

Cuadro 12. Germinación e infección de embriones de semillas sexuales de yuca colectadas de campos infectados y no infectados por el CBB.

Mes de la toma de muestra (condiciones climáticas)	Semillas de campos infectados ¹		Semillas de campos no infectados	
	Germinación ² (%)	Infección embriones ³ (%)	Germinación (%)	Infección embriones (%)
Enero (secas)	-	10	-	0
Febrero (secas)	-	3	-	0
Marzo (secas)	12	5	84	0
Abril (húmedas)	6	2	66	0
Mayo (húmedas)	20	0	74	0
Junio (húmedas)	-	40	-	0
Promedio	13	10	70	0

1 Los datos fueron tomados de un promedio de 24 semillas/muestra.
2 La germinación de las semillas se hizo bajo condiciones controladas (28°C; 80% HR) en toallas de papel húmedas.
3 Las reacciones positivas al ELISA se obtuvieron en marzo y abril; las reacciones negativas en las muestras tomadas en mayo. El porcentaje de infección de embriones se obtuvo mediante el método de la inmunofluorescencia.

enfermedad se desarrolló más rápidamente que en 1978, pero las epidemias de 1978 fueron más severas que las de 1979. Como se indicó el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1978) esta situación implica grandes interacciones enfermedad/medio ambiente.

En forma similar, como se indicó en el Informe Anual del CIAT, 1978, la distribución de la enfermedad en 237 cultivares evaluados durante una epidemia de superalargamiento en Carimagua en 1979, también mostró un ordenamiento bimodal en junio, con un grupo formado con aquellos materiales calificados como 4-5 (susceptibles) y un segundo grupo por aquellos calificados como 1-2 (resistentes). A medida que la epidemia aumentó con el tiempo, la distribución se tornó unimodal. Sin embargo, la distribución bimodal inicial no fue tan marcada como en 1978, posiblemente debido al número limitado de cultivares evaluados durante 1979 (237 en comparación con 1348 utilizados en 1978) y a que la mayoría de los cultivares evaluados este año provinieron de ecosistemas en donde el superalargamiento no se ha identificado. Tal como sucedió el año pasado, la distribución de la epidemia de CBB fue unimodal.

Antracnosis y Mancha Foliar por *Phoma*

El desarrollo de una epidemia combinada de antracnosis (*Colletotrichum* spp. y *Gleosporium* spp.) y de mancha foliar por *Phoma* (*Phoma* sp.) en Popayán, en 67 genotipos de yuca, se examinó durante un período de siete meses con relación a la precipitación. Los datos indican que en este ecosistema es necesario evaluar por resistencia después de un ciclo de seis meses si la siembra se realiza a comienzos de la estación lluviosa. La evaluación por resistencia a los otros factores negativos en la producción (FNP) existentes en Popayán puede requerir períodos de evaluación más prolongados (15 meses) debido al efecto de la baja temperatura en el crecimiento de la yuca.

Cuero de Sapo

Se intentó la transmisión del cuero de sapo a varias plantas diferenciales de virus y a plantas sanas de yuca, con resultados negativos. Los ensayos preliminares de purificación también han sido negativos.

Plantas infectadas por cuero de sapo pero sin síntomas en las hojas y cultivadas bajo condiciones de campo en CIAT-Palmira, han mostrado síntomas severos de mosaico bajo condiciones de cámara de crecimiento (12

horas a 20 y 25°C, 80-140 bujías pie y 80% HR). Cuando estas plantas se incubaron a 600-1000 bujías-pie, 80% HR y 25-30°C, desaparecieron los síntomas foliares en hojas nuevas. Sin embargo, varios cultivares infectados por el cuero de sapo no mostraron síntomas foliares a baja temperatura. Esto indica que hay otras enfermedades virales que afectan a los cultivares infectados por el cuero de sapo cuyos síntomas se desarrollan severamente a baja temperatura. Esto se confirmó en Popayán (región de temperatura intermedia) y Media Luna (región cálida) mediante la siembra de estacas provenientes de plantas de diversas variedades de yuca que no presentaban síntomas foliares. En Popayán se observaron síntomas severos de mosaico mientras que en Media Luna los síntomas sólo fueron moderados. Sin embargo, cuando las estacas provenientes de plantas con síntomas severos de mosaico en Popayán se sembraron en Media Luna, los síntomas mostraron igual severidad.

A los 50 días después de la siembra, la altura de las plantas infectadas por el cuero de sapo generalmente fue mayor que la de las plantas sanas y, ocasionalmente, fue hasta el doble (por ejemplo, el cultivar Quilcace). Sin embargo, las estacas infectadas por el cuero de sapo produjeron un menor número de retoños. Los síntomas de la enfermedad se observaron fácilmente en algunos cultivares, aún a los tres meses después de la siembra.

Relaciones Yuca/Ecosistema

Se está investigando la relación existente entre cultivares de yuca y los ecosistemas, mediante la siembra de genotipos locales e introducidos en cinco ecosistemas (Cuadro 10) y la evaluación de los parámetros más importantes. A pesar de que estos estudios se han planeado para un período de cinco años, hasta el momento se han obtenido los siguientes resultados.

- En cada ecosistema se han identificado varios problemas bióticos no registrados anteriormente (enfermedades, insectos y ácaros), los cuales están afectando a los cultivares introducidos y su importancia se ha evaluado con base en el daño causado en los cultivares susceptibles (Cuadro 13). Tal parece que la incidencia y la severidad de los problemas bióticos en yuca se relacionan con las características ecológicas de una región determinada. Su identificación y la evaluación de su importancia potencial se puede observar mejor en los cultivares introducidos que no están adaptados a las condiciones locales.

Cuadro 13. Factores bióticos negativos en la producción (FNP) de yuca, identificados y evaluados en cinco ecosistemas diferentes en Colombia.

FNP	Localidad				
	Caribia	Media Luna	Carimagua	CIAT-Palmira	Popayán
<u>Enfermedades</u>					
Añublo bacterial	M ¹	L	S	NP	NP
Superalargamiento	L	L	S	NP	NP
Mancha de anillos circulares	NP	NP	NP	NP	S
Antracnosis	M	L	S	S	S
Mancha parda	M	S	M	L	NP
Añublo pardo fungoso	M	L	M	L	NP
Mancha blanca	M	M	NP	NP	NP
Pudrición bacterial del tallo	L	L	L	M	NP
Ceniza de la yuca	NP	NP	NP	L	M
Mosaico común	L	L	NP	M	S
<u>Insectos</u>					
Gusano cachón	L	L	S	L	L
Moscas blancas	M	M	L	L	L
Trips	M	L	M	S	L
Chinchas de encaje	L	L	M	M	L
Moscas de cogollo	L	L	L	M	NP
Moscas de la fruta	L	NP	L	L	L
Crisomélidos	NP	NP	NP	M	NP
Mosca de las agallas	L	L	M	L	NP
Comejenes	L	M	L	NP	NP
Barrenadores del tallo	NP	NP	M	NP	NP
Hormigas cortadoras de hojas	NP	NP	M	NP	NP
<u>Acaros</u>					
<u>Mononychellus</u> sp.	L	M	L	M	L
<u>Tetranychus</u> sp.	L	L	L	L	NP
<u>Oligonychus</u> sp.	L	L	M	M	M

1 S = daño severo; M = daño moderado; L = daño ligero; NP = no estuvo presente.

• La resistencia a los principales FNP (factores negativos a la producción) de un ecosistema dado es mucho mayor en los cultivares provenientes de ecosistemas similares que los provenientes de ecosistemas con un grupo diferente de FNP (Figura 11). Cuando la colección de germoplasma del CIAT (representativa de la mayoría de los países de América Latina) se evaluó por su resistencia a los FNP existentes en Carimagua y Popayán, la resistencia a los FNP de cada uno de estos ecosistemas fue de 1.7 y 1.5%, respectivamente, en tanto que la resistencia registrada en grupos de cultivares colectados de éstos o de ecosistemas

similares fue de 10.3 y 26.3%, respectivamente. En Carimagua se obtuvieron porcentajes similares de resistencia al CBB y al superalargamiento, dos problemas bióticos endémicos en este ecosistema (Figura 12). Ninguno de los cultivares resistentes en Popayán presentó resistencia en Carimagua o viceversa.

Esto indica la presencia de fuertes interacciones cultivar/ecosistema, por lo menos entre los ecosistemas con diferentes grupos de FNP.

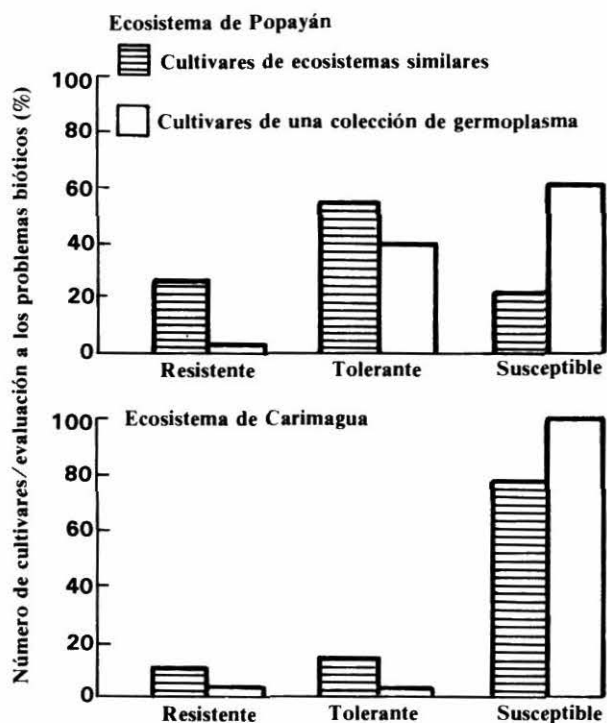


Figura 11. Distribución de cultivares de yuca de una colección de germoplasma y de aquellos colectados en ecosistemas similares, según la evaluación a los NFP existentes en Popayán y Carimagua.

Para una mejor evaluación de la resistencia a los FNP bióticos en un ecosistema dado y para obtener un nivel de estrés alto y uniforme, los cultivares susceptibles a los FNP bióticos se sembraron en hileras cada 10 m, sembrando el material de prueba en hileras de 1 m formadas por 10 plantas y con 2-3 repeticiones (Figura 13). El material resistente seleccionado se sembró en un segundo ciclo de ensayos de 30 plantas/cultivar/repeticion (total de 3 repeticiones). En los ecosistemas de Carimagua y Popayán la resistencia del primer material seleccionado (primer ciclo) presentó la misma calificación para el segundo ciclo. El porcentaje de resistencia en cada ecosistema para el primer material seleccionado fue de 85 y 80%, respectivamente.

- Las reacciones promedio de los cultivares nativos, de los cultivares provenientes de ecosistemas diferentes y de los cultivares de los otros tres ecosistemas mostraron que los nativos de cada ecosistema presentan los mayores niveles de resistencia a los FNP existentes en el ecosistema de donde provienen (Figura 14). Ninguno de los cultivares fue resistente a los FNP bióticos de más de dos ecosistemas.

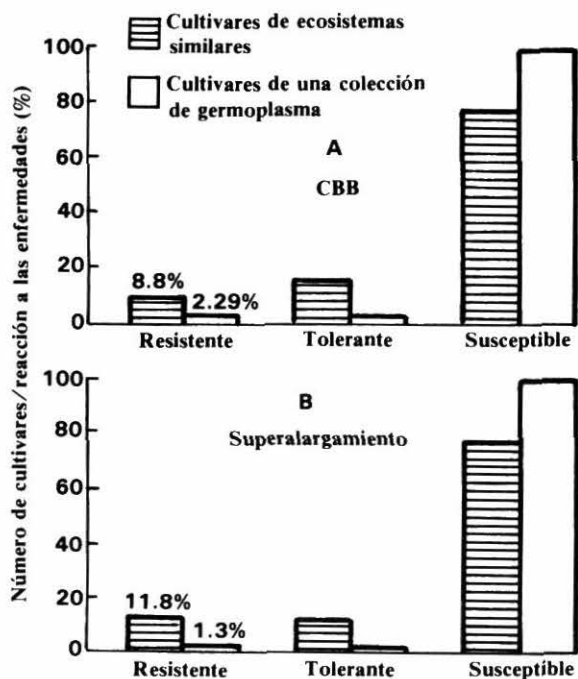


Figura 12. Distribución de cultivares de una colección de germoplasma y de cultivares seleccionados en ecosistemas similares según su evaluación al CBB y al superalargamiento en el máximo de la epidemia de ambas enfermedades en Carimagua.

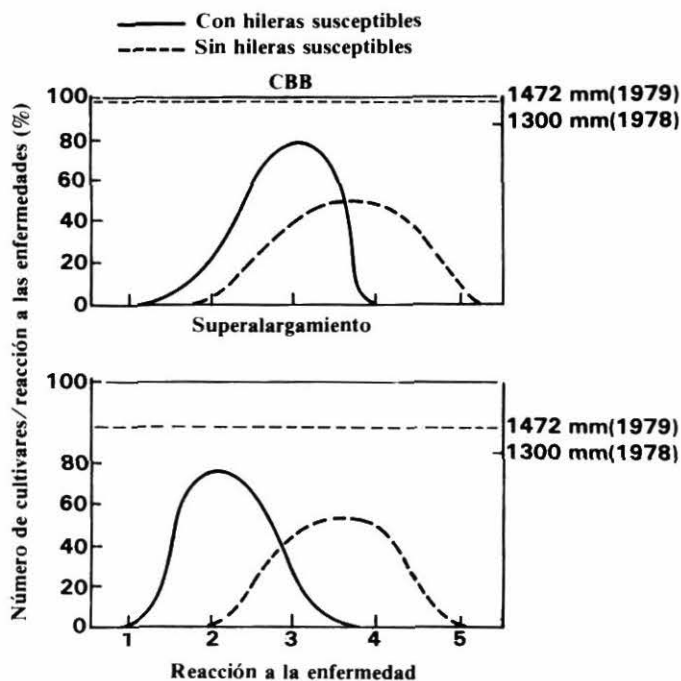


Figura 13. Distribución de cultivares de yuca según la reacción al CBB y superalargamiento en la máxima incidencia de una epidemia, al sembrar hileras de plantas susceptibles cada 10 m, en comparación con los testigos sin hileras de plantas susceptibles.

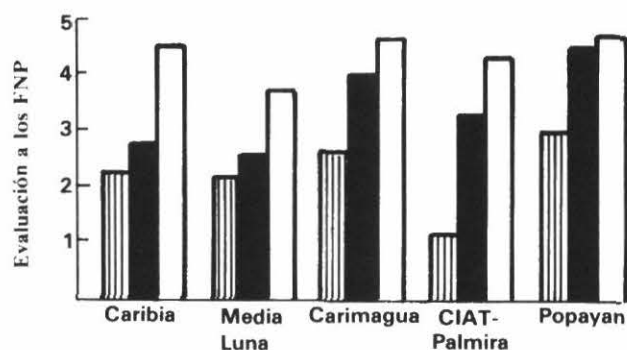
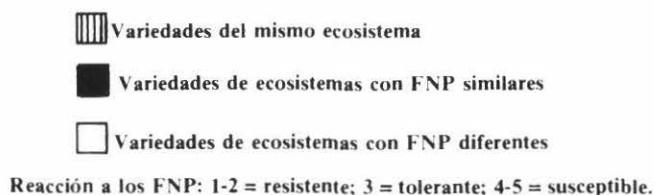


Figura 14. Reacción media de 25 variedades colectadas o seleccionadas en cinco ecosistemas diferentes a los factores negativos en la producción (FNP) presentes en cada ecosistema.

Después de seis meses, las alturas medias de las plantas de todos los cultivares variaron de un ecosistema a otro, lo cual indica que hay otros factores diferentes a la temperatura (posiblemente edáficos que ejercen una fuerte influencia en el desarrollo de las plantas (Figura 15).

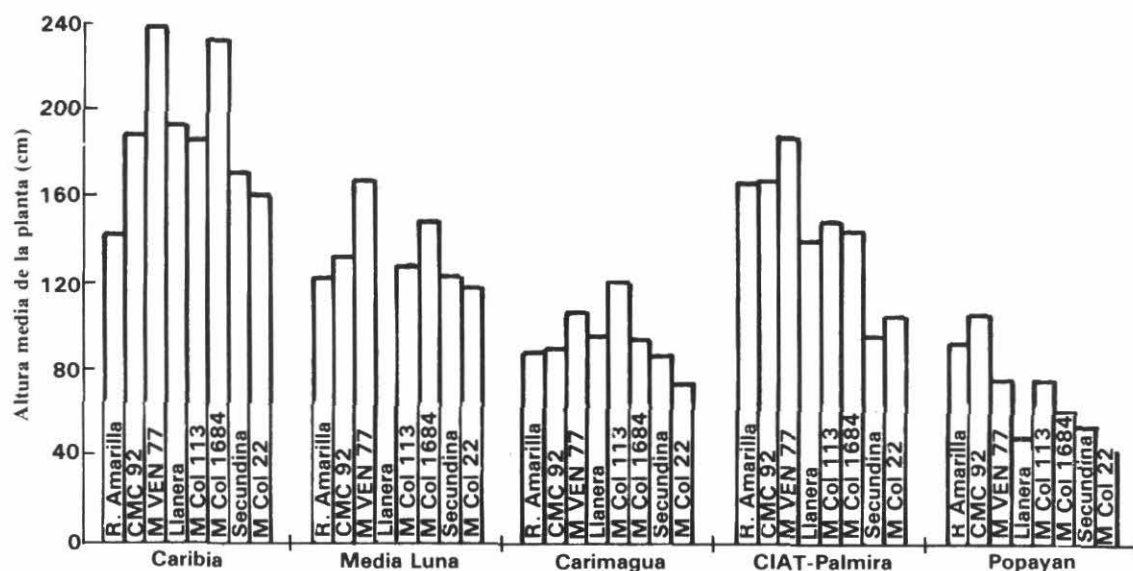


Figura 15. Altura de la planta de ocho cultivares (dos de cada uno de cuatro ecosistemas) sembrados en el mismo ecosistema y en CIAT-Palmira. (Los datos se tomaron cuando las variedades tenían seis meses de edad.)

Dos cultivares —uno tolerante a un ecosistema con FNP severos (Carimagua) y el otro tolerante a un ecosistema con FNP relativamente moderados (Valle del Cauca en CIAT-Palmira)— se sembraron cada tres meses durante un período de 15 meses en otro ecosistema con FNP moderados (Caribia, en donde la mayoría de los FNP son comunes a los de Carimagua pero diferentes a los de CIAT-Palmira). El rendimiento del cultivar Llanera (nativo de Carimagua) disminuyó ligeramente y la calificación de resistencia a los FNP fue casi constante. En contraste, el cultivar M Col 113 (nativo de CIAT-Palmira) mostró una disminución considerable de su rendimiento, de 18.2 a 2.0 ton/ha y una sorprendente susceptibilidad a los FNP presentes en Caribia (Figura 16).

Esto puede indicar que, por lo menos para las enfermedades e insectos plaga, el material seleccionado en ecosistemas con FNP bióticos severos puede presentar un buen comportamiento en otros ecosistemas con problemas similares pero moderados. Sin embargo, si los factores edáficos y climáticos son muy diferentes, el comportamiento del material seleccionado puede no ser el esperado. En contraste, el material seleccionado de un ecosistema con FNP bióticos moderados puede ser severamente afectado por problemas bióticos de ecosistemas con FNP más severos o con FNP moderados pero diferentes.

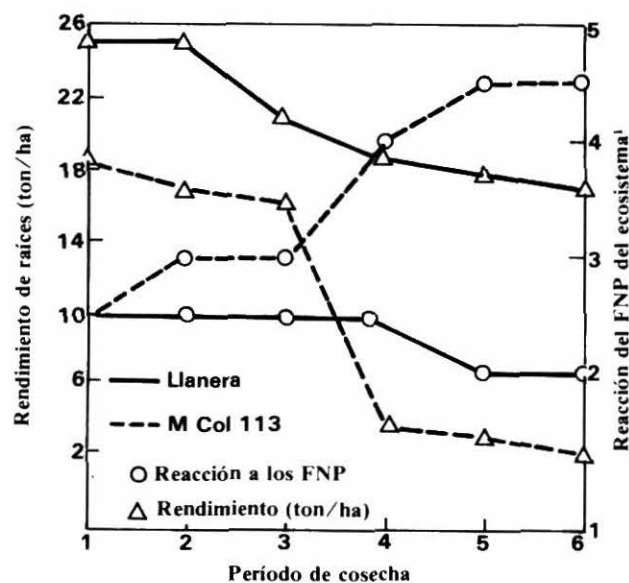
La germinación y la producción de estacas de cultivares susceptibles a los FNP presentes en cada uno de los cuatro ecosistemas se redujeron al plantar estacas producidas en el

mismo ecosistema. Sin embargo, estos parámetros no sufrieron reducción alguna cuando las estacas se tomaron de cultivares resistentes producidos en el mismo ecosistema. La germinación de las estacas de cultivares resistentes y susceptibles provenientes de CIAT-Palmira (un ecosistema con FNP moderados) se redujo ligeramente (Cuadro 14). Esto puede indicar que la calidad del material de siembra producido por un cultivar determinado se relaciona con las presiones bióticas (enfermedades, plagas, etc.) y abióticas (factores climáticos y edáficos) ejercidas sobre el cultivar durante un ciclo de crecimiento y la capacidad genética de dicho cultivar para superar dichas presiones.

Deterioración Fisiológica de la Yuca después de la Cosecha

Evaluación de la deterioración

Se utilizó una versión modificada del método de Marriott (1977) para hacer la evaluación de la deterioración de raíces enteras. Se permitió que la deterioración progresara desde el extremo proximal hasta una sección no dañada de 15 cm (extremo distal) la cual se protegió mediante su cubrimiento con una película de PVC. Mediante cortes transversales hechos cada tres días a intervalos de 2 cm y calificados en una escala de 0-10 con base en el área dañada, se obtuvo una evaluación de la deterioración a lo largo de la raíz. Este sistema se utilizó para evaluar la variación en la susceptibilidad a la deterioración tanto en un mismo cultivar como entre cultivares. Se determinó que cada cultivar presenta una variación grande en su susceptibilidad, tal vez dependiendo



1 Reacción a los FNP: 1-2 resistente; 3 tolerantes; 4-5 susceptible.

Figura 16. Efecto de los factores negativos en la producción (FNP) del ecosistema de Caribia en el rendimiento y la reacción de los cultivares de yuca Llanera y Valluna (M Col 113) provenientes de ecosistemas con diferentes FNP. Las variedades se sembraron cada tres meses durante un periodo de 15 meses.

de los parámetros químicos de la raíz o de las condiciones ambientales.

Efectos de las auxinas

Las raíces infiltradas al vacío con auxinas mostraron un aumento en su nivel de deterioración; el ácido indol acético (AIA) a una concentración de 200 ppm aumentó los niveles de deterioración en un promedio del 53.8% y de 100 ppm en un 27%.

Cuadro 14. Efectos ecosistema/cultivar en la germinación, producción de estacas y rendimiento de cultivares susceptibles y resistentes a los factores negativos en la producción (FNP) existentes en cuatro ecosistemas.

Ecosistema	Origen de las estacas	Germinación (%)		No. de estacas		Rendimiento (ton/ha)	
		Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible	Resistente
Carimagua	CIAT-Palmira	99	100	3	4	0.9	14.3
	Carimagua	50	99	-	-	-	-
Popayán	CIAT-Palmira	92	97	-	-	2.4	20.0
	Popayán	83	84	1	3	2.0	18.0
Caribia	CIAT-Palmira	97	93	8	13	18.2	25.3
	Caribia	42	86	4	15	1.7	16.8
Media Luna	CIAT-Palmira	73	98	5	10	9.5	25.6
	Media Luna	56	96	-	-	-	-

Cuadro 15. Cambio en el porcentaje de deterioración de las raíces, producido por el ácido naftalenacético (ANA) a una concentración de 200 y 500 ppm aplicado a plantas de M Col 22 podadas y sin podar, a intervalos entre poda y cosecha de dos y tres semanas.

Concentración de ANA (ppm)	Plantas podadas		Plantas sin podar	
	2 semanas	3 semanas	2 semanas	3 semanas
200	-43.5	+1.4	-0.7	-31.6
500	-37.3	+84	-5.1	-45.3

Sin embargo, las raíces de plantas podadas y sin podar, tratadas con ácido naftalenacético (ANA) en pasta de lanolina, a una concentración de 200 y 500 ppm (la concentración efectiva para alcanzar la raíz hubiera sido mucho menor que este nivel), mostraron disminuciones en su susceptibilidad a la deterioración (Cuadro 15). Aún las plantas sin podar presentaron disminuciones significativas en su deterioración cuando el intervalo entre la poda y la cosecha fue de tres semanas. Aparentemente la concentración de las auxinas es un factor decisivo en la respuesta a la deterioración.

Correlaciones con parámetros químicos de la raíz

Plantas de cuatro cultivares (M Col 22, Llanera, M Ven 218 y CMC 40) se cosecharon en cinco edades diferentes (7, 9, 11, 13 y 15 meses) y se obtuvieron datos sobre contenidos

de almidón, cianuro (total y libre), materia seca y sobre niveles de deterioración. En otra cosecha hecha dos meses más tarde se tomaron datos similares.

Los resultados muestran una amplia variabilidad en casi todos los parámetros para cada cultivar en las distintas edades. En M Col 22, la cosecha de agosto dio niveles totales de cianuro entre 44 y 81 ppm, niveles de deterioración del 60 al 87% y contenidos de almidón del 32-36%. Sin embargo, los niveles de almidón fueron más estables en la variedad Llanera (30%) y en M Ven 218 (32%).

Las correlaciones en cada cosecha y entre cosechas mostraron varias relaciones existentes entre los diversos parámetros (Cuadro 16). En general, se encontró que la

Cuadro 16. Correlaciones entre diversos parámetros de la raíz obtenidos para M Col 22, Llanera, CMC 40 y M Ven 218 en dos fechas de cosecha a un intervalo de dos meses.¹

	Deterioración	Almidón	HCN total	HCN libre	HCN libre/total	Materia seca	Edad
Deterioración	-	+0.698**	+0.209	+0.120	-0.074	+0.317	+0.029
Almidón	+0.633** ²	-	-0.070	-0.076	-0.013	+0.519*	-0.269
HCN total	-0.164	-0.293	-	+0.789**	-0.040	+0.066	+0.274
HCN libre	-0.332	+0.011	+0.541*	-	+0.546	+0.029	+0.398
HCN libre/total	-0.183	+0.035	-0.440	+0.460*	-	+0.189	+0.323
Materia seca	+0.372	+0.470*	-0.390	-0.297	+0.196	-	+0.132
Edad	-0.217	+0.183	+0.159	+0.400	+0.296	+0.166	-

¹ Las cifras por encima de la diagonal corresponden a la cosecha de agosto; las cifras por debajo de la diagonal corresponden a la cosecha de octubre.

² * = significativo a un nivel de P = 0.05; ** = significativo a un nivel de P = 0.01.

Cuadro 17. Correlaciones de parámetros entre dos cosechas, tanto para parcela/parcela como para edad/edad.

Parámetro	Coeficiente de correlación	
	Entre parcelas	Entre edades de las plantas
Deterioración	+0.728* ¹	+0.849**
Almidón	+0.465	+0.608**
HCN total	+0.628**	+0.568**
HCN libre	+0.493*	+0.367
HCN libre/total	+0.289	+0.049
Materia seca	+0.362	+0.456*

1 * = significativo a un nivel de $P = 0.05$; ** = significativo a un nivel de $P = 0.01$.

deterioración se correlaciona positivamente con el contenido de almidón en las raíces ($r=0.627$, $P=0.01$ para ambas cosechas combinadas) y no con otro parámetro. Es interesante indicar que no existe relación entre la deterioración y la edad.

Hay indicaciones de una correlación negativa entre el contenido total de cianuro en las raíces y la deterioración en cada cultivar. En los experimentos en los que se realizaron estos análisis en raíces individuales se encontró una correlación positiva entre la deterioración y el contenido de cianuro libre en las raíces ($r=0.738$, $P=0.05$). En trabajos futuros se intentará clarificar estas relaciones.

Los diversos parámetros mostraron una buena correlación entre las dos cosechas, tanto en la misma parcela

como en plantas de la misma edad pero de parcelas diferentes (Cuadro 17).

Inducción de la deterioración

Se indujo estriado vascular en tajadas de raíces frescas cuando éstas se colocaron en contacto con tejido ya deteriorado, en condiciones asépticas durante 24 horas. El estriado apareció solamente debajo del área de contacto. En un experimento con 20 repeticiones, el número de vasos deteriorados en los testigos de tejido fresco, fue mínimo (3.6 cm^{-2}), en tanto que el tejido deteriorado produjo 47.0 cm^{-2} debajo del área de contacto y solamente 0.3 cm^{-2} en las mismas tajadas, fuera del área de contacto. Esta es otra evidencia de la presencia de un factor iniciador transferible.

DESARROLLO DE GERMOPLASMA

A finales de 1978, la sección de Desarrollo de Germoplasma se creó como una unidad nueva dentro del Programa de Yuca del CIAT. Esta nueva sección tiene la responsabilidad de coleccionar, mantener, evaluar y distribuir germoplasma de yuca y mejorar genéticamente el cultivo hacia varias metas ampliamente definidas.

Durante 1979, las principales actividades se concentraron en la recopilación y computarización de datos sobre el germoplasma de yuca, el desarrollo de un sistema mejorado para el mantenimiento de germoplasma en el campo, la evaluación de accesiones de germoplasma en localidades con condiciones de estrés (Carimagua, Popayán y la Guajira) y la iniciación de un programa de mejoramiento genético para desarrollar poblaciones que sirvan de fuente de materiales para la adaptación a las áreas donde se cultiva yuca que presentan condiciones de estrés moderado y severo.

Colección y Mantenimiento de Germoplasma

El estado actual de la colección de germoplasma de yuca del CIAT se presenta en el Cuadro 18.

Aunque en Colombia se han hecho colecciones extensivas y casi completas, aún hay áreas de donde no se tienen genotipos o sólo existen muy pocos. Algunos ejemplos de estas áreas son los Llanos Orientales, Amazonas, Chocó y la parte suroccidental de Colombia. Las colecciones futuras en Colombia se concentrarán en estas áreas.

Durante 1978-79 se realizaron en Colombia tres viajes de colección. El primero se hizo en el Departamento del Huila, en sitios localizados a alturas de más de 1500 m, con el propósito de aumentar la frecuencia de accesiones adaptadas a los climas frescos y tolerantes a la mancha foliar por Phoma. Los 27 clones colectados se están evaluando en Popayán y ya varios materiales aparecen como promisorios por su buena adaptación. En los Llanos Orientales, cerca de Yopal, Casanare, se realizó una segunda colección en la cual se obtuvieron 34 materiales. Actualmente estos materiales se están evaluando en Carimagua como fuentes de resistencia a la bacteriosis, al superalargamiento y adaptación a los suelos ácidos e infértiles. A finales de 1979 se realizó una expedición al Amazonas cerca de Leticia, Colombia, donde se colectaron 150 cultivares. En esta área anteriormente sólo se había

colectado poco material a pesar de que uno de los genotipos del CIAT (M Col 1684) ha dado los mayores rendimientos en varias localidades, proviene de Leticia. Este año se introdujeron al CIAT 84 variedades cubanas las cuales se están evaluando en CIAT-Palmira.

Evaluación de Germoplasma

Casi todas las accesiones de germoplasma de yuca han sido observadas en CIAT-Palmira en una evaluación preliminar por rendimiento, forma y calidad de raíces, hábito de crecimiento de la planta y otras características (Informes Anuales del CIAT, 1973-1975). Después de esta evaluación inicial, se ha hecho énfasis en la evaluación del material por su comportamiento en cuatro ambientes de

Cuadro 18. Estado actual de la colección de germoplasma de yuca del CIAT.

País de origen	No. de accesiones
Colombia	1707
Venezuela	205
Ecuador	131
Perú	99
Cuba	67
México	67
Brasil	53
Panamá	21
Puerto Rico	16
Costa Rica	15
República Dominicana	5
Paraguay	4
Bolivia	3
Total	2393

estrés entre moderado y alto en Colombia: Carimagua (bajo pH del suelo, bajo P disponible, bacteriosis, antracnosis, superalargamiento); la costa norte (sequía, ácaros, *Cercospora* sp.); Popayán (bajas temperaturas, mancha foliar por Phoma, antracnosis); y CIAT-Quilichao (bajo pH, bajo P disponible, sequía, trips). Estas localidades presentan combinaciones de varios de los principales factores de estrés que se presentan en una alta proporción de las áreas del mundo actualmente cultivadas de yuca y de las potencialmente productoras.

El objetivo principal es identificar genotipos con tolerancia/resistencia moderada-alta a una combinación de todos los factores limitantes de la producción, en vez de centrar la atención en características individuales. En todos los ambientes, el rendimiento final es la medida integral de la tolerancia a todos los factores de estrés y el rendimiento potencial. En todas las localidades se han encontrado cultivares con resistencia amplia.

Carimagua

Durante la estación de cultivo de 1978-79, se evaluaron 1370 accesiones de germoplasma por su adaptación a las condiciones de Carimagua. La mayoría fue altamente susceptible tanto a la bacteriosis como al superalargamiento (Informe Anual del CIAT, 1978). Se seleccionaron 103 accesiones con base en su rendimiento de raíces, índice de cosecha y resistencia a enfermedades. Estas se sembraron en parcelas grandes para su reevaluación. La mayor parte de los materiales restantes del banco de germoplasma que no se había evaluado anteriormente en Carimagua se sembró en parcelas de una sola hilera con repeticiones. Al igual que en las evaluaciones anteriores, sólo un pequeño porcentaje mostró niveles moderados-altos de resistencia al CBB y al superalargamiento.

Popayán

Se cosecharon y reseleccionaron los ensayos preliminares de selección sembrados el año pasado en Popayán. Se escogieron como promisorias tres accesiones del germoplasma (M Col 741, M Col 862 y M Col 1292) y dos híbridos (CM 35-36 y CM 327-55) y se sembraron en un ensayo repetido de rendimiento. Se han hecho pocas hibridaciones específicamente por adaptación a este ambiente; en consecuencia, se pueden esperar ganancias significativas de los cruzamientos hechos entre las mejores accesiones de germoplasma.

Se desarrolló un formato estandarizado para la colección de materiales con el fin de maximizar la información disponible sobre cada accesión nueva.

El número de accesiones traídas al CIAT de colecciones de programas nacionales aumentará en el futuro puesto que el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, aprobó la introducción de material de otros países mediante la técnica del cultivo de meristemos. Esta metodología facilitará los procedimientos de cuarentena y asegurará la introducción de material limpio al CIAT. La primera colección introducida al CIAT mediante este método provino del norte de Perú. Se dará alta prioridad al germoplasma de yuca de Brasil, puesto que esta colección representa una de las fuentes de variabilidad más grandes del mundo. El cultivo de meristemos también aumenta las posibilidades de enviar material del CIAT a los programas nacionales para la evaluación e incorporación en sus respectivos programas de mejoramiento genético.

La Unidad de Recursos Genéticos tiene a su cargo la limpieza del banco de germoplasma utilizando el cultivo de meristemos en cada accesión. Eventualmente todas las accesiones de yuca pasarán por el cultivo de meristemos para su almacenamiento en el laboratorio en tubos de ensayo y para eliminar la posible acumulación de virus y otros organismos patógenos en los clones que han sido propagados vegetativamente durante muchas generaciones (véase la sección sobre Cultivo de Tejidos de Yuca).

Al CIAT se introdujo semilla de 13 especies silvestres de *Manihot* provenientes de la colección del Dr. N.M.A. Nassar quien trabaja en la Universidad Federal de Paraíba, Areia, Brasil. Estos materiales se evaluarán por sus contribuciones potenciales al mejoramiento genético de la yuca y por sus posibilidades de cruzamiento con la yuca cultivada.

Media Luna

El año pasado, la sección de Fitopatología inició una evaluación de 392 accesiones de germoplasma en Media Luna, en la costa norte de Colombia. Los ensayos pretenden determinar si existe una base de germoplasma más amplia que la actualmente conocida, con buena adaptación a las condiciones de esa región. Se seleccionaron 101 accesiones con base en su rendimiento de raíces, índice de cosecha y resistencia a los factores adversos del área; estos materiales se sembraron en un ensayo de rendimiento repetido.

Fonseca

Los ensayos en Fonseca, Guajira, fueron iniciados el año pasado por la sección de Entomología para el estudio de la dinámica de población de ácaros (*Mononychellus*) y

resistencia de la planta hospedante. Esta localidad proporciona un ambiente muy efectivo para seleccionar por resistencia a los ácaros y tolerancia a la sequía. Por consiguiente, en 1979 se inició una selección más extensiva del germoplasma. Hasta el momento se están evaluando 314 accesiones del germoplasma y 12 híbridos, lo cual se está haciendo en ensayos de una sola hilera con dos repeticiones. Una de las repeticiones recibirá riego, de tal manera que el único estrés provendrá del ataque de ácaros; la otra repetición estará sujeta tanto a la falta de agua como al ataque de ácaros. De esta manera será posible obtener un indicativo de la severidad del ataque de ácaros con relación a la falta de agua.

Desarrollo de Fuentes de Germoplasma

Aunque la colección de germoplasma de yuca del CIAT cubre una amplia gama de variabilidad genética, es deseable tener una mayor definición y mejoramiento de características con el fin de hacer que este recurso sea más fácilmente utilizable por los fitomejoradores en los programas nacionales. Las actividades de mejoramiento genético de la sección de Desarrollo de Germoplasma no están encaminadas hacia la obtención de un producto terminado, sino de fuentes de variabilidad que posteriormente puedan ser adaptadas y refinadas por los programas nacionales y por la sección de Mejoramiento Varietal. Es necesario definir los diferentes ambientes y para cada uno de ellos se debe desarrollar un banco independiente de genes con una amplia base genética a fin de que haya una amplia gama de oportunidades para la selección de materiales. La definición de los ambientes para selección sigue algunas características de las principales regiones yuqueras actuales y potenciales. Los bancos de recursos de genes tendrán una amplia base de germoplasma con las características necesarias de adaptación/resisten-

cia, para su posterior selección por alto potencial de rendimiento y calidad de las raíces.

Actualmente se están desarrollando tres bancos de genes. Los ambientes para selección en Carimagua, Guajira y Popayán se seleccionaron como representativos de las diversas combinaciones de factores adversos que se presentan en una gran proporción de las áreas productoras de yuca. Se espera que con unos pocos ciclos de selección y recombinación se desarrolle una población bien adaptada para cada área después de lo cual se podrá hacer más énfasis en las características del rendimiento y de la calidad.

Además de la formación de bancos de genes básicos descritos anteriormente, se están adelantando estudios sobre la variabilidad dentro del germoplasma de yuca del CIAT por madurez, contenido de HCN en las raíces y deterioración después de la cosecha.

Selección Rápida por Contenido de Almidón en las Raíces

El contenido de almidón en las raíces es de importancia crítica para la calidad y la aceptabilidad de la yuca en el mercado (Informe Anual del CIAT, 1978). Un programa de mejoramiento genético se beneficiaría de un método rápido de selección en etapas tempranas, con el fin de acelerar el progreso en la combinación de alto contenido de almidón y las características de buen rendimiento y adaptabilidad. Para el efecto se simplificó el método basado en la relación existente entre la gravedad específica y el contenido de almidón. Las muestras de las raíces se toman con un sacacorchos y éstas se pasan por una serie de soluciones de NaCl con diferentes gravedades específicas (Cuadros 19 y 20). El contenido de almidón se puede medir

Cuadro 19. Concentración de NaCl y gravedad específica de soluciones utilizadas en la selección rápida por contenido de almidón en raíces de yuca.

Concentración de NaCl (g/l)	Gravedad específica (24°C)	Contenido de almidón (%)
50.5	1.0350	20
99.3	1.0675	25
150.5	1.1005	30
203.5	1.1330	35
256.1	1.1660	40

mediante la gravedad específica de la solución en la cual la muestra flota primero, desde la menor hasta la mayor gravedad específica.

El principio es igual al del método tradicionalmente utilizado para determinar la gravedad específica por peso en aire y peso en agua, pero la toma de las muestras se hace

en un tiempo considerablemente menor. Los dos métodos se compararon y se obtuvo una correlación altamente significativa entre ellos (Figura 17). Además de su utilidad como un método rápido de selección, esta técnica se podría utilizar como un método simple de evaluación en donde no se disponga de las facilidades para hacer una determinación más precisa.

Cuadro 20. Cambio en la gravedad específica de una solución de NaCl después de pasar un número diferente de muestras de raíces de yuca.

Concentración inicial de NaCl (g/l)	No. de muestras pasadas			
	50	100	150	250
50.5	2.8 ¹	6.3	6.3	8.7
99.3	3.4	4.7	4.7	7.2
150.5	1.5	4.9	4.7	6.3
203.5	3.1	3.1	4.6	7.5
256.1	1.9	1.9	1.9	3.0

1 Porcentaje de disminución de la gravedad específica en comparación con la de la solución original.

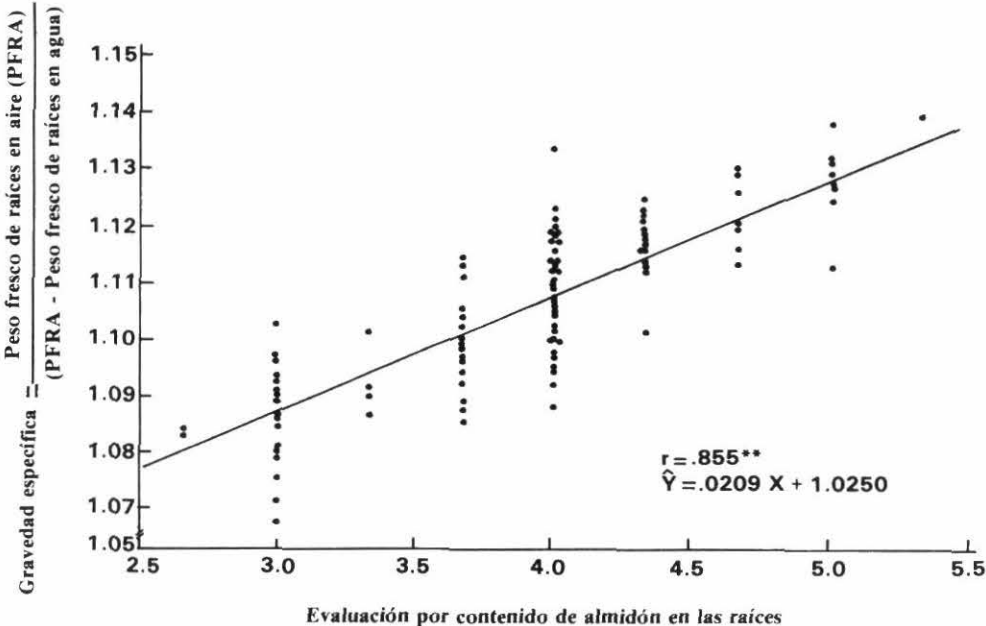


Figura 17. Relación lineal entre el método de selección rápida por contenido de almidón y el método tradicional de la gravedad específica de las raíces. (Los datos de la gravedad específica fueron tomados de los ensayos realizados en la sección de Mejoramiento Varietal.)

MEJORAMIENTO VARIETAL

Ensayos de Rendimiento

En CIAT-Palmira, Caribia y Carimagua continuaron las hibridaciones, la selección de plántulas F_1 , los ensayos de observación del rendimiento (ensayos de una sola hilera) y los ensayos repetidos de rendimiento.

En CIAT-Palmira, 46 líneas (25% de todos los materiales) dieron un promedio superior a 50 ton/ha/año y el rendimiento máximo fue de 82.2 ton/ha/año (Figura 18). Estas líneas sobrepasaron considerablemente el rendimiento de las mejores accesiones del germoplasma (M Ven 218 y M Col 1684) y del cultivar local (M Col 113 o Valluna). El contenido de materia seca de las raíces generalmente fue alto, con un promedio de 0.335.

En Caribia se obtuvo un resultado similar (Figura 19). Varias líneas dieron un rendimiento de más de 50 ton/ha/año y el máximo rendimiento fue de 66.4 ton/ha, obtenido con la variedad CM 323-403 la cual se cosechó nueve meses después de la siembra. La mejor accesión del germoplasma (M Col 1684) fue tan buena como las mejores líneas híbridas.

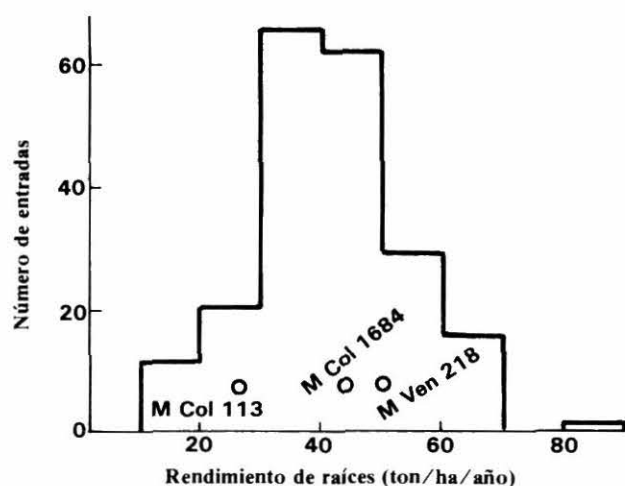


Figura 18. Distribución de frecuencia de las líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de productividad en los ensayos repetidos de rendimiento realizados en CIAT-Palmira, 1979.

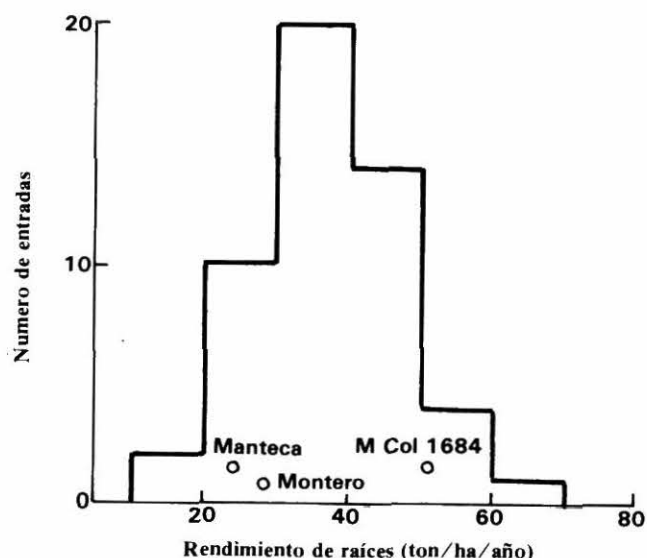


Figura 19. Distribución de frecuencia de las líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de productividad en los ensayos repetidos de rendimiento realizados en Caribia, 1979.

Un bajo contenido de materia seca de las raíces ha sido la característica general de las cosechas en Caribia. Se cree que la alta temperatura es la causa principal de este bajo contenido de materia seca. En Caribia, una cosecha realizada a los ocho meses después de la siembra dio un rendimiento promedio para todos los genotipos, de 27.3 ton/ha, con un contenido promedio de materia seca de 0.322. En la cosecha a los 12 meses, el rendimiento promedio fue de 35.9 ton/ha y el contenido de materia seca fue de 0.280. Varias líneas tales como CM 91-3, CM 342-170, CM 430-9 y CM 440-5 dieron un rendimiento promedio de 40 ton/ha y un contenido de materia seca de 0.34 en la cosecha realizada a los ocho meses. La mayoría de los genotipos presentaron una buena calidad comestible en la cosecha de los ocho meses, en tanto que pocos mantuvieron una calidad comestible aceptable en la cosecha a los 12 meses.

Es evidente que el bajo contenido de materia seca de las raíces es una característica general de la yuca en climas de altas temperaturas, pero la cosecha temprana puede resolver el problema en alguna medida. Los resultados también indican que se debe considerar la selección por producción temprana.

En Carimagua, la resistencia al CBB y al superalargamiento ha sido una característica prioritaria. Otras causas de bajos rendimientos en esa localidad son la baja fertilidad del suelo y los insectos plaga. El rendimiento promedio obtenido en Carimagua fue mucho más bajo que el logrado en CIAT-Palmira y Caribia. En un ensayo sembrado en mayo, cinco líneas sobrepasaron el rendimiento del mejor cultivar local M Col 638 (Figura 20). En el ensayo de octubre, aproximadamente el 50% de las líneas sobrepasaron en rendimiento a M Col 638 y a otros ocho genotipos, incluyendo la mejor accesión de germoplasma, M Col 1684, con un rendimiento de más de 25 ton/ha/año (Figura 21).

Se compararon los niveles de resistencia al CBB y al superalargamiento de las poblaciones más recientes (las de los ensayos repetidos de rendimiento sembrados en junio, 1979) con los de la población original de germoplasma sembrada en 1974 (Figuras 22 y 23). El efecto de la selección en Carimagua por resistencia al CBB y al superalargamiento ha sido altamente significativo.

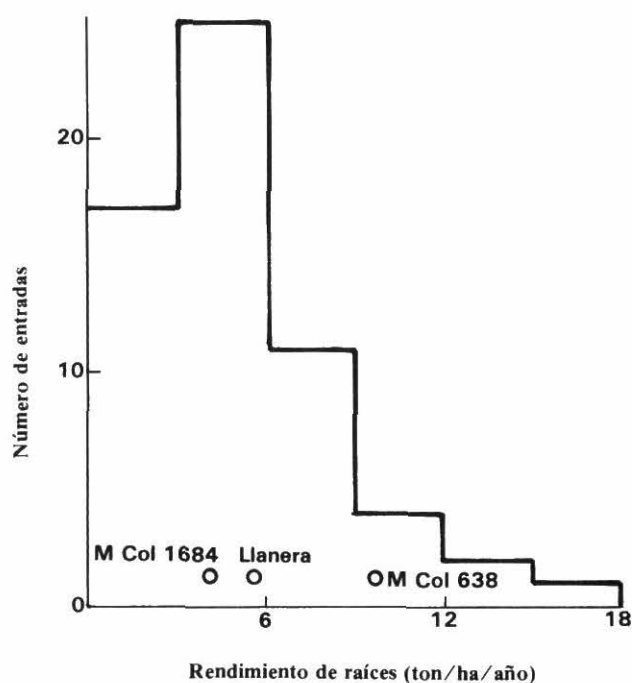


Figura 20. Distribución de frecuencia de las líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de productividad en el ensayo repetido de rendimiento realizado en mayo en Carimagua, 1979.

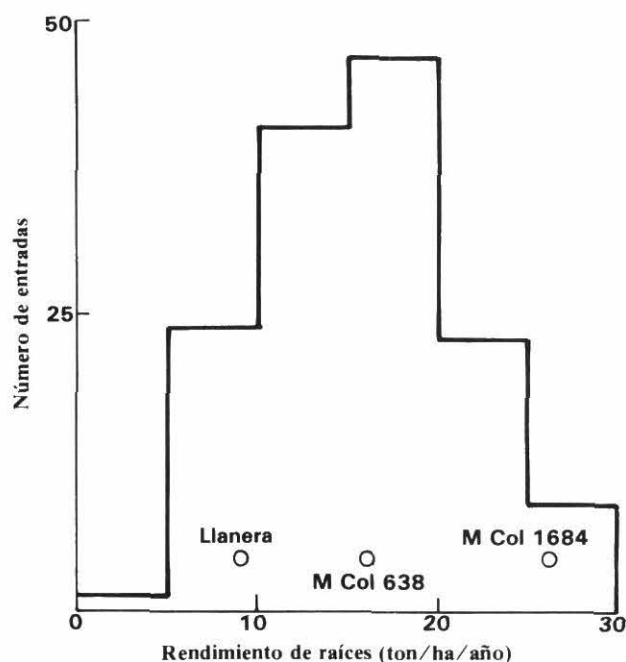


Figura 21. Distribución de frecuencia de las líneas de yuca del CIAT en diferentes niveles de productividad en el ensayo repetido de rendimiento realizado en octubre en Carimagua, 1979.

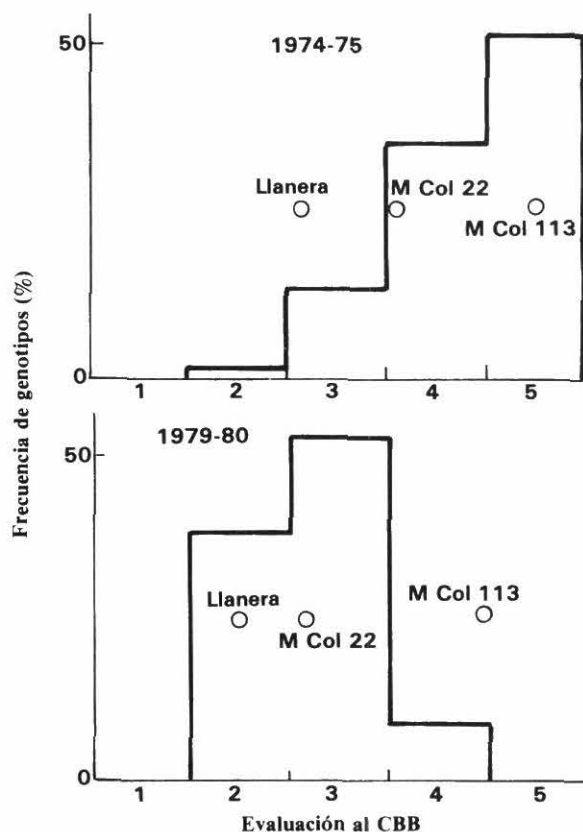


Figura 22. Comparación de las reacciones al CBB entre poblaciones no seleccionadas (accesiones originales del germoplasma en 1974-75) y seleccionadas (líneas del CIAT de 1979-80) en Carimagua.

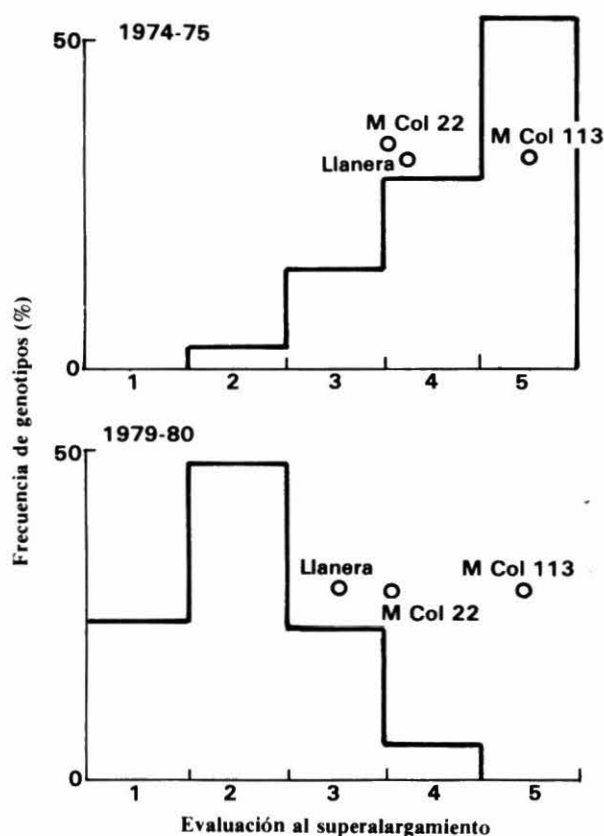


Figura 23. Comparación de las reacciones al superalargamiento entre poblaciones no seleccionadas (accesiones originales del germoplasma en 1974-75) y seleccionadas (líneas del CIAT de 1979-80) en Carimagua.

Accesiones Sobresalientes de Germoplasma

Durante varios años de evaluaciones repetidas en CIAT-Palmira y también fuera de esta localidad, se ha venido confirmando que las siguientes accesiones de germoplasma sobresalen y merecen una descripción especial (Cuadro 21).

M Col 1684

En términos de rendimiento y amplia adaptabilidad, M Col 1684 es sin duda alguna el mejor material entre todas las accesiones de germoplasma. Es moderadamente resistente al CBB y al superalargamiento y presenta buena adaptación a los ecosistemas de Caribia y Carimagua. Su alto rendimiento se debe principalmente a su índice de cosecha extremadamente alto. Los inconvenientes de M Col 1684 incluyen el alto contenido de HCN, alta susceptibilidad a los trips y la dificultad para su cosecha.

Las raíces son amargas y no son aceptables para el consumo fresco. La alta susceptibilidad a los trips puede ser la causa de sus rendimientos relativamente inestables en ciertas localidades como ocurre en CIAT-Palmira.

M Col 1684 fue originalmente colectada por el ICA en el área de Leticia, Colombia, y se registró en la colección de germoplasma de yuca del ICA como CMC 163. M Col 1684 recibió mayor atención en 1974 cuando mostró un índice de cosecha muy alto en una evaluación de germoplasma realizada en CIAT-Palmira. Ocupó el noveno lugar entre 230 accesiones seleccionadas las cuales se evaluaron en un ensayo repetido de rendimiento en 1975. Se hizo un reconocimiento especial a M Col 1684 al sobrepasar significativamente el rendimiento de otras accesiones de germoplasma en Caribia y Carimagua en 1976.

Desde 1975 se han producido 21,000 semillas híbridas con M Col 1684, de las cuales alrededor de 5000 han sido distribuidas a programas nacionales en América Latina y Asia. En pruebas de selección de plántulas en Carimagua se han sembrado aproximadamente 18,000 semillas obtenidas por polinización abierta, en cuya genealogía está incluida la de M Col 1684. Además, se han despachado a los programas nacionales 45,000 semillas obtenidas por polinización abierta. Algunas selecciones obtenidas de los últimos cruzamientos con M Col 1684, tales como CM 507-34 y CM 507-37 (Llanera x M Col 1684) están presentando resultados promisorios tanto en CIAT-Palmira como en Carimagua.

M Col 1468

M Col 1468 se conoce ampliamente en Brasil con el nombre de Mantequeira. Fue una variedad desarrollada por el Instituto Agronómico de Campinas en Brasil y registrada en la colección del ICA, en Colombia, como CMC 40. A pesar de que no da rendimientos tan altos como M Col 1684, ni tampoco presenta amplia adaptabilidad, sus rendimientos son razonablemente altos bajo diversas condiciones. Sus características indeseables incluyen el bajo contenido de materia seca en las raíces, la susceptibilidad a los trips, la susceptibilidad a la pudrición de las raíces antes de la cosecha y el volcamiento. Se produjeron aproximadamente 1000 semillas híbridas; varias selecciones entre éstas, tales como CM 343-52 y CM 342-170 (M Col 22 x M Col 1468), se están evaluando intensivamente.

Cuadro 21. Características de líneas promisorias y accesiones del germoplasma de yuca que han presentado un buen comportamiento dentro y fuera del ecosistema de CIAT-Palmira.

Genotipo	Cruzamiento (año)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha/año)				Contenido de almidón	Calidad de consumo	Facilidad cosecha	Reacciones a: ¹	
		CIAT	Caribia	Villavicencio	Carimagua				CBB	Superalargamiento
<u>Líneas promisorias</u>										
CM 430-37	Llanera x M Col 647 (1974)	64	36	27	14-23	Medio	Buena	Promedio	MR	MR
CM 91-3	M Col 688 x Llanera (1973)	43-49	42	-	10-22	Medio	Buena	Promedio	MR	MR
CM 430-9	Llanera x M Col 647 (1974)	40-52	43	-	10-20	Medio	Buena	Promedio	MR	MR
CM 440-5	Llanera x M Col 647 (1974)	43-54	49	-	10-25	Medio	Buena	Promedio	MR	MR
CM 523-7	M Col 655A x M Col 1515 (1975)	46	-	-	15-28	Alto	Buena	Promedio	R	R
CM 321-188	M Col 22 x M Ven 270 (1973)	61-67	42-52	24	5-14	Alto	Buena	Fácil	S	S
CM 489-1	M Col 822 x M Ven 270 (1975)	79	41	33	-	Medio	Aceptable	Fácil	S	S
CM 323-403	M Col 22 x M Mex 59 (1973)	-	48-66	-	-	Bajo	Mala	Fácil	S	S
CM 342-170	M Col 22 x M Col 1468 (1973)	14-28	42-51	-	-	Medio	Buena	Fácil	S	S
<u>Accesiones del germoplasma</u>										
M Col 1684		25-51	23-50	31	10-26	Bajo	Inaceptable	Difícil	MR	MR
M Col 1468		31-46	25-40	24	12-22	Bajo	Aceptable	Fácil	MR	S
M Ven 218		32-60	21-37	-	5-15	Alto	Buena	Difícil	S	MR
<u>Testigos</u>										
Llanera		20-29	9-30	14	5-15	Bajo	Buena	Difícil	MR	MR
M Col 22		13-31	21-44	18	4-19	Alto	Buena	Fácil	S	S

¹ Evaluación para el añublo bacterial de la yuca (CBB) y el superalargamiento: S = susceptible; MR = moderadamente resistente; R = resistente.

M Ven 218

M Ven 218 se incluyó por primera vez en los ensayos de rendimiento con germoplasma seleccionado en CIAT-Palmira en 1975; bajo las condiciones de CIAT-Palmira ha dado rendimientos de 30-60 ton/ha/año y ocasionalmente ha dado buenos rendimientos en Caribia. El contenido de almidón en las raíces es alto y éstas son preferidas para su consumo fresco. Las principales desventajas de esta variedad incluyen la susceptibilidad al CBB y la dificultad de la cosecha. Hay otras accesiones que presentan características similares a las de M Ven 218. Aproximadamente 6500 semillas híbridas han incluido a M Ven 218 o tipos similares como progenitores. Los cruzamientos con tipos resistentes al CBB han dado resultados favorables en el ecosistema de Carimagua.

Líneas Promisorias

Anualmente pasan a la sección de Agronomía para su multiplicación y siembra en la red de pruebas regionales entre 6 y 10 líneas. Estas líneas promisorias se pueden agrupar en la siguiente clasificación (Cuadro 21).

Líneas con un comportamiento estable

CM 430-37 ha demostrado una estabilidad de rendimiento relativamente buena en diferentes localidades — 64 ton/ha/año en CIAT-Palmira, 36 ton/ha/año en Caribia, 27 ton/ha/año en Villavicencio y 23 ton/ha/año en Carimagua— aunque su rendimiento nunca ha sido excepcionalmente alto en cualquiera de ellas. CM 430-37 es una de las mejores selecciones obtenidas del cruzamiento entre el cultivar Llanera y M Col 647, ambos provenientes de los Llanos Orientales. Es significativamente mejor que el cultivar Llanera en lo que respecta a su índice de cosecha, facilidad de cosecha, contenido de materia seca en las raíces y resistencia al CBB. CM 91-3, CM 391-2, CM 430-9 y CM 440-5 son líneas similares.

Líneas con resistencia al CBB y superalargamiento

CM 523-7 ocupó el primer lugar en los ensayos de rendimiento realizados en Carimagua (15 ton/ha/año en la siembra de mayo y 28 ton/ha/año en la de octubre) aunque su rendimiento en CIAT-Palmira fue pobre. Es una línea resistente al CBB y al superalargamiento y presenta alto contenido de materia seca en las raíces (37-38% en Carimagua y 39% en CIAT-Palmira). Esta resistencia combinada en una línea junto con un alto contenido de materia seca, es nueva puesto que tipos anteriores

adaptados a los Llanos Orientales, tales como Llanera, M Col 647, M Col 638, M Col 1684 o M Ven 77, presentan un bajo contenido de materia seca. Aunque otras líneas presentan niveles aún mayores de resistencia que CM 523-7, sus rendimientos no han sido significativos.

Líneas de alto rendimiento bajo buenas condiciones

CM 489-1 da muy buenos rendimientos en CIAT-Palmira (79 ton/ha/año), Caribia (41 ton/ha/año) y Villavicencio (33 ton/ha/año). CM 321-188 ha dado un rendimiento consistentemente alto en CIAT-Palmira (61 y 67 ton/ha/año) y Caribia (42 y 52 ton/ha/año). Sin embargo, su alta susceptibilidad al CBB y al superalargamiento restringe su utilización en áreas afectadas por estas enfermedades.

Líneas adaptadas a tierras bajas de climas cálidos

CM 323-403 ocupó el segundo lugar (48 ton/ha/año) en el ensayo realizado en Caribia en 1977 y el primer lugar en 1978 (52 ton/ha/año) y 1979 (66 ton/ha/9 meses). La segunda y tercera siembra de esta línea se hizo utilizando estacas producidas localmente. Esto indica la buena adaptación de esta línea a las condiciones de Caribia. Su comportamiento no ha sido sobresaliente bajo las condiciones de CIAT-Palmira. CM 342-170 ha demostrado una tendencia similar al de la línea CM 323-403.

El Índice de Cosecha para Seleccionar en Diferentes Ambientes

La selección por un índice de cosecha más alto ha sido la herramienta principal para obtener genotipos de alto rendimiento. Para probar si el índice de cosecha es un criterio válido de selección en una amplia gama de condiciones ambientales, se analizaron las relaciones entre el índice de cosecha y el rendimiento de raíces y entre el peso total de la planta y el rendimiento de raíces, en diferentes niveles de rendimiento y distintas localidades. Los datos utilizados se tomaron de seis ensayos repetidos de rendimiento realizados en CIAT-Palmira, tres en Caribia y tres en Carimagua, durante los últimos tres años (Cuadro 22). Aunque los genotipos utilizados no fueron los mismos en todos los ensayos, se incluyeron muchos genotipos comunes. Por consiguiente, el rendimiento promedio de todos los genotipos en cada ensayo se puede considerar como un indicador del nivel de productividad ambiental. Un ensayo sobre siembra temprana en

Carimagua permitió hacer un análisis del menor rendimiento, con un promedio de 4.9 ton/ha/año, en tanto que un ensayo en CIAT-Palmira dio el ambiente de rendimiento más alto con un promedio de 42.1 ton/ha/año.

En ambos ambientes, el índice de cosecha dio una alta correlación con los rendimientos de raíces (Figura 24). La importancia relativa del índice de cosecha fue alta en todas las localidades y niveles de rendimiento. La importancia relativa del peso total de la planta tendió a ser mayor en el ambiente de bajo rendimiento que en el de alto rendimiento. Por lo tanto, el peso total de la planta fue menos importante que el índice de cosecha en CIAT-Palmira, mientras que tuvo la misma importancia en Caribia. En Carimagua el peso total de la planta pareció ser ligeramente más importante que el índice de cosecha.

En un análisis de varianza de una serie de experimentos para probar genotipo x ambiente, se calculó la variabilidad del rendimiento de raíces, el índice de cosecha y el peso total de la planta (Cuadro 23). En este caso, la heredabilidad se puede utilizar como un indicador de estabilidad de cada carácter del rendimiento en los diferentes ambientes. El valor real de la heredabilidad se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{V_G}{V_G + V_{G \times E} + V_E}$$

en donde V= varianza, G= genotipo, G x E= genotipo por ambiente y E=error.

Cuadro 22. Relación entre el índice de cosecha y el peso total de la planta con el rendimiento de raíces bajo diversas condiciones ambientales. (Datos de los ensayos repetidos de rendimiento, 1977-79.)

Localidad	Rendimiento promedio del ensayo (ton/ha)	r_{YA}	$\sqrt{V_A/V_Y}^1$	r_{YB}	$\sqrt{V_B/V_Y}^1$
Carimagua	4.9	0.813**	0.615	0.840**	0.530
Carimagua	15.3	0.691**	0.406	0.932**	0.748
Carimagua	19.1	0.773**	0.640	0.889**	0.712
Caribia	24.1	0.582**	0.710	0.789**	0.738
Caribia	27.3	0.852**	0.690	0.807**	0.436
Caribia	29.8	0.711**	0.499	0.821**	0.760
CIAT-Palmira	26.3	0.840**	0.956	0.242	0.042
CIAT-Palmira	27.8	0.817**	0.907	0.409	0.321
CIAT-Palmira	28.6	0.918**	1.040	0.542	0.254
CIAT-Palmira	30.4	0.763**	0.823	0.551**	0.476
CIAT-Palmira	37.2	0.668**	0.708	0.767**	0.670
CIAT-Palmira	42.1	0.776**	0.767	0.525*	0.404

¹ $\sqrt{V/V}$: Tamaño relativo de la varianza del índice de cosecha o del peso total de la planta al del rendimiento de raíces (las variables se convirtieron a una escala logarítmica). A se refiere al índice de cosecha; B al peso total de la planta; y Y al rendimiento de raíces.

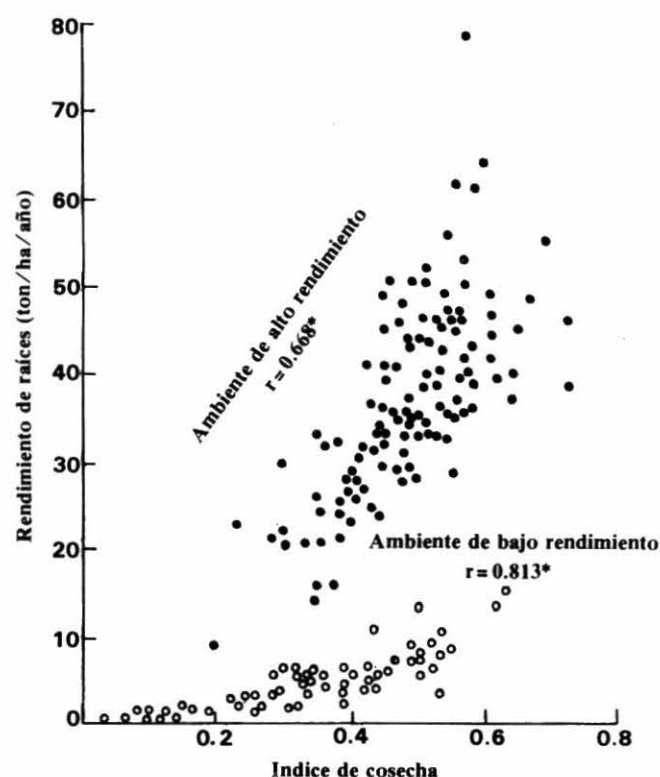


Figura 24. Correlación entre el índice de cosecha y el rendimiento de raíces de yuca en ambientes de alto (CIAT-Palmira) y bajo (Carimagua) rendimiento.

La heredabilidad del índice de cosecha fue mucho mayor que la del rendimiento de raíces y del peso total de la planta en las cuatro combinaciones genotipo x ambiente (Cuadro 23). Esto indica que el índice de cosecha es un carácter altamente estable en una amplia diversidad de ambientes, en tanto que el rendimiento y el peso total de la planta, no.

La yuca es uno de los pocos cultivos en el que el índice de cosecha es un factor decisivo que influye sobre el rendimiento ya sea en ambientes de bajo o de alto potencial de rendimiento. Esto indica que para una amplia gama de ambientes existen factores fisiológicos comunes para un alto rendimiento. Por lo tanto, se justifica la utilización del índice de cosecha como criterio de selección en una amplia gama de ambientes y se puede esperar buen progreso en el mejoramiento del cultivo no sólo en ambientes de alto rendimiento o de bajo estrés sino también en ambientes de bajo rendimiento y alto estrés para la yuca.

Metodología de Mejoramiento Genético por Resistencia al CBB y Superalargamiento

Estimación de pérdidas de rendimiento

La medición de las pérdidas de rendimiento debido a las infecciones simultáneas de CBB y superalargamiento indicaron que ambas enfermedades reducen el rendimiento de raíces de manera aditiva, aunque el efecto del CBB fue mucho mayor que el del superalargamiento, en cualquiera de las situaciones (Cuadro 24). Parece no haber efectos interactuantes entre las dos enfermedades.

Cuadro 23. Heredabilidad del rendimiento de caracteres de yuca calculados de experimentos sobre genotipos x ambiente.

Tipo de experimento	Rendimiento de raíces	Índice de cosecha	Peso total de la planta
Genotipo x localidad ¹	0.350	0.648	0.170
Genotipo x año ²	0.681	0.852	0.341
Genotipo x espaciamiento ³	0.390	0.948	0.522
Poblaciones puras vs. poblaciones mezcladas ⁴	0.542	0.967	0.472

1 Treinta y dos genotipos x 3 localidades (CIAT-Palmira, Caribia y Carimagua).

2 Veinte genotipos x 4 años en CIAT-Palmira.

3 Veinte genotipos x 2 espaciamientos (1 x 1 m y 2 x 2 m) en CIAT-Palmira.

4 Veinte genotipos en poblaciones puras y siembra mezclada con M Col 638 en CIAT-Palmira.

Cuadro 24. Rendimiento de raíces frescas de yuca en diferentes niveles de resistencia al CBB y al superalargamiento en Carimagua. (Datos de ensayos repetidos de rendimiento).

		Rendimiento de raíces frescas (ton/ha/año)				
		Reacción al CBB				Promedio Superalargamiento
		2	3	4	5	
Siembra temprana (n = 59)						
	2	-	-	5.7	3.7	4.7
	3	12.4	7.5	4.4	-	8.8
Reacción al superalargamiento	4	5.9	5.5	3.8	-	5.1
	5	6.1	4.1	2.4	1.3	3.0
Promedio en cada reacción al CBB		9.2	5.6	3.3	1.8	4.9
Siembra tardía (n = 148)						
	2	22.3	17.1	14.3	-	18.5
	3	20.6	18.8	16.9	17.0	18.3
Reacción al superalargamiento	4	-	17.3	14.9	12.2	15.3
	5	-	18.4	13.8	12.4	13.1
Promedio en cada reacción al CBB		21.3	17.8	14.9	12.5	15.4

- 1 Reacción al CBB: 2 = síntomas sólo en las hojas; 3 = hojas y tallos infectados; 4 = muerte descendente en menos del 50% de las plantas; 5 = muerte o muerte descendente del 50% de las plantas.
- 2 Reacción al superalargamiento: 2 = síntomas sólo en las hojas; 3 = síntomas en las hojas de todas las plantas y alargamiento ocasional de tallos; 4 = 50% de las plantas presentan alargamiento de tallos; 5 = muerte de las hojas por la infección.

Efecto de la selección en el campo

Para estudiar el efecto de la selección de campo por CBB y superalargamiento se sembraron tres poblaciones — líneas del CIAT no seleccionadas, líneas seleccionadas en un ensayo de observación del rendimiento realizado en Carimagua, (ensayo de una sola hilera sembrado en abril de 1978) y líneas seleccionadas en un ensayo de plántulas realizado en Carimagua (sembrado en abril de 1978)— en ensayos de una sola hilera en Carimagua, en abril de 1979. Se observó una diferencia significativa entre las poblaciones seleccionadas y no seleccionadas, en tanto que no hubo una diferencia apreciable entre las poblaciones de

líneas seleccionadas y las poblaciones de plántulas seleccionadas (Cuadro 25).

Esto confirma la alta efectividad de la selección de campo por resistencia al CBB y superalargamiento en Carimagua. Los ensayos de una sola hilera (ensayos de observación del rendimiento) constituyen el método de selección más eficiente cuando se requiere evaluar simultáneamente un número considerable de genotipos por rendimiento y resistencia a enfermedades. La selección de plántulas es el mejor método cuando se requiere evaluar un gran número de genotipos principalmente por resistencia a enfermedades.

Cuadro 25. Eficiencia de la selección de campo por CBB y superalargamiento en Carimagua (1978-1979).

Reacción al superalargamiento	No. de líneas					% de líneas en cada nivel de reacción al superalargamiento
	Reacción al CBB					
	1	2	3	4	5	
<u>Sin selección</u> ³						
1	2	4	11	3	8	3.3
2	-	7	4	3	3	2.0
3	3	47	66	47	11	20.5
4	-	36	130	137	49	41.4
5	-	4	80	125	70	32.8
% de líneas en cada nivel de reacción	0.6	11.5	34.2	36.5	16.6	100.0
<u>Selección en ensayos de una sola hilera</u> ⁴						
1	5	6	5	3	-	9.6
2	10	8	8	2	-	14.1
3	19	42	18	9	2	45.5
4	16	28	8	6	2	30.3
5	-	-	-	-	-	0.5
% de líneas en cada nivel de reacción al CBB	25.3	42.4	20.2	10.1	2.0	100.0
<u>Selección de plántulas</u> ⁵						
1	17	14	12	2	-	14.4
2	24	21	5	-	-	16.0
3	35	58	23	2	1	38.0
4	25	34	24	2	-	27.1
5	3	3	5	3	-	4.5
% de líneas en cada nivel de reacción al CBB	33.2	41.5	22.0	2.9	0.3	100.0

1 Ver nota al pie del Cuadro 24 para reacciones al superalargamiento.

2 Ver nota al pie del Cuadro 24 para reacciones al CBB.

3 Líneas del CIAT no seleccionadas.

4 Líneas seleccionadas en ensayos de una sola hilera en Carimagua (18.4% de selección).

5 Líneas seleccionadas en un ensayo de plántulas en Carimagua (3.7% de selección).

Base genética de la variación continua en la resistencia de campo

Se sembraron 36 genotipos en un ensayo realizado en Carimagua para estudiar la infección inicial de la enfermedad y diseminación en plantas hospedantes. En el caso del CBB, el número de hojas infectadas por la enfermedad no se correlacionó cercanamente con el número de tallos que presentaron muerte descendente. Por ejemplo, M Col 638 es un material considerado como resistente al CBB y se comportó como tal en términos del número de hojas infectadas; sin embargo, hubo un número de genotipos que presentó mayor resistencia al CBB que M Col 638 en términos del número de tallos con muerte descendente. Esto indica que para el CBB existen diferentes sistemas genéticos que corresponden a la infección inicial y a la diseminación de la enfermedad por la planta hospedante.

En el caso del superalargamiento, la infección inicial, medida por el número (%) de tallos infectados,

generalmente se correlacionó con la diseminación de la enfermedad, medida por el grado de alargamiento del tallo. Sin embargo, M Col 1684 pareció ser altamente susceptible a la infección inicial pero moderadamente resistente a la dispersión de la enfermedad.

Para estudiar esta situación en mayor detalle, se compararon 13 cruces de M Col 113 y 11 de M Col 22. Cada cruzamiento contenía varias líneas, cada una de las cuales estaba representada por 20 plantas. Aunque no se observó diferencia en el número de tallos infectados entre las dos poblaciones, estas sí presentaron una diferencia en los ejes de regresión del alargamiento del tallo sobre el número de tallos infectados. En el caso del superalargamiento, esto es un índice de la existencia de sistemas genéticos independientes en la yuca para la infección inicial y la diseminación de la enfermedad. Los resultados obtenidos este año indican que las resistencias de campo al CBB y al superalargamiento bajo las condiciones de Carimagua son caracteres genéticos continuos.

Cuadro 26. Relación entre resistencia a enfermedades y caracteres de rendimiento en yuca.

Datos del CIAT		No. de genotipos							
		Reacción a enfermedades en Carimagua ¹							
		CBB				Superalargamiento			
		2	3	4	5	2	3	4	5
Rendimiento (ton/ha)	20	-	1	1	-	-	-	1	1
	30	1	3	2	1	-	1	3	3
	40	1	10	11	1	2	7	5	9
	50	2	8	6	1	-	3	8	6
	>50	1	5	-	2	-	2	2	4
Contenidos de materia seca (%)	30	-	3	-	1	-	2	1	1
	32	-	7	3	-	-	2	5	3
	34	-	8	8	1	2	3	5	7
	36	3	7	3	2	-	3	5	7
	38	1	2	4	1	-	2	2	4
	>38	1	1	1	-	-	1	1	1
Índice de cosecha	0.40	1	4	3	1	-	1	4	4
	0.45	1	5	2	-	-	1	4	3
	0.50	-	4	4	2	1	3	4	2
	0.55	3	5	4	1	-	3	1	8
	0.60	-	5	5	1	1	3	3	4
	0.65	-	3	-	-	-	1	1	1
	>0.65	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Ver nota al pie del Cuadro 24 para reacciones al CBB y superalargamiento.

Los resultados también ofrecen la posibilidad de seleccionar por mayor resistencia materiales provenientes de cruzamientos entre progenitores moderadamente resistentes. Un cruzamiento entre un genotipo resistente a la infección inicial pero susceptible a la diseminación de la enfermedad, y otro genotipo susceptible a la infección inicial pero resistente a la diseminación de la enfermedad, puede producir por recombinación un genotipo con resistencia a ambos procesos.

Los resultados obtenidos este año sustentan el concepto de que la resistencia actual al CBB y al superalargamiento puede ser duradera.

Relación de genotipos parentales por resistencia a enfermedades

En especies de cultivo mejoradas con frecuencia ocurre que existe una correlación negativa entre la resistencia multigénica a enfermedades y los caracteres agronómicamente deseables, debido a que los genes de resistencia provienen de tipos silvestres o cultivares primitivos.

A fin de estudiar si este es el caso con la yuca, se comparó la reacción de genotipos a enfermedades en Carimagua con los caracteres de rendimiento en CIAT-Palmira, en donde

la yuca está libre de CBB y prácticamente libre del superalargamiento (Cuadro 26). Los niveles de infección con CBB y superalargamiento en Carimagua no se correlacionaron con el rendimiento de raíces, el índice de cosecha y el contenido de materia seca en las raíces en CIAT-Palmira. Se puede concluir que la selección por mayor resistencia a enfermedades no se está haciendo a expensas de un mayor rendimiento.

Selección de genotipos parentales por resistencia a enfermedades

La evaluación de resistencia fenotípica en Carimagua es fácil y hay una buena correlación entre los progenitores y la progenie (Informe Anual del CIAT, 1978). Sin embargo, no se debe descartar la posibilidad de un efecto combinatorio específico que juega un papel en la genética de la resistencia a enfermedades.

Se evaluaron diversos genotipos parentales durante un período de dos años, por medio de la frecuencia de progenies resistentes. Los siguientes genotipos se consideraron como materiales parentales buenos: 1) Para resistencia al CBB y al superalargamiento, M Col 638 y M Col 1684; 2) para CBB, M Col 647 y CM 309-56; y 3) para superalargamiento, M Ven 307, M Mex 24, M Mex 17, M Pan 70, M Pan 114, M Ven 218 y CM 208-10.

AGRONOMIA

Por intermedio de la Red de Pruebas Regionales en Colombia, la sección de Agronomía del Programa de Yuca continuó sus actividades de validación de prácticas culturales y evaluación de germoplasma nuevo procedente de la sección de Mejoramiento Genético.

Pruebas Regionales

Este año se completó el quinto ciclo consecutivo de pruebas con la cosecha de ocho ensayos en Colombia. El Cuadro 27 presenta las principales características ecológicas y edáficas de las localidades de prueba, las cuales cubren una amplitud de condiciones de altitud, temperatura, precipitación, textura y fertilidad de suelos. La tecnología utilizada se basa en bajos niveles de insumos (Informe Anual del CIAT, 1974) principalmente con base en germoplasma mejorado y prácticas agronómicas sencillas. Los fertilizantes sólo se utilizaron en Carimagua y en CIAT-Quilichao. En Carimagua se aplicaron dosis estándar de fertilizante: 0.5 ton/ha de Cal, 1 ton/ha de 10-20-20, 20 kg de S/ha y 5 kg de Zn/ha. En CIAT-Quilichao la siembra se hizo en el mismo campo de un año a otro y sólo se aplicaron 100 kg de N/ha y 115 kg de P_2O_5 /ha. El Zn se incluyó en el tratamiento de las estacas.

Este año se presentó un brote severo de CBB y superalargamiento en Carimagua. En CIAT-Quilichao los principales problemas incluyeron un ataque moderado de superalargamiento como también de trips y ácaros. El Cuadro 28 muestra los rendimientos de todas las selecciones de germoplasma e híbridos ensayados. En 7 de las 8 localidades, una selección de germoplasma del CIAT o un híbrido, sobrepasó nuevamente el rendimiento del cultivar local. En 5 de las 8 localidades M Col 1684 dio el mayor rendimiento con un promedio de 33.1 ton/ha en todas las localidades. Después de probar a M Col 1684 en 19 ensayos sembrados en 10 localidades de Colombia durante tres años y en 10 ensayos en otros ocho países durante dos años, su promedio global alcanzó la cifra sobresaliente de 31.4 ton/ha. Estos resultados confirman que esta selección es probablemente la mejor entre todas las accesiones de germoplasma e indica su alto potencial de rendimiento en todas las localidades.

Este año el cultivar CMC 40 (M Col 1468) ocupó el segundo lugar, con un rendimiento promedio de 27.9 ton/ha en siete localidades (Cuadro 28). Es importante indicar que durante cinco años, este cultivar brasileño ha

Cuadro 27. Principales características ecológicas y edáficas de localidades de la Red de Pruebas Regionales de Colombia, 1978-79.

Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm) ¹	Días hasta la cosecha	Textura del suelo	pH	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/100g)
Media Luna	10	27.2	1120	330	Franco arenosa	6.3	1.10	43.5	0.06
Carimagua	200	26.2	1870	347	Arcillo limosa	4.7	3.42	3.0	0.18
Rionegro	250	27.0	2358	318	Franco arcillo- sa	4.2	1.85	3.9	0.15
Nataima	430	27.8	895	252	Franco areno- sa	6.0	0.93	47.9	0.29
CIAT-Palmira	1000	23.8	810	308	Arcillosa	6.1	4.28	42.8	0.41
CIAT-Quilichao	1070	23.0	1291	255	Arcillo limosa	4.1	7.22	3.2	0.22
Caicedonia	1200	22.2	1902	347	Franco limosa	5.6	4.18	27.0	0.90
Pereira	1480	19.0	2653	357	Franco limosa	4.7	8.01	6.8	0.11

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

Cuadro 28. Rendimientos de yuca de las variedades e híbridos promisorios ICA-CIAT, en ocho localidades en Colombia durante el ciclo de ensayos de 1978-79.

Variedades e híbridos	Rendimiento (ton/ha)								Rend. promedio (ton/ha)
	Media Luna	Carimagua	Rionegro	Nataima	CIAT-Palmira	CIAT-Quilichao	Caicedonia	Pereira	
Mejor var. local ¹	8.8	12.6	18.3	10.6	15.7	17.1	45.2	39.5	21.0
M Col 1684	40.7	14.5	40.9	29.0	24.7	24.5	57.1	-	33.1
M Mex 59	28.1	2.8	27.8	24.1	-	-	28.9	13.3	20.8
CMC 40									
(M Col 1468)	26.0	13.5	24.8	24.0	29.6	-	58.4	19.0	27.9
CM 323-87	25.4	-	22.1	23.1	-	-	-	-	23.5
CM 323-375	23.3	7.3	25.2	25.3	30.0	18.9	43.3	17.1	23.8
CM 309-41	22.5	11.9	26.4	-	30.6	13.4	55.5	22.5	26.1
CM 326-407	21.2	7.9	24.5	20.8	22.7	17.1	48.3	-	23.2
CM 321-188	21.2	5.6	24.1	26.2	40.3	20.9	54.2	-	27.5
CM 309-211	20.7	12.6	24.5	-	31.5	17.4	-	-	21.3
CM 308-197	19.9	3.2	32.8	32.1	34.8	21.3	48.5	-	27.5
M Col 22	19.8	3.7	-	-	25.4	-	42.4	8.7	20.0
ICA-HMC-2	19.6	13.9	-	-	24.9	-	-	37.2	23.9
CM 305-120	19.0	10.5	23.2	29.3	24.9	21.5	50.3	-	25.5
CM 340-30	18.8	-	26.4	24.4	25.4	20.5	42.8	-	26.3
M Ven 156	18.8	-	20.6	-	22.0	-	-	-	20.5
M Ven 218	17.4	-	-	21.4	27.9	-	36.5	19.1	24.5
CMC 84									
(M Col 1513)	16.4	5.2	28.0	20.1	-	-	41.5	30.3	23.6
CM 344-27	14.4	5.0	22.4	20.9	32.3	17.6	49.9	-	23.2
CM 311-69	13.6	14.5	24.7	-	-	23.6	-	-	19.1
CM 344-71	13.0	4.9	19.4	27.6	29.0	26.0	42.4	-	23.2
CM 305-41	12.1	1.2	15.3	26.6	37.7	25.4	49.7	30.9	24.9
M Ven 77	-	13.2	22.3	-	-	-	-	-	17.8
SM 1-150	-	9.3	-	-	-	-	-	-	9.3
CM 192-1	-	7.4	-	24.6	25.9	20.1	49.2	-	25.4
CMC 99									
(M Col 1529)	-	-	25.3	-	-	-	-	-	25.3
Colombiana (R)	-	-	17.0	-	-	-	-	-	17.0
MPTR-26	-	-	-	25.5	23.8	-	-	-	24.7
M Mex 17	-	-	-	23.5	20.7	-	-	-	22.1
M Pan 70	-	-	-	17.1	28.8	-	33.3	-	26.4
ICA-HMC-7	-	-	-	-	37.7	24.7	-	-	31.2
ICA-HMC-1	-	-	-	-	30.9	-	58.4	38.1	42.5
CM 430-51	-	-	-	-	-	-	46.1	-	46.1
M Ven 168	-	-	-	-	-	-	-	32.2	32.2
CMC 76									
(M Col 1505)	-	-	-	-	-	-	-	28.4	28.4
M Col 1292	-	-	-	-	-	-	35.7	-	35.7
CMC 59									
(M Col 1488)	-	-	-	-	-	-	-	36.1	36.1
Promedio, incluyendo variedades locales	20.0	8.2	24.4	23.8	28.2	20.4	46.3	26.6	25.7
Mejor variedad o híbrido promisorio	40.7	14.5	40.9	32.1	40.3	26.0	58.4	38.1	

¹ Mejor variedad local para Media Luna, Secundinda; para Carimagua, Llanera; para Rionegro, Venezolana; para Nataima, Venezolana 2; para CIAT-Palmira, Valluna; para CIAT-Quilichao, Valluna; para Caicedonia, Chiroza Gallinaza; y para Pereira, Chiroza Gallinaza.

dado un rendimiento promedio global de 25.5 ton/ha en 39 ensayos en 14 localidades de Colombia. Este cultivar también tiene un alto potencial de rendimiento en diferentes ambientes ya que ha sido sembrado desde Argentina hasta México. CMC 40 se puede colocar con seis híbridos, en un grupo cuyo rendimiento promedio, en diferentes localidades, va de 25.4 a 27.5 ton/ha. Estos resultados son todavía más sorprendentes cuando se tiene en cuenta que en el promedio se han incluido los rendimientos obtenidos en Media Luna, Carimagua y CIAT-Quilichao, localidades que presentan los factores más adversos para la producción de yuca. Tres de seis de los mejores híbridos (CM 192-1, CM 305-120, CM 308-197, CM 309-41, CM 321-188 y CM 340-30) presentan progenitores resistentes al CBB, lo cual indica que la incorporación de resistencia a la enfermedad es un recurso básico para obtener amplia adaptabilidad en los materiales.

Resultados de cinco años

Después de cinco años de ensayos regionales, los cultivares M Col 1684 y M Col 1468 se pueden considerar como las selecciones testigo para medir el rendimiento potencial de los híbridos. La primera generación de híbridos ha completado dos años de prueba y los resultados indican que los híbridos de mayor rendimiento dieron resultados comparables a los de las selecciones del germoplasma indicadas. Al considerar sólo aquellos híbridos sembrados en más de 10 localidades, se puede identificar un grupo de seis como promisorios; este grupo está constituido por los materiales CM 308-197 (27.5 ton/ha), CM 192-1 (25.9 ton/ha), ICA-HMC 2 (25.9 ton/ha), CM 323-375 (25.7 ton/ha), CM 309-41 (25.1 ton/ha) y CM 323-87 (24.0 ton/ha).

Es interesante anotar que el rendimiento promedio nacional de yuca en Colombia ha aumentado de 8.0 a 9.7 ton/ha, según estimativos de la Oficina de Planeación Nacional del Ministerio de Agricultura (OPSA). Esto se puede explicar por el hecho de que una mayor parte de la producción de yuca proviene de agricultores que utilizan tecnología mejorada en zonas con un alto potencial de rendimiento.

El Cuadro 29 presenta el rendimiento promedio de raíces frescas y secas de los tres cultivares más promisorios en comparación con los cultivares locales, durante cinco ciclos de cultivo. Para los tres cultivares más promisorios se obtuvo un rendimiento promedio de raíces frescas de 32.8 ton/ha, en comparación con 21.6 ton/ha para los cultivares locales. Este resultado representa un aumento en el rendimiento del 238% sobre el promedio nacional y un

52% sobre el promedio de los mejores cultivares locales. Es interesante señalar que los rendimientos de materia seca obtenidos con yuca son más altos que el promedio nacional de cualquier cultivo de grano en Colombia. Es necesario enfatizar que, en el caso de la yuca, se utiliza un mínimo de insumos comprados en el mercado. Los resultados indican que se ha logrado progreso en la estabilización de rendimientos con material genético mejorado, especialmente en localidades con limitaciones severas para la producción de yuca.

En consecuencia, después de cinco años de pruebas regionales en Colombia, se puede reafirmar que la tecnología sencilla y mejorada — mejores prácticas agronómicas (Informe Anual del CIAT, 1974) y germoplasma mejorado — es efectiva para aumentar los rendimientos en las fincas de los agricultores.

Ensayos Internacionales de Rendimiento

El Cuadro 30 presenta algunas características climatológicas de las localidades en ocho países en donde se cosecharon este año ensayos internacionales colaborativos. Con la excepción de Venezuela, las selecciones del CIAT nuevamente dieron rendimientos más altos que los cultivares locales. Si sólo se consideran aquellos cultivares o híbridos que se cosecharon en cinco o más localidades, el híbrido CM 323-375, con 28.3 ton/ha ocupó el primer lugar en todas las localidades, seguido por M Col 1684, con un rendimiento promedio de 26.7 ton/ha (Cuadro 31). El bajo rendimiento obtenido en Argentina se debió a un ataque severo de CBB. Los datos también indican que, para el caso de Argentina y Bolivia, no se dispone de selecciones con resistencia a bajas temperaturas de invierno y que presenten un alto potencial de rendimiento. Es necesario señalar que los ensayos internacionales se envían primordialmente a países en donde estos van a ser supervisados por agrónomos que previamente han participado en cursos de adiestramiento en yuca en el CIAT. Por esta razón se logra obtener los resultados de todos los ensayos internacionales. Se ha logrado un gran progreso en el establecimiento de un mayor número de redes de pruebas regionales y nacionales. Aunque en Brasil no se siembra un ensayo internacional de rendimiento proveniente del CIAT debido a regulaciones de cuarentena, ese país presenta la red de pruebas más grande seguida por la de Colombia y Honduras.

Este año se sembró un total de 122 pruebas nacionales en diez países de América Latina (Cuadro 32). Este creciente interés se puede entender al observar el número de agrónomos que han recibido adiestramiento en yuca en el CIAT.

Cuadro 29. Rendimientos de raíces frescas y secas de las tres mejores variedades promisorias, en comparación con la mejor variedad local durante los cinco ciclos de ensayo.

Rendimientos (ton/ha) en ciclo de ensayo												
Localidad	1974-75				1975-76				1976-77			
	Promisorio		Local		Promisorio		Local		Promisorio		Local	
	RRF ¹	RRS ¹	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS
Media Luna	26.7	7.9	17.7	7.0	17.6	5.2	4.0	1.4	17.1	5.1	5.7	2.1
Carimagua	6.2	2.1	3.8	1.3	25.6	9.4	22.9	8.3	23.9	8.5	17.3	5.5
Nataima	41.1	13.3	33.6	7.2	28.4	7.7	16.3	5.0	33.6	9.9	8.0	2.3
Rionegro	29.7	7.5	15.7	4.0	21.9	8.3	11.7	3.7	45.2	14.0	16.1	5.4
CIAT-Palmira	40.6	14.7	26.8	9.6	30.9	11.4	22.1	7.4	42.6	15.0	22.5	8.0
CIAT-Quilichao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caicedonia	37.3	15.0	32.3	11.5	25.0	8.8	15.8	5.3	51.2	19.8	41.2	14.1
Pereira	19.8	7.7	16.9	6.3	44.5	17.4	45.8	16.4	- ²	-	-	-
Promedio/ciclo	28.8	9.7	21.0	6.7	27.7	9.7	19.8	6.8	35.6	12.0	18.5	6.3

(continuación)

Rendimientos (ton/ha) en ciclo de ensayo												
Localidad	1977-78				1978-79				Promedio			
	Promisorio		Local		Promisorio		Local		Promisorio		Local	
	RRF ¹	RRS ¹	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS	RRF	RRS
Media Luna	23.9	6.3	5.6	1.5	31.6	9.0	8.8	2.8	23.4	6.7	8.3	3.0
Carimagua	32.2	10.3	10.1	2.9	14.3	3.4	12.6	3.1	20.4	6.7	13.3	4.2
Nataima	33.2	9.8	22.0	7.2	30.1	9.2	10.6	3.6	33.3	10.0	18.0	5.1
Rionegro	35.2	10.5	12.9	4.2	33.9	9.5	18.3	5.8	33.2	9.9	14.9	4.6
CIAT-Palmira	31.1	10.5	24.2	8.6	38.6	13.5	15.7	5.0	36.8	13.0	22.3	7.7
CIAT-Quilichao	50.3	15.7	45.7	14.5	25.3	8.2	17.1	5.3	37.8	12.0	31.4	9.9
Caicedonia	38.0	11.2	12.1	3.5	57.9	19.7	45.2	15.3	41.9	14.9	29.2	9.9
Pereira	41.5	15.3	40.1	15.0	37.1	13.3	39.5	15.0	35.7	13.4	35.2	13.2
Promedio/ciclo	35.7	11.2	21.6	7.2	33.6	10.7	21.0	6.9	32.8	10.8	21.6	7.2

1 RRF = rendimiento de raíces frescas; RRS = rendimiento de raíces secas.

2 Debido al largo ciclo de cultivo, se perdió un ciclo por acumulación.

Cuadro 30. Características climatológicas de las localidades de los Ensayos Internacionales de Yuca durante el ciclo 1978-79.

Países	Altitud (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm)	Días hasta la cosecha
México (Chetumal) ²	10	26.0	1500	365
Honduras (San Pedro Sula)	60	25.5	2000	375
Argentina (Formosa-El Colorado)	78	20.2	522	205
Ecuador (Pichilingue)	100	25.0	1405	335
Venezuela (Valencia) ³	120	25.0	1300	335
República Dominicana (San Cristóbal)	120	25.0	1532	363
Costa Rica (Santa Clara)	180	22.0	3779	345
Bolivia (Santa Cruz)	437	20.0	1100	380

1 Precipitación total durante el ciclo de crecimiento.

2 Cosechado en septiembre, 1978.

3 Cosechado en junio, 1978.

Con relación a las pruebas internacionales de rendimiento, en 1979 se completó un total de 21 ciclos de ensayo en 11 países de América Latina. A pesar de que la cifra parece baja, se debe tener en cuenta que, con excepción de Colombia, las pruebas internacionales comenzaron hace solamente tres años después de haber alcanzado alguna experiencia con las pruebas en Colombia.

El Cuadro 32 muestra el peso promedio de raíces frescas de los mejores cultivares ICA-CIAT que fue de 39.4 ton/ha en comparación con 29.2 ton/ha para la mejor variedad local de diferentes países. Esto representa un aumento del 35%. Los resultados obtenidos indican que estos países tienen cultivares locales que son lo suficientemente buenos

para aumentar la productividad si se utiliza la tecnología sencilla de bajo costo recomendada, pero se requiere una mayor contribución de los servicios de extensión agrícola a nivel nacional para poner en práctica esta tecnología en los terrenos de los agricultores.

Ensayos Uniformes de Rendimiento

Los ensayos uniformes de rendimiento sobre los cuales se informó el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1978) demostraron que el anillo interior (hileras de borde) de parcelas de yuca da un rendimiento significativamente mayor, lo cual indicaba la necesidad de eliminarlo para estimar el rendimiento.

Cuadro 31. Rendimientos de variedades promisorias ICA-CIAT cosechadas en los Ensayos Internacionales de yuca durante el ciclo 1978-79.

Variedades	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)								Promedio
	Bolivia	Honduras	República Dominicana	Venezuela	Argentina	Costa Rica	México	Ecuador	
	I ¹	I	I	I	II	II	II	III	
Mejor var. local ²	19.8	19.6	24.6	39.0	-	19.7	5.0	18.0	20.8
M Ven 77	-	-	-	-	6.0	-	-	-	6.0
CMC-40									
(M Col 1468)	16.2	13.5	47.0	25.3	8.0	19.8	14.9	36.6	22.6
ICA-HMC-2	-	-	42.4	-	-	-	17.3	-	29.8
CM-323-375	20.1	23.7	40.0	-	-	24.6	-	33.1	28.3
CM 305-41	-	-	39.4	-	-	-	-	34.3	36.8
CM 308-197	-	-	36.9	37.1	10.5	-	13.9	31.2	25.9
M Col 1684	21.9	31.3	39.9	25.2	3.2	35.0	15.4	42.4	26.7
ICA-HMC-1	16.5	-	32.6	-	-	-	11.7	31.9	23.1
CM 305-38	16.5	-	31.5	-	-	21.9	-	29.6	24.8
CMC 84									
(M Col 1513)	10.1	17.5	31.3	11.1	-	25.3	6.4	29.5	18.7
ICA-HMC-7	-	-	33.0	-	-	-	9.1	41.8	27.9
M Ven 218	11.5	14.1	28.9	30.0	-	14.8	11.6	-	18.4
CM 309-211	-	-	25.3	-	-	-	-	27.9	26.6
M Mex 59	-	29.5	21.5	13.8	2.5	31.3	-	31.7	21.7
M Col 22	17.1	12.4	23.5	12.4	-	9.1	9.5	26.2	15.7
ICA-HMC-4	-	-	28.4	26.3	-	-	7.5	27.5	22.4
CM 305-145A	-	-	20.9	-	-	-	-	31.4	26.1
Local ²	14.0	19.1	22.7	12.0	-	11.7	-	-	15.9
SM-1-150	-	-	-	29.1	-	-	10.2	-	19.6
CM 337-7	-	-	-	-	-	-	10.0	-	10.0
CM 309-41	-	-	-	-	-	-	9.0	-	9.0
CM 192-1	-	-	-	33.5	-	-	8.5	-	21.0
CM 333-19	-	-	-	-	-	-	7.1	-	7.1
CM 314-58	-	-	-	-	-	-	3.6	-	3.6
M Mex 17	9.2	-	-	-	-	-	3.0	25.2	12.4
CM 309-163	-	12.6	-	-	9.8	18.0	-	-	13.4
CMC 76									
(M Col 1506)	-	-	-	16.5	-	-	-	-	16.5
CM 314-66	-	-	-	20.6	-	-	-	-	20.6
M Col 677	-	-	-	6.5	-	-	-	-	6.5
MPTR 26	-	15.7	-	-	-	16.1	-	33.3	21.7
CM 323-87	-	-	-	-	-	-	12.9	-	12.9
M Pan 70	16.3	-	-	-	-	-	-	-	16.3
M Col 638	12.7	-	-	-	-	-	-	-	12.7
M Ven 156	11.1	-	-	-	-	-	-	-	11.1
Promedio, incluyendo variedades locales	15.2	19.0	31.7	22.6	6.7	20.6	9.8	31.3	19.9
Mejor variedad o híbrido promisorio	21.9	31.3	47.0	37.1	10.5	35.0	17.3	42.4	-

1 Ciclo de ensayo I, II o III.

2 Mejor variedad local en Bolivia, Gancho; Honduras, Criolla de San Andrés; República Dominicana, Zenón; Venezuela, Branca; Costa Rica, Valencia; México, M Mex 59; Ecuador, Yema de Huevo. Otros cultivares locales en Bolivia, Colla; Honduras, Itú; República Dominicana, Cogollo Morado; Venezuela, Burrera; Costa Rica, MAG-2.

Cuadro 32. Datos de rendimientos de las mejores variedades ICA-CIAT y de las variedades locales en los Ensayos Internacionales y número de Ensayos Nacionales Regionales sembrados durante 1979.

País	Ciclos cosechados hasta 1979	No. de localidades de ensayo 1979	Rendimiento raíces frescas (ton/ha)		No. de variedades ICA-CIAT con 25% más que la local
			Local	Mejor material ICA-CIAT	
Argentina	2	-	-	10.5	-
Bolivia	1	7	19.8	21.9	0
Brasil	-	62	-	-	-
Colombia	5	18	19.1 ¹	37.3	11
Costa Rica	2	6	19.7	35.0	4
Cuba	1	3	-	-	-
República Dominicana	1	6	24.6	47.1	10
Ecuador	3	6	18.0	42.4	16
Guyana	2	-	16.4	30.5	1
Honduras	1	10	19.6	31.3	2
México	2	5	5.0	17.3	15
Venezuela	1	1	39.0	37.1	0
Total	21	124			
Rendimiento promedio			29.2	39.4	

1 Incluye cinco localidades en colaboración con el ICA.

2 Corresponde a datos de 1975 y 1976.

Este año se sembraron cuatro variedades de un diseño sistemático de cuadrado latino (no al azar) en las localidades de CIAT-Palmira, ICA-Caribia y Carimagua. El objetivo del ensayo fue estudiar el efecto de la competencia varietal y de los espacios no sembrados en el rendimiento de cuatro variedades de yuca utilizadas en cada localidad. El efecto de la competencia se midió calculando el rendimiento de raíces del anillo exterior y de los anillos anteriores sucesivos. El rendimiento de raíces se presenta en la Figura 25.

En Carimagua no se presentó efecto de bordes en los rendimientos de raíces. En CIAT-Palmira e ICA-Caribia sólo se presentó un efecto significativo de bordes en las variedades más vigorosas — M Mex 11 en CIAT-Palmira y

M Mex 59 tanto en CIAT-Palmira como en Carimagua. Los Cuadros 33, 34 y 35 presentan un resumen de los datos de rendimiento del anillo exterior y del rendimiento promedio de los anillos interiores 2, 3 y 4. El rendimiento de raíces del anillo exterior es mayor que los rendimientos del área interior, excepto en el caso de la variedad M Col 22 en CIAT-Palmira y CM 309-41 en Carimagua, las cuales son variedades menos vigorosas y, en consecuencia, compiten negativamente con otras variedades. Las desviaciones estándar pero principalmente las varianzas de los anillos exteriores, son considerablemente mayores que para los anillos interiores, lo cual corrobora los resultados obtenidos el año pasado que indican que una hilera de borde se debe eliminar para estimar los datos de rendimiento.

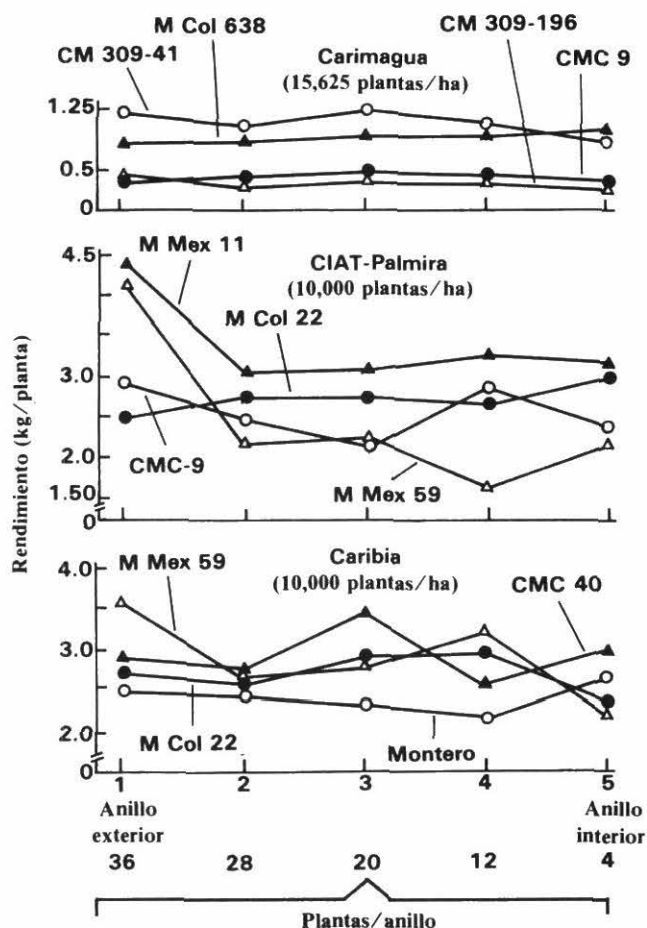


Figura 25. Efecto de la posición del anillo en la parcela experimental (exterior o interior) sobre el rendimiento de raíces de cuatro variedades de yuca en tres localidades.

Cuadro 33. Rendimiento promedio de raíces del anillo exterior 1 y rendimiento promedio de los anillos interiores 2, 3 y 4 de variedades de yuca sembradas en Carimagua en 1979.

Variedad	Anillo	Rendimiento de raíces (ton/ha)	DE (t/ha)	Var.
CMC 9	Exterior 1	5.05	0.80	0.64
	2-3-4	5.61	1.51	2.45
CM 309-41	Exterior 1	11.55	1.47	2.16
	2-3-4	13.29	2.88	8.47
CM 309-196	Exterior 1	6.31	0.89	0.80
	2-3-4	5.12	1.27	1.91
M Col 638	Exterior 1	14.76	3.21	10.35
	2-3-4	13.51	2.93	8.69
Media 1		9.41	1.59	3.48
2-3-4		9.38	2.14	5.38

Cuadro 34. Rendimiento promedio de raíces del anillo exterior 1 y rendimiento promedio de los anillos interiores 2, 3 y 4 de variedades de yuca sembradas en CIAT-Palmira en 1979.

Variedad	Anillo	Rendimiento raíces (ton/ha)	DE (ton/ha)	Var.
CMC-9	Exterior 1	29.09	11.77	138.56
	2-3-4	25.21	5.34	31.90
M Col 22	Exterior 1	25.03	8.79	77.28
	2-3-4	27.36	3.52	15.04
M Mex 11	Exterior 1	43.55	9.68	93.76
	2-3-4	31.03	5.93	36.03
M Mex 59	Exterior 1	41.04	9.15	83.76
	2-3-4	19.74	3.58	13.31
Media 1		34.67	9.84	98.34
2-3-4		25.83	4.59	24.07

Cuadro 35. Rendimiento promedio de raíces del anillo exterior 1 y rendimiento promedio de los anillos interiores 2, 3 y 4 de variedades de yuca sembradas en Caribia en 1979.

Variedad	Anillo	Rendimiento de raíces (ton/ha)	DE (ton/ha)	Var.
CMC-40	Exterior 1	24.85	6.40	41.03
	2-3-4	21.75	4.97	26.61
M Col 22	Exterior 1	23.25	7.94	63.15
	2-3-4	24.39	5.24	28.09
M Mex 59	Exterior 1	31.74	9.06	82.14
	2-3-4	23.18	2.15	5.03
Montero	Exterior 1	23.07	7.23	52.28
	2-3-4	20.07	8.22	67.86
Media 1				59.65
2-3-4				31.89

Prácticas Culturales

Sistemas de siembra

Una óptima densidad de siembra, el tratamiento de las estacas y su selección (para protegerlas de las plagas presentes en el suelo y durante el almacenamiento) son prácticas agronómicas recomendadas para asegurar buenos rendimientos de yuca e ingresos favorables para el agricultor.

En la granja La Idea, en Media Luna, la variedad local Secundina y el cultivar introducido M Col 22 se sembraron según tres sistemas para evaluar el efecto de la densidad de siembra y del manejo del material de siembra. Las estacas se cortaron de tallos frescos y se sembraron en la estación lluviosa. Los sistemas utilizados incluyeron: 1) el sistema de siembra empleado a nivel local con una densidad de población de 8000 plantas/ha; 2) el sistema de siembra empleado a nivel local pero utilizando estacas seleccionadas y químicamente tratadas, según las recomendaciones del CIAT; y 3) el sistema de siembra diseñado por el CIAT con una densidad de 10,000 plantas/ha, con estacas seleccionadas y tratadas.

En todos los tratamientos las pérdidas de población oscilaron entre 6 y 11%. Se obtuvieron aumentos no significativos ($P \geq 0.05$) en el rendimiento mediante la

selección y el tratamiento de las estacas (Cuadro 36); una mayor densidad de siembra no aumentó los rendimientos por encima de los obtenidos solamente con la selección y el tratamiento de las estacas. El costo adicional por la selección y el tratamiento de las estacas es de aproximadamente US\$20/ha. El uso de material de siembra recién cortado puede no requerir el tratamiento químico de las estacas, pero cuando hay retrasos entre el corte de las estacas y su siembra, el tratamiento del material es muy efectivo (Informe Anual del CIAT, 1978). En consecuencia, esta es una práctica recomendada para asegurar la obtención de altos rendimientos.

Sustitución de estacas no germinadas

El reemplazo de estacas no germinadas es una práctica común, especialmente en actividades de investigación en las cuales es deseable tener una población completa de plantas. Esto último es especialmente válido para los diseños sistemáticos en donde cada planta constituye una unidad experimental. En forma ideal, las plantas reemplazadas deben tener el mismo vigor y la misma capacidad de rendimiento que sus plantas vecinas no reemplazadas, pero en la realidad las plantas reemplazadas con frecuencia son más débiles y, por lo tanto no son capaces de competir con las plantas que las rodean. Con el fin de determinar la mejor manera de reemplazar las estacas germinadas, se programaron dos ensayos separados en CIAT-Palmira.

Cuadro 36. Efecto de los métodos de siembra en los rendimientos de raíces comerciales de las variedades de yuca Secundina y M Col 22 en Media Luna, 1979.

Sistema de siembra	Rendimiento de raíces (ton/ha)	Aumento rendimiento (%)
<u>Secundina</u>		
Local	20.5a ¹	-
Local + selección y tratamiento de estacas ²	23.0a	12.2
Selección y tratamiento de estacas + 10.000 plantas/ha ²	22.3a	8.7
<u>M Col 22</u>		
Siembra local	21.8a	6.3
Local + selección y tratamiento de estacas	23.6a	15.1
Selección y tratamiento de estacas + 10.000 plantas/ha	23.2a	13.1
CV (%) = 12.51		

1 Los promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

2 El costo adicional de productos químicos + mano de obra = US\$20/ha; precio de la yuca = US\$60/ton de raíces frescas.

En el primer ensayo se utilizó el cultivar M Col 22, de bajo vigor y alta germinación. Los tratamientos incluyeron tres métodos de sustitución en comparación con la siembra normal (tratamiento testigo) como se muestra en el Cuadro 37. Las 36 plantas de cada parcela fueron afectadas por el tratamiento dado y los datos de rendimiento se tomaron de las 16 plantas del centro de cada parcela.

El rendimiento de raíces comerciales no fue afectado por el método de sustitución pero el número de raíces fue significativamente menor en el tratamiento testigo (Cuadro 37). La forma de las raíces cambió por la utilización de bolsas de plástico y por la utilización de la pala para el transplante.

El Cuadro 38 muestra el rendimiento relativo de raíces para los diferentes métodos de sustitución utilizados en el segundo ensayo con el cultivar M Col 1684. Quince días después de la siembra (excepto en los tratamientos 11 y 12 del Cuadro 38) se arrancaron al azar y reemplazaron cinco plantas de cada parcela. Después de 12 meses se cosecharon separadamente las plantas reemplazadas de las plantas no reemplazadas, excluyendo los bordes. El Cuadro 38

muestra el rendimiento de las plantas reemplazadas, calculado como porcentaje del rendimiento de las plantas vecinas no reemplazadas.

No hubo una diferencia significativa entre los diferentes métodos excepto en el caso de la resiembra con pala después de 30 días (una práctica comúnmente utilizada) en la cual el rendimiento fue inferior al de los otros métodos. Se recomienda hacer la resiembra tan pronto como sea posible, preferiblemente entre los 15 y 20 días después de la siembra. Las bolsas de papel son más baratas que las bolsas de plástico y no tienen que ser removidas al momento de la resiembra lo cual reduce el daño ocasionado a las raíces. La siembra de estacas adicionales directamente en las parcelas consume menos tiempo que la siembra en bolsas; sin embargo, el transplante de éstas con la pala toma más tiempo y es más perjudicial para las raíces que la siembra de plantas en bolsas. La siembra de estacas adicionales en bolsas de papel parece ser una buena alternativa a la utilización de bolsas plásticas o al método de transplante, siempre y cuando la resiembra se haga en el momento oportuno antes de que las bolsas se descompongan.

Cuadro 37. Efecto del método de sustitución de estacas en el rendimiento del cultivar de yuca M Col 22 en CIAT-Palmira.

Tratamiento	Método de sustitución de estacas	Rendimiento de raíces comerciales (ton/ha)	Rend. relativo de raíces (%)	No. de raíces comerciales/planta
1	Siembra normal; germinación completa (sembrada el día 1)	21.5a ¹	100	1.6b
2	Estacas en bolsas plásticas; siembra el día 25	20.1a	93	4.2a
3	Estacas en camellones; transplante con pala el día 25	24.2a	112	4.8a
4	Sustitución con estacas de 30 cm el día 25	21.1a	98	4.5a

¹ Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

Cuadro 38. Efecto del método de sustitución de estacas en el rendimiento relativo del cultivar de yuca M Col 1684 en CIAT-Palmira.

Tratamiento No.	Método de sustitución	Rendimiento relativo (%)
1	Germinación completa	100
2	Estacas en bolsas plásticas, sembradas después de 15 días	102
3	Estacas en bolsas plásticas sin fondo, sembradas después de 15 días	98
4	Estacas en cajas de cartón, sembradas después de 15 días	84
5	Estacas en materos de turba, sembradas después de 15 días	87
6	Estacas en bolsas de papel, sembradas después de 15 días	98
7	Estacas en camellones, transplantadas 15 días después a las 10:00	108
8	Estacas en camellones, transplantadas 15 días después a las 16:00	95
9	Estacas en camellones, transplantadas 20 días después a las 16:00	100
10	Estacas en camellones, transplantadas 30 días después a las 16:00	70
11	Sustitución con estacas de 20 cm después de 15 días	84
12	Sustitución con estacas de 35 cm después de 15 días	118

¹ Rendimiento de las estacas reemplazadas como porcentaje del rendimiento de plantas vecinas no reemplazadas.

Control de malezas

El control de malezas es el principal factor de costo y de demanda de mano de obra en la producción de yuca. Con los aumentos en los costos de la mano de obra y la escasez de la misma, los productores grandes de yuca cambiarán al control químico de las malezas, en sustitución del desyerbe manual tradicional. El productor de yuca pequeño en las áreas marginales sólo podrá depender de la mano de obra familiar. Por lo tanto, las prácticas culturales para el control de las malezas — tales como la utilización de variedades bien adaptadas con vigor temprano y densidades adecuadas de siembra, la utilización de coberturas muertas o verdes y los sistemas de cultivos múltiples — pueden proporcionar soluciones adecuadas a los problemas del control de las malezas para los pequeños productores de yuca. Los resultados presentados en este informe hacen énfasis tanto en los aspectos químicos como culturales tratando de identificar los mejores productos y las mejores prácticas para el control de las malezas en cultivos de yuca.

Control químico de las malezas

Este año continuó en CIAT-Palmira la evaluación del herbicida preemergente promisorio oxifluorfen, y la investigación se extendió a ICA Caribia, en donde la presión ejercida por el coquito (*Cyperus rotundus* L.) permite la evaluación de herbicidas para su control.

En CIAT-Palmira se confirmó el efecto duradero del control tanto de malezas de hoja ancha como de hoja angosta por el oxifluorfen en una dosis de 1 kg de i.a./ha. Sin embargo, se alcanzaron niveles de control similares con una mezcla de oxifluorfen en una dosis de 0.5 kg de i.a./ha más alaclor a razón de 1.4 kg de i.a./ha, lo cual reduce el costo en un 25%.

En Caribia se encontró que la mezcla oxifluorfen/alaclor también fue eficiente en reducir el desarrollo del coquito en comparación con otros productos durante las primeras cinco semanas de observación. En tanto que el tratamiento estándar diurón + alaclor no proporcionó un control del coquito y muchos otros productos o mezclas dieron controles por debajo del 20% a los 36 días después de la aplicación, la mezcla oxifluorfen/alaclor aún continuó dando un 50% del control de coquito bajo una presión alta de esta maleza (Figura 26).

En CIAT-Palmira se realizó un ensayo de rendimiento utilizando la variedad de yuca CMC 40 sembrada en camellones a una distancia de 1 x 1 m, con el fin de investigar el efecto de diferentes dosis de oxifluorfen en el rendimiento de raíces y en el contenido de materia seca. En las parcelas tratadas se permitió el crecimiento de las malezas durante tres meses (con excepción de las parcelas desyerbadas manualmente) tiempo después del cual se realizó un desyerbe de todos los tratamientos, excluyendo las parcelas testigo enmalezadas. La yuca se cosechó diez meses después de la siembra. El rendimiento total de raíces se redujo considerablemente cuando no se controlaron las malezas pero no fue significativamente afectado por diferentes dosis del herbicida. Las dosis de oxifluorfen entre 0.5 y 1.0 kg de i.a./ha fueron las más eficientes. El contenido de materia seca en las raíces fue más afectado por la competencia de malezas en el testigo enmalezado y en las parcelas con bajas dosis de herbicida que en las parcelas con altas dosis de producto químico. No hubo una diferencia significativa en el contenido de materia seca de las raíces entre el testigo desmalezado manualmente, la mezcla diurón/alaclor y el tratamiento de oxifluorfen a razón de 0.5 kg de i.a./ha (Cuadro 39).

Control cultural de las malezas

Variedad y densidad de siembra

El control cultural de las malezas se logra mediante cualquier práctica que pueda dar una ventaja competitiva al cultivo. Un primer paso en esta dirección puede ser el manejo correcto de la variedad y de las distancias de siembra. En la estación experimental de Caribia se realizó un ensayo utilizando las variedades de yuca M Mex 59 (de ramificación vigorosa y follaje abundante) y M Col 22 (variedad no vigorosa de poco follaje) en poblaciones de 7500 y 15,000 plantas/ha. Los rendimientos indican que las variedades vigorosas son menos sensibles a un control deficiente de malezas que las variedades no vigorosas, debido a su mayor capacidad competitiva determinada por su genotipo (Figura 27). Con un buen control de las malezas (y otras prácticas culturales) la producción de raíces parece estar en gran parte determinada por la capacidad de rendimiento del genotipo y, por lo tanto, las diferencias en rendimiento debido a la densidad de siembra son pequeñas. Bajo estas condiciones favorables, la capacidad de rendimiento de la variedad no vigorosa M Col 22 no se expresó totalmente en la baja densidad de siembra y, en consecuencia, su respuesta en rendimiento a una mayor densidad de siembra fue positiva. En contraste, la capacidad de rendimiento del cultivar vigoroso M Mex

59 ya se había expresado en la baja densidad de siembra y, por lo tanto, su respuesta a una mayor densidad fue negativa. Al nivel de control de malezas intermedio se observó una interacción similar de siembra/tipo de planta; sin embargo, la situación fue diferente cuando el control de malezas fue deficiente. Bajo estas condiciones, las diferencias genotípicas perdieron su influencia en el rendimiento y una mayor densidad de población como medio para el control cultural de las malezas adquirió importancia. De la siembra a baja densidad a la siembra a alta densidad, los aumentos en rendimiento fueron del orden del 60%. Si se prevé un control deficiente de las malezas, las pérdidas en rendimiento se pueden reducir aumentando la densidad de siembra. Un cambio en la variedad a un genotipo más competitivo se debe considerar

como una segunda alternativa para el control cultural de las malezas.

Coberturas muertas y verdes

El uso de coberturas es una práctica frecuentemente recomendada para controlar las malezas, contener la erosión, mantener la humedad del suelo y reducir la temperatura del mismo. En Carimagua y CIAT-Palmira se probaron varias coberturas con las variedades de yuca M Ven 168 y M Mex 59, respectivamente. En el Cuadro 40 se presenta el efecto de los tratamientos en el rendimiento de la yuca, en el crecimiento de las malezas y en la temperatura del suelo. En Carimagua los rendimientos fueron bajos

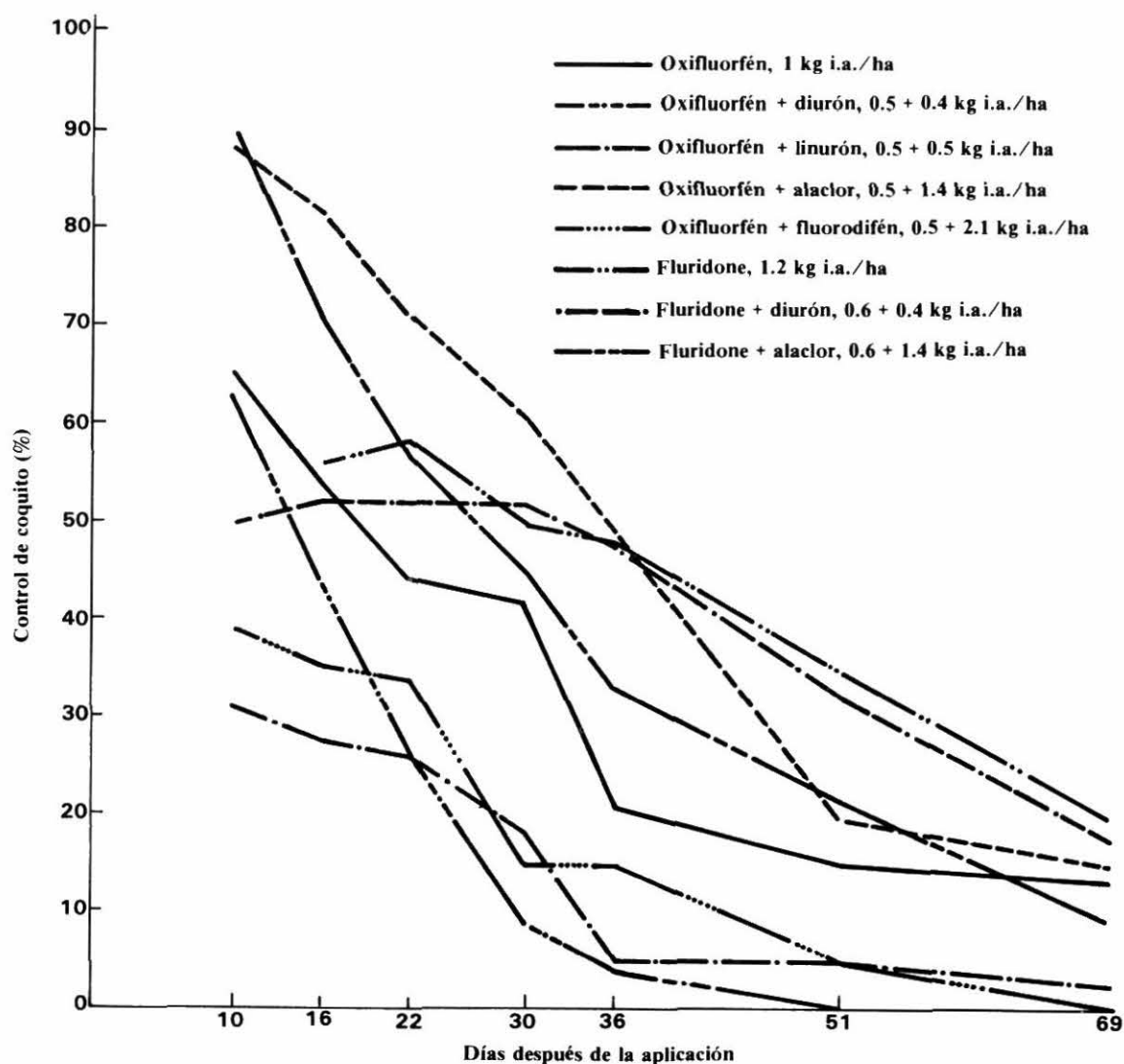


Figura 26. Control del coquito (*Cyperus rotundus* L.) con nuevos herbicidas preemergentes aplicados solos o en mezclas, en Caribia, 1979.

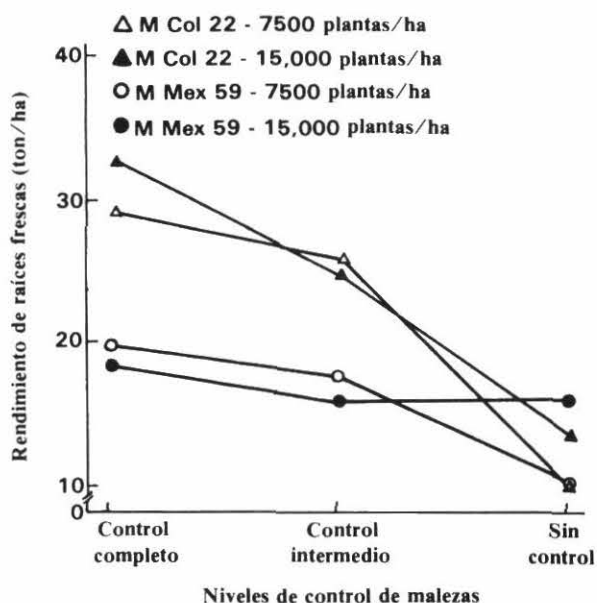


Figura 27. Efecto de un tipo de planta no vigoroso (M Col 22) y uno vigoroso (M Mex 59) y de la población de plantas en el rendimiento de raíces de yuca en diferentes niveles de control de malezas, ICA-Caribia, 1978-79.

debido al CBB, al barrenador del tallo y al volcamiento durante una tormenta de viento. En CIAT-Palmira los rendimientos fueron afectados por los barrenadores del tallo y la pudrición radical debido al drenaje pobre. En ambos ensayos, los mayores rendimientos de yuca se obtuvieron con una cobertura de paja de maíz. Esta cobertura proporcionó un buen control de las malezas y una cubierta del suelo duradera. Otros materiales que proporcionaron una buena cobertura debido a su persistencia fueron el pasto puntero (*Hyparrhenia rufa*), hojas de caña de azúcar y paja de *Stylosanthes*. Las hojas de plátano, la paja de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y las hojas de yuca son menos efectivas puesto que se descomponen rápidamente durante los primeros tres meses, dejando el suelo expuesto para el crecimiento de las malezas. La práctica de aflojar la superficie del suelo durante la estación seca a fin de romper la capilaridad no fue efectiva en ninguna de las localidades.

En otro ensayo realizado en CIAT-Palmira, la cobertura verde establecida con *Desmodium heterophyllum* y con frijol intercalado, dio un control similar al obtenido con la desyerba manual continua. Por otra parte, una cobertura de bagazo de caña mostró un muy buen control inicial pero posteriormente perdió efectividad; se observó una

Cuadro 39. Comparación de los efectos de los tratamientos de oxifluorfen y diuron/alachlor en los rendimientos de raíces frescas y contenido de materia seca del cultivar de yuca CMC 40 en CIAT-Palmira, 1979.

Tratamiento	Dosis (kg i.a./ha)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Contenido de materia seca en las raíces (%)
Oxifluorfen	0.25	18.4a ¹	33.1ab
Oxifluorfen	0.50	19.5a	33.7a
Oxifluorfen	1.00	21.3a	33.6ab
Oxifluorfen	2.00	19.1a	33.5ab
Diuron + alachlor	1.2 + 1.4	21.1a	34.0a
Testigo desyerbado manualmente	-	24.1a	34.1a
Testigo sin desyerbar	-	11.2b	32.3b

¹ Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

situación similar con un herbicida preemergente (Figura 28). La yuca dio los mayores rendimientos cuando se hicieron cuatro desyerbas manuales a los 22, 40, 60 y 115 días después de la siembra. Sin embargo, este sistema de control de malezas también fue el más costoso en términos de la mano de obra requerida (Cuadro 41). El control químico de las malezas requiere menos inversión en mano de obra pero mayores gastos en capital. Los rendimientos de yuca fueron el doble con la utilización de una mezcla de herbicidas preemergentes en comparación con el tratamiento en el cual no se controlaron las malezas, pero todavía fueron un 30% más bajos que los obtenidos en la parcela testigo desyerbada manualmente debido a la competencia de las malezas después de que el efecto inicial del herbicida se perdió. La utilización de coberturas verdes de leguminosas requirió la aplicación de altos niveles de mano de obra y de capital. El alto valor de la semilla de ambas leguminosas explica el costo de capital de estos

sistemas de control de malezas. Ambas leguminosas redujeron el rendimiento de yuca en aproximadamente un 20%, una reducción del rendimiento que fue nivelada por la producción adicional de frijol en el sistema yuca/frijol.

Los dos tipos de coberturas verdes de leguminosas proporcionaron un control muy efectivo de las malezas durante varios meses (Figura 28) pero aun así requirieron una desyerba manual durante la etapa de establecimiento. Como el rendimiento de yuca en los dos tratamientos de coberturas verdes no fue muy diferente del obtenido con coberturas muertas, se puede concluir que la competencia por agua y nutrientes fue mínima. Por lo tanto, el control de malezas mediante el uso de coberturas verdes es otra alternativa, considerando la posibilidad de producir la semilla localmente para reducir el costo de capital y obtener ingresos adicionales de frijol, una cobertura

Cuadro 40. Efecto de las coberturas del suelo en los rendimientos de raíces de yuca, temperatura del suelo y control de malezas al momento de la cosecha en Carimagua (cultivar M Ven 168) y CIAT-Palmira (cultivar M Mex 59).

Tipo de cobertura	Carimagua			CIAT-Palmira	
	Rend. raíces (ton/ha)	Temp. suelo (°C)	Malezas (ton/ha)	Rend. raíces (ton/ha)	Temp. suelo (°C)
Testigo con control de malezas	10.3ab ¹	25	-	24.9ab	23
Testigo sin control de malezas	8.7b	28	31.2	23.1abc	23
Suelo aflojado	8.7b	27	-	22.3abc	23
Hojas de plátano	10.4ab	28	27.0	-	-
Plantas de maíz	12.8a	26	17.0	27.3a	22
<u>Hyparrhenia rufa</u>	12.5a	27	23.5	-	-
Kudzú	12.4a	27	27.5	-	-
Testigo con riego	10.1ab	29	-	17.9c	23
Paja de arroz				22.9abc	23
Hojas/tallos de yuca				19.1bc	24
Hojas de caña de azúcar				26.1a	23
<u>Stylosanthes</u>				25.8a	23

¹ Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

duradera, control de la erosión, fijación de N y forraje de *D. heterophyllum*. El sistema de control de malezas utilizando una cobertura de bagazo de caña es una alternativa que requiere un bajo nivel de mano de obra y de capital. Aun cuando se le cargara un costo alto al transporte de bagazo de caña (durante 1979 el CIAT compró bagazo a razón de Col.\$150/ton, incluyendo \$20 por la materia prima y \$130 por el transporte), el costo total del control de las malezas no sería mucho mayor que el de la mezcla de herbicidas. Además, el uso de coberturas dio un rendimiento de yuca 18% mayor y es una práctica cultural que ecológicamente no es perjudicial.

Los resultados demuestran que el agricultor puede escoger entre una serie de alternativas efectivas y económicas para el control cultural de las malezas según su situación particular de disponibilidad de mano de obra y capital.

Almacenamiento de Material de Siembra

La siembra de yuca frecuentemente sigue los ciclos pluviométricos del año, lo cual ocasiona intervalos

considerables de tiempo entre la cosecha y la siembra siguiente. Durante estos periodos, el material de siembra almacenado está expuesto a daño físico, deshidratación, enfermedades e insectos dañinos. Todos estos factores causan pérdidas en la viabilidad de las estacas y en último término, en el rendimiento de raíces. Los esfuerzos investigativos anteriores (Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978) han demostrado la importancia de prevenir la deshidratación mediante el almacenamiento apropiado y el tratamiento químico de las estacas contra agentes fungosos. Con el fin de probar intervalos de almacenamiento, se realizó un ensayo de campo utilizando la variedad de yuca CMC 76. La duración del almacenamiento fue de 0,30,60 y 90 días a temperatura ambiente en un cuarto seco, en un sitio sombreado del campo o en un silo de tierra. Todo el material se trató antes de su almacenamiento con BCM y captán a razón de 3000 ppm cada uno. Después del periodo de almacenamiento, las estacas de 1 m se cortaron en trozos de 20 cm, se trataron por inmersión en la mezcla recomendada fungicida-insecticida-micronutrientes y se sembraron en camellones a una distancia de 1 x 1 m. El campo se regó previamente para asegurar condiciones óptimas de humedad al momento de la siembra.

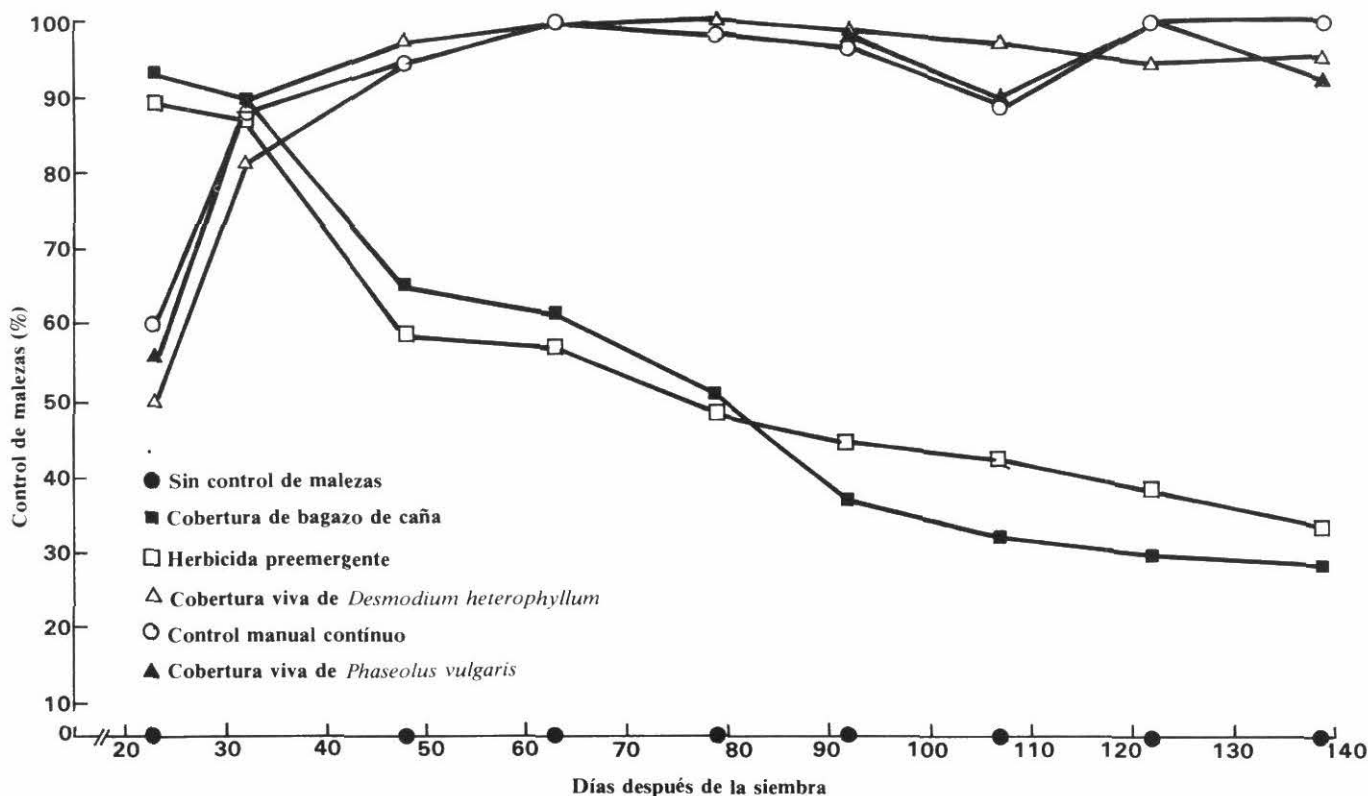


Figura 28. Evaluación visual del control de malezas proporcionado por diferentes sistemas de control cultural en yuca, CIAT-Palmira, 1978-79.

Cuadro 41. Efecto de los sistemas de control de malezas en el costo del control y en el rendimiento de la variedad de yuca CMC 40 en CIAT-Palmira, 1979.

Sistema de control de malezas	(Col.\$/ha)			Rend. raíces frescas (ton/ha)
	No. desyerbas manuales	Mano de obra	Capital	
Sin control de malezas	-	-	-	12.9
Herbicida preemergente ¹	-	200	2100	23.4
Cobertura de bagazo de caña de azúcar ²	-	1200	340	27.6
Cobertura viva de <u>Phaseolus vulgaris</u> ³	2	5000	6600	26.8
Cobertura viva de <u>Desmodium heterophyllum</u> ⁴	2	5800	2400	26.9
Desyerba manual ⁵	4	9600	-	33.2
CV %				13.6
DE				2.97

1 Linuron (1 kg de producto comercial/ha) + fluorodifen (7 l de producto comercial/ha); 1 día-hombre/ha para la aplicación.

2 Bagazo de caña de azúcar a razón de 17 ton/ha, Col.\$20/ton (costo del transporte no incluido); 6 días-hombre/ha para la aplicación.

3 Fríjol negro, cultivar Porrillo Sintético, intercalado a razón de 120 kg de semilla/ha, Col.\$55/kg de semilla; 25 días-hombre para la desyerba inicial. El rendimiento de fríjol seco obtenido fue de 1.94 ton/ha.

4 Desmodium heterophyllum intercalado a razón de 4 kg de semilla/ha, Col.\$600/kg de semilla; 29 días-hombre para la desyerba inicial.

5 Cuarenta y ocho días-hombre para la desyerba manual.

Cuando las condiciones de almacenamiento fueron adecuadas (temperatura ambiente en cuarto seco o al aire en un sitio sombreado), la tasa de germinación fue mayor en el material almacenado que en el material de siembra fresco, independientemente de la duración del almacenamiento (Figura 29). Aun con un almacenamiento inadecuado (silo de tierra), el material de siembra almacenado durante 30 días mostró inicialmente una tasa de germinación más alta en comparación con el material de siembra fresco. El porcentaje final de germinación casi no fue afectado por la duración del almacenamiento cuando las condiciones fueron adecuadas, alcanzando niveles del 95-100% en todos los intervalos de almacenamiento. En contraste, el porcentaje final de germinación fue considerablemente reducido por los mayores períodos de almacenamiento cuando las condiciones fueron inadecuadas.

Rendimiento de raíces

El rendimiento de raíces fue afectado tanto por la duración como por las condiciones de almacenamiento (Cuadro 42). El rendimiento disminuyó cuando el período de almacenamiento de las estacas fue más prolongado bajo cualquiera de las condiciones de almacenamiento, pero la reducción del rendimiento fue más drástica bajo las condiciones de almacenamiento inadecuadas. Los efectos tanto de la duración como de las condiciones de almacenamiento fueron altamente significativas ($P=0.001$). También se encontró una interacción altamente significativa entre la duración del almacenamiento y las condiciones del mismo, la cual indica que, a medida que aumenta el período de almacenamiento, adquieren mayor importancia las condiciones bajo las cuales se almacena el material de siembra.

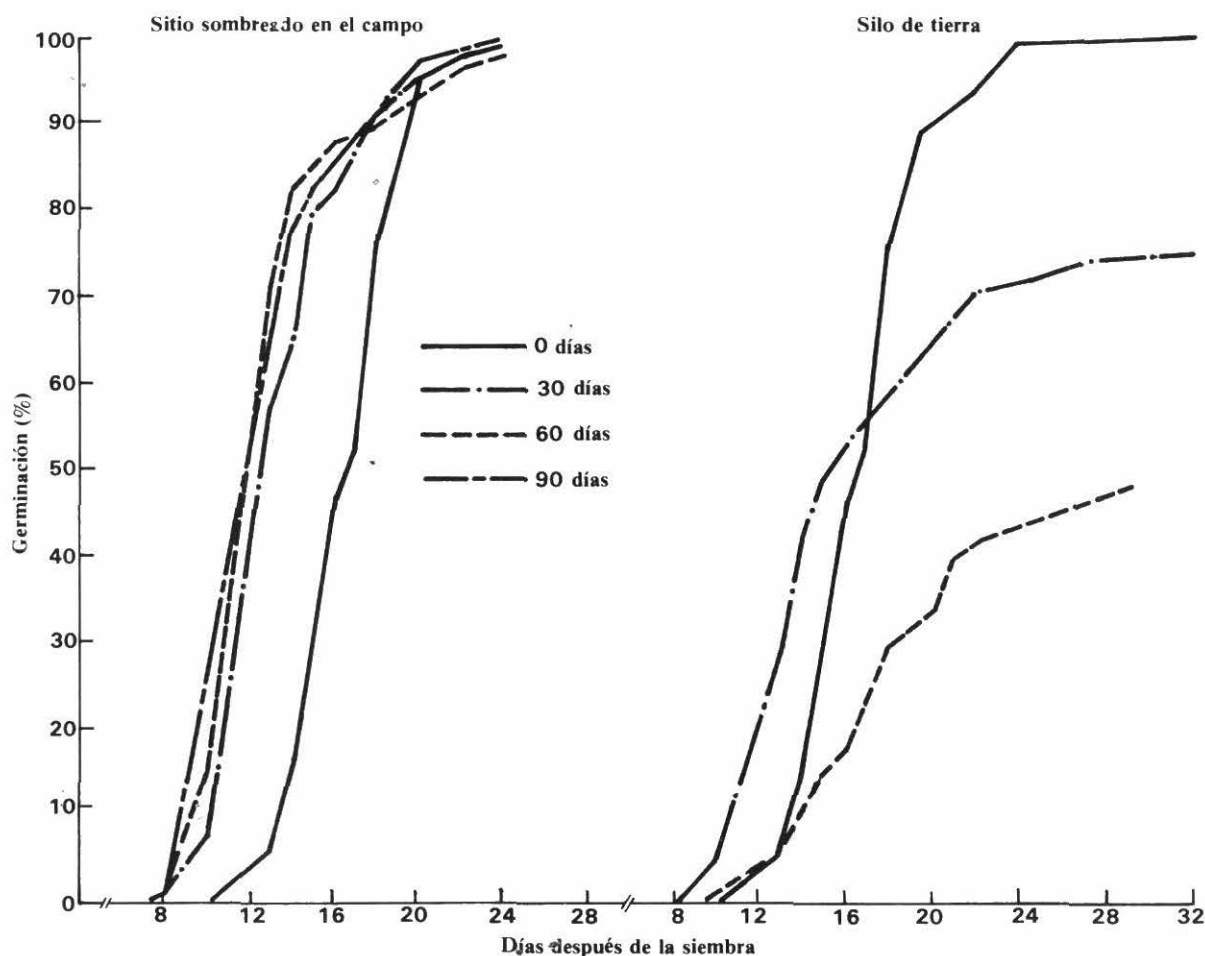


Figura 29. Germinación del material de siembra de yuca de la variedad CMC 76 almacenado por diferentes intervalos, bajo dos condiciones de almacenamiento.

El mejor tratamiento fue el de almacenamiento de estacas de 1 m en posición vertical bajo una cobertura sombreada de bambú. El enraizamiento de las estacas en el suelo y el brote de algunas yemas apicales no fue perjudicial para la preservación del material. Las estacas envueltas en plástico y enterradas en silos de tierra a 80 cm de profundidad sufrieron por un exceso de humedad debido a la transpiración y se presentó una germinación prematura y baja. Bajo estas condiciones, la variación en el rendimiento de raíces se explicó con base en el porcentaje final de germinación, es decir, la población de plantas al momento de la cosecha ($R^2=0.90^{***}$). Sin embargo, bajo condiciones adecuadas de almacenamiento (sitio sombreado en el campo, en el suelo y en posición vertical), una gran parte de la variación en el rendimiento de raíces no fue explicada por la población de plantas al momento de la cosecha ($R^2=0.42$) lo cual indica que otros factores relacionados con la duración del almacenamiento también influyeron en el rendimiento (Figura 30).

Número y tamaño de raíces

Las plantas provenientes de material de siembra almacenado presentaron un número total de raíces y de raíces comerciales/planta menor en comparación con plantas derivadas de material de siembra fresco aunque para éstas las condiciones de almacenamiento no hayan sido adecuadas (Caudro 43).

Las plantas con un menor número de raíces presentaron un mayor tamaño de las mismas, pero éste no aumentó lo suficiente para estabilizar los rendimientos. La disminución en el número total de raíces y en el número de raíces comerciales fue evidente y puede explicar parte de la disminución del rendimiento dado por las estacas que se almacenaron durante un período más prolongado ($R^2=0.80^{***}$).

Cuadro 42. Efecto de las condiciones y del tiempo de almacenamiento de las estacas de siembra en el rendimiento de raíces frescas de yuca de la variedad CMC 76.

Condiciones del almacenamiento	Duración del almacenamiento (días)	Población a la cosecha (%)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)
Cuarto seco, estacas de 1 m, posición vertical	0	100	35.5
	30	100	29.7
	60	98	26.9
	90	98	24.0
Sitio sombreado en el campo, estacas de 1 m sobre el suelo, posición horizontal	0	100	35.5
	30	100	24.5
	60	100	24.0
	90	94	25.5
Sitio sombreado en el campo, estacas de 1 m sobre el suelo, posición vertical	0	100	35.5
	30	100	31.9
	60	100	27.8
	90	96	23.9
Silo de tierra, estacas de 1 m envueltas en plástico, posición horizontal	0	100	35.5
	30	73	20.3
	60	65	19.6
	90	0	0.0
Silo de tierra, estacas de 20 cm envueltas en plástico, posición horizontal	0	100	35.5
	30	96	31.5
	60	79	21.8
	90	0	0.0
CV %		8.7	16.0
DE		7.26	3.9

Conclusiones

- Con el tratamiento químico y las condiciones apropiadas de almacenamiento, el material de siembra de yuca se puede preservar durante varios meses y asegurar una buena germinación.
- En climas tropicales no es necesario hacer una construcción costosa para el almacenamiento si se dispone de un sitio sombreado en el campo.
- A medida que la duración del almacenamiento aumenta, las condiciones bajo las cuales se almacena el material de siembra se tornan más críticas.
- Con la germinación completa alcanzada mediante el tratamiento químico y el almacenamiento apropiado de las

estacas, la reducción del rendimiento debida a la duración del almacenamiento no se explica adecuadamente mediante el parámetro de la población de plantas al momento de la cosecha. Bajo estas condiciones, existen otros factores que afectan el sistema radical y el crecimiento aéreo de la planta como consecuencia de la duración del almacenamiento y que son los responsables de la variación observada en los rendimientos.

Cultivos Múltiples

La investigación con fríjol permitió el establecimiento de algunos de los principios fisiológicos y agronómicos del intercalamiento yuca/leguminosas. Sin embargo, el fríjol no se encuentra bien adaptado a los trópicos bajos y húmedos y presenta un comportamiento pobre en los suelos ácidos e

infértiles en donde la yuca tiene potencial para dar muy buen rendimiento. Por lo tanto, se inició la identificación de especies y genotipos de leguminosas con potencial para su cultivo intercalado con yuca. Esto se logró mediante la selección de colecciones de frijol por su adaptación y tolerancia a las condiciones de suelos ácidos y pobres, su hábito de crecimiento, duración del crecimiento, rendimiento y efecto competitivo de la yuca. Para efectos de la

siembra simultánea de la yuca con la leguminosa, ésta no debe tener un hábito de crecimiento agresivo (erecto o postrado, pero trepador), debe cubrir rápidamente el suelo y madurar en menos de 100 días. La precocidad es esencial para que la leguminosa alcance la etapa del llenado de vainas antes de que la yuca comience a cerrar las hileras y el sombrío se torne severo. También se iniciaron trabajos para determinar las prácticas agronómicas óptimas tales como la densidad de siembra de las leguminosas y el ordenamiento especial para su asociación con yuca.

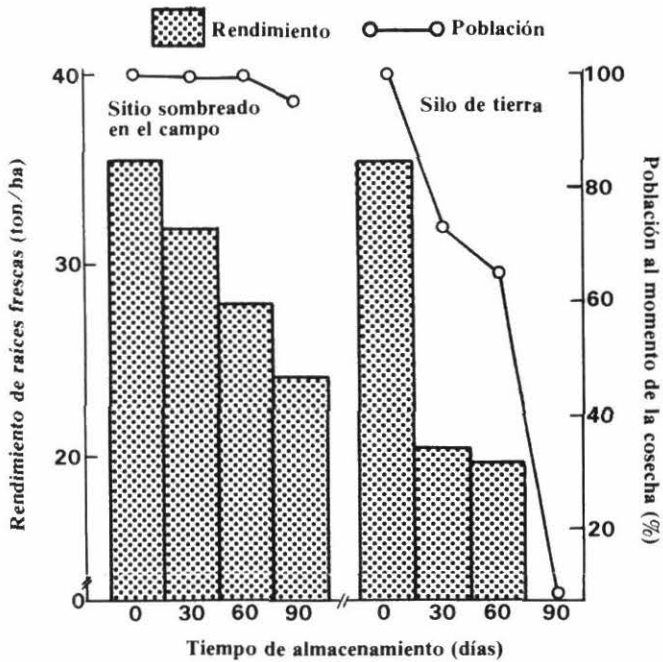


Figura 30. Efecto de la duración y de las condiciones de almacenamiento del material de siembra de yuca en el rendimiento de raíces frescas y población de plantas al momento de la cosecha.

Condiciones del suelo

La mayoría de los ensayos se realizaron en un Ultisol (Ortoxic Palehumult) en CIAT-Quilichao. La selección de las leguminosas también se hizo en CIAT-Palmira y Caribia.

El potencial del caupí y del maní como cultivos para su asociación con yuca en suelos pobres se pudo observar por los rendimientos razonables de grano que se obtuvieron con bajas dosis de aplicación de fertilizantes.

Selección de especies y cultivares

En CIAT-Quilichao, Caribia y CIAT-Palmira se ensayaron colecciones de 61 variedades de caupí (*Vigna unguiculata*), 66 de frijol mungo (*Vigna radiata*), 14 de guandul (*Cajanus cajan*), 9 de frijol alado (*Psophocarpus tetragonolobus*), 8 de soya (*Glycine max* L.), 3 de frijol lima (*Phaseolus lunatus*), 2 de frijol terciopelo (*Strizolobium derringianum*) y 1 cultivar de frijol jack (*Canavalia*

Cuadro 43. Efecto de la duración del almacenamiento de material de siembra en las características de las raíces de yuca de la variedad CMC 76 cosechada 11 meses después de la siembra.

Duración del almacenamiento (días)	No. total de raíces/planta	No. de raíces comerciales/planta	Tamaño promedio de raíz	
			Longitud (cm)	Perímetro (cm)
0	12.2a ¹	7.5a	26.3a	19.8ab
30	11.5a	6.2ab	26.1a	19.3b
60	9.4b	5.1b	27.2a	21.1a
90	10.7ab	5.8b	26.7a	21.0a

1 Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

ensiformis), frijol sword (*Canavalia gladiata*) y maní (*Arachis hypogea*), para evaluar su hábito de crecimiento, duración del ciclo de cultivo y rendimiento en monocultivo y en asociación con yuca. Se hizo una aplicación basal de correctivos y fertilizantes (0.5 ton/ha de cal dolomítica y 50, 44, 62.25 y 10 kg/ha de N, P, K y Zn, respectivamente) a las colecciones sembradas en CIAT-Quilichao, en tanto que no se aplicó fertilizante en las localidades de fertilidad media y alta de Caribia y CIAT-Palmira, respectivamente. Sin embargo, en CIAT-Palmira las leguminosas recibieron una inoculación de *Rhizobium* y tres aspersiones foliares con N, Zn y B.

En los ensayos de selección, la especie que dio la productividad más alta en CIAT-Quilichao y que se adaptó a las condiciones en las otras dos localidades fue *V. unguiculata* (Cuadro 44). Cultivares sobresalientes tales como TVX 1193-059D, TVU 1977-OD y TVX 1836-9E dieron rendimientos de más de 2000 kg/ha de grano en monocultivo y también dieron los mayores rendimientos en sistemas intercalados. La variedad local de maní ICA-Tatui 76, cultivada en CIAT-Quilichao en monocultivo y en asociación con yuca también se adaptó a los suelos ácidos e infértiles y presentó un ciclo de crecimiento corto y un hábito de crecimiento adecuado para su intercalamiento

Cuadro 44. Rendimiento de grano y duración del crecimiento de especies de leguminosas ensayadas en monocultivo para probar su adaptación a tres localidades, 1979.

Especie	Localidad					
	CIAT-Quilichao		Caribia		CIAT-Palmira	
	Rend. (kg/ha)	Días hasta madurez	Rend. (kg/ha)	Días hasta madurez	Rend. (kg/ha)	Días hasta madurez
<u><i>Vigna unguiculata</i></u>						
Media de 61 cultivares	1179	82	799	62	2522	79
<u><i>Vigna radiata</i></u>						
Media de 66 cultivares	31	79 ¹	1245	58	1620	66 ¹
<u><i>Arachis hypogea</i></u>						
1 cultivar	1822 ²	106 ³	-	-	3080 ²	114 ³
<u><i>Stizolobium derringtonum</i></u>						
Media de 2 cultivares	948	143	-	-	-	-
<u><i>Psophocarpus</i></u>						
Media de 9 cultivares	11	113 ¹	-	-	3151	64 ⁴
<u><i>Phaseolus lunatus</i></u>						
Media de 3 cultivares	5	-	-	-	3480	80
<u><i>Cajanus cajan</i></u>						
Media de 14 cultivares	0	-	-	-	3359	96
<u><i>Canavalia ensiformis</i></u>						
1 cultivar	0	-	-	-	-	-
<u><i>Canavalia gladiata</i></u>						
1 cultivar	0	-	-	-	-	-

1 Días hasta la primera cosecha de vainas maduras.

2 Rendimiento de maní sin descascarar.

3 Días hasta la madurez fisiológica.

4 Días hasta la floración de vainas.

con yuca. El frijol mungo no se adaptó a las condiciones de CIAT-Quilichao pero probó ser muy productivo en CIAT-Palmira y en Caribia en donde parece ser un cultivo excelente para su asociación con yuca debido a su bajo

efecto competitivo. Las otras leguminosas ensayadas en CIAT-Quilichao no dieron rendimientos satisfactorios o maduraron tarde o fueron inadecuadas para su intercalamiento con yuca.

Cuadro 45. Efecto competitivo entre diferentes leguminosas y yuca en CIAT-Quilichao y Caribia, 1978.

Intercalado	Rendimiento de grano			Rendimiento de raíces		
	Monocultivo (kg/ha)	Intercalado (kg/ha)	Reducción (%)	Monocultivo (ton/ha)	Intercalado (ton/ha)	Reducción (%)
<u>Caupí/yuca¹</u>						
Ensayo de rendimiento (CIAT-Quilichao)	2156	1944	10	40.8	26.3	36
<u>Caupí/yuca²</u>						
Ensayo de selección (CIAT-Quilichao; promedio de 61 cultivares de caupí)	1179	459	61	19.3	14.3	26
<u>Fríjol mungo/yuca³</u>						
Ensayo de rendimiento (Caribia)	1359	847	38	34.6	34.4	1
<u>Fríjol mungo/yuca²</u>						
Ensayo de selección (CIAT-Quilichao; pro- medio de 66 cultivares)	31	6	81	19.3	19.2	1
<u>Guandul/yuca²</u>						
Ensayo de selección (CIAT-Quilichao; pro- medio de 24 cultivares)	0	0	-	19.3	16.6	14
<u>Fríjol jack/yuca²</u>						
Ensayo de selección (CIAT-Quilichao; 1 cultivar)	0	765	-	19.3	10.8	44
<u>Fríjol sword/yuca²</u>						
Ensayo de selección (CIAT-Quilichao; 1 cultivar)	0	0	-	19.3	6.3	68
<u>Maní/yuca⁴</u>						
Ensayo de rendimiento (CIAT-Quilichao)	1822	1543	15	34.1	28.0	18

1 Cultivar de yuca CMC 40 con caupí TVU-201-ID.

2 Cultivar de yuca CMC 84.

3 Cultivar de yuca M Col 22 con frijol mungo 1380 Mg 50-10A.

4 Cultivar de yuca CMC 40 con maní ICA-Tatui 76. Las cifras de rendimiento corresponden al maní sin descascarar.

Efecto del intercalamiento leguminosa/yuca en los rendimientos

Las leguminosas compitieron con la yuca en diferentes formas, según su desarrollo vegetativo. En general, cuando las leguminosas exhibieron un crecimiento vegetativo y reproductivo vigoroso, los rendimientos de yuca se redujeron en mayor grado (Cuadro 45). *C. ensiformis* y *C. gladiata* disminuyeron en mayor grado el rendimiento de yuca, posiblemente debido a su crecimiento vegetativo vigoroso, pero la producción de grano fue baja o nula. El caupí redujo la producción de raíces de yuca en menor grado; además, sufrió una menor reducción en el rendimiento de grano en el ensayo de selección que en el ensayo de rendimiento, en el cual la fertilidad del suelo fue más alta. El frijol mungo, que tuvo un comportamiento pobre aun en monocultivo, sufrió una reducción severa en su rendimiento en asociación con yuca bajo las condiciones de CIAT-Quilichao en tanto que los rendimientos de yuca no fueron afectados. Sin embargo, en Caribia el frijol mungo presentó un buen comportamiento tanto en monocultivo como en asociación. El maní fue consistente en su respuesta, sufriendo poca reducción de rendimiento al intercalarlo con yuca; en comparación con las otras especies de leguminosas, el maní compitió con la yuca en menor grado.

Estos resultados indican que la yuca tiene una mayor ventaja competitiva sobre los otros cultivos en condiciones de baja fertilidad del suelo. Mientras que las diferencias en el efecto competitivo con la yuca fueron marcadas entre especies, la variación en el hábito de crecimiento (muy erecto, semierecto, o postrado) en una especie ejerció una influencia menor en el rendimiento de yuca.

Densidad de siembra y ordenamiento espacial

La investigación sobre la asociación yuca/frijol en CIAT-Palmira mostró que mediante la siembra simultánea de ambas especies en las densidades normalmente utilizadas en monocultivo se obtienen los índices equivalentes de tierra más altos y los mayores rendimientos totales. Con el fin de validar esta práctica con caupí y maní bajo las condiciones de suelos ácidos e infértiles, se establecieron ensayos en CIAT-Quilichao utilizando densidades de 110,000, 220,000 y 550,000 plantas/ha. La densidad de yuca se mantuvo constante en 9259 plantas/ha a distancias de siembra de 1.8 x 0.6 m. A su vez, se ensayaron diferentes ordenamientos espaciales de las leguminosas entre las hileras de yuca (Figura 31).

Los resultados del rendimiento del caupí intercalado con yuca mostraron que los mayores rendimientos se obtuvieron con 110,000 plantas/ha, una densidad corrientemente utilizada para la siembra de caupí en monocultivo (Figura 32).

Los datos de rendimiento obtenidos con la yuca mostraron que la densidad de 110,000 plantas de caupí/ha da el menor efecto competitivo en yuca (Figura 33). En un ensayo adicional de yuca/caupí, se ensayaron densidades de 70,000, 100,000 y 150,000 plantas de la leguminosa/ha; se observó poca diferencia entre los rendimientos de caupí en las primeras dos densidades, pero disminuyeron al utilizar la población de plantas más alta. De esta manera se confirmó que en sistemas intercalados con yuca una densidad de siembra de aproximadamente 100,000 plantas de caupí/ha se puede utilizar de manera segura para intercalarla con yuca. La densidad de siembra también afectó los rendimientos de maní, obteniéndose los más altos a una densidad de 220,000 plantas/ha (Figura 32). La yuca de este ensayo aún no se había cosechado para obtener los datos respectivos de rendimiento.

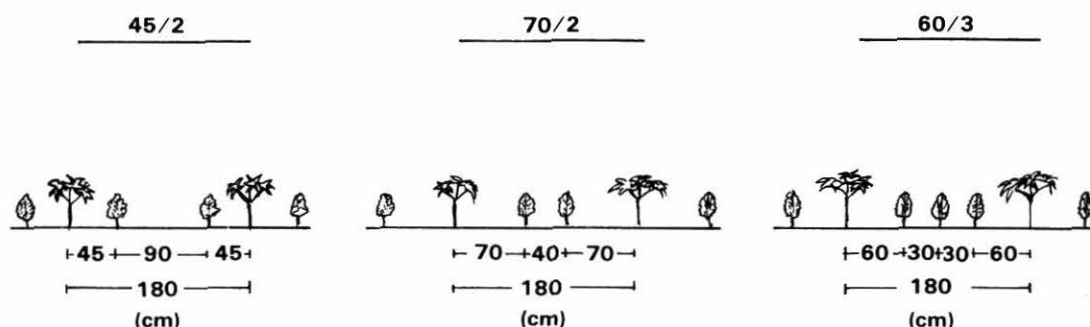


Figura 31. Ordenamiento de las hileras para las asociaciones de leguminosas/yuca.

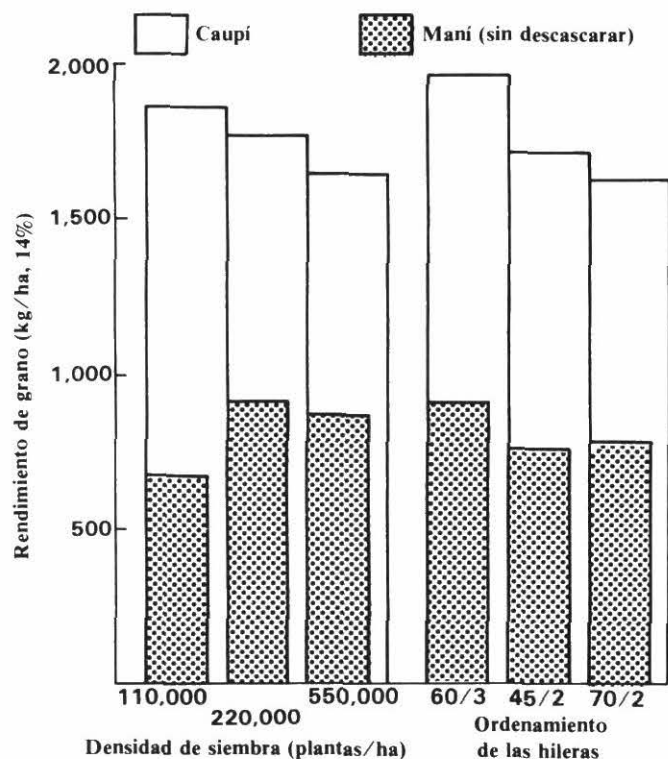


Figura 32. Efecto de la densidad de siembra de la leguminosa y del ordenamiento de las hileras en asociaciones de leguminosas/yuca, sobre el rendimiento de grano de la variedad de caupí TVU 354-1B y de la variedad de maní ICA-Tatui 76, en CIAT-Quilichao, 1979.

Los rendimientos de grano tanto de caupí como de maní mostraron una ventaja diferente del sistema de ordenamiento espacial 60/3 (Figura 32). En el caso del caupí, el sistema 70/2 dio el rendimiento más bajo, posiblemente debido a un aumento en la competencia intraespecífica. El maní dio el menor rendimiento en el

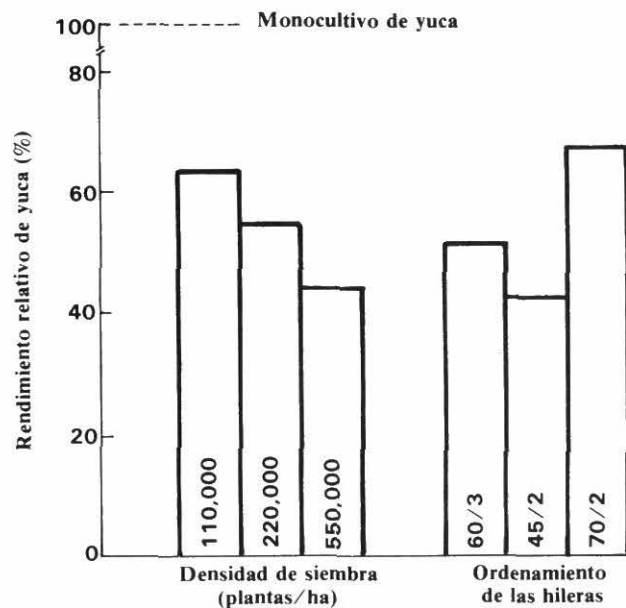


Figura 33. Efecto de la densidad de siembra del caupí y del ordenamiento de las hileras en el rendimiento de raíces frescas de la variedad de yuca CMC 40 en CIAT-Quilichao, 1979.

sistema 45/2 lo cual se puede deber a una mayor competencia de la yuca. Los rendimientos de raíces de yuca en el ensayo con caupí fueron menos afectados por el sistema 70/2 y más afectados por el sistema 45/2 (Figura 33). Como resultado, el ordenamiento espacial 60/3 parece ser la alternativa razonable que combina una reducción intermedia en el rendimiento de yuca y un máximo rendimiento de la leguminosa. Sin embargo, si se quiere hacer énfasis en el rendimiento de yuca, es preferible utilizar el ordenamiento espacial 70/2.

SUELOS Y NUTRICION DE LA PLANTA

Un objetivo primordial del Programa de Yuca del CIAT es desarrollar tecnología para la producción de yuca en los suelos ácidos e infértiles. La estrategia para alcanzar este objetivo sigue un enfoque de dos vías: 1) el desarrollo de germoplasma de yuca que presente buena adaptación a los suelos ácidos de baja fertilidad y 2) desarrollo de criterios de diagnóstico para determinar el tipo y cantidad de fertilizante que se requiere y determinar la manera más efectiva para su aplicación.

A fin de desarrollar germoplasma adaptado a los suelos ácidos e infértiles es necesario evaluar el germoplasma existente por su adaptación a factores específicos que limitan la producción de yuca en estos suelos. Los bajos niveles de P aprovechable y los altos niveles de Al intercambiable se habían identificado como factores que limitan severamente los rendimientos de yuca. En consecuencia, un gran número de cultivares del banco de germoplasma se está evaluando por su tolerancia a los bajos niveles de P y altos niveles de Al en soluciones nutritivas o directamente en el campo.

Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P en Soluciones Nutritivas

Durante 1979 se evaluó un total de 270 cultivares en soluciones nutritivas. Durante tres semanas se cultivaron cuatro plántulas enraizadas de cada material en dos soluciones nutritivas con 0 y 16 ppm de P adicionado. Al final de este período se calculó un índice de tolerancia al P mediante la división de la producción de materia seca en un nivel de 0 ppm de P por la producción obtenida con 16 ppm de P. A pesar de que el 32% del material fue altamente tolerante (índice de tolerancia del 80%) la consistencia de los resultados no fue buena debido a las grandes variaciones entre plantas individuales. Utilizando más repeticiones y un período de crecimiento más prolongado se mejoraría la metodología de la solución nutritiva pero a expensas de sus principales ventajas — la rapidez y simplicidad de la selección. Actualmente se están investigando mejoramientos en la metodología, incluyendo un testigo con bajo nivel de P pero no totalmente sin P.

Selección por Tolerancia a Bajos Niveles de P en el Campo

En CIAT-Quilichao se sembraron 32 cultivares en un ensayo de selección por tolerancia a bajos niveles de P en el campo. Las parcelas recibieron 0 y 100 kg de P_2O_5 / ha (el año anterior las mismas parcelas habían recibido 0 y 200 kg de P_2O_5 / ha).

La mitad de las parcelas con P se cosecharon a los cinco meses y la otra mitad a los 12 meses. Como en 1978, el índice de tolerancia a bajos niveles de P para cada cultivar se calculó de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Rendimiento con O P}}{\text{Rendimiento con } 100 P_2O_5} \times \frac{\text{Rendimiento con O P}}{\text{Mayor rendimiento con O P}} \times 100$$

El análisis de regresión de los índices de tolerancia a bajos niveles de P determinados a los cinco meses utilizando el peso fresco total, con los determinados a los 12 meses para la producción de raíces, dio un bajo coeficiente de correlación de 0.27. Un análisis similar utilizando el rendimiento de raíces a los cinco meses para calcular los índices de tolerancia de P dio un valor para el r de sólo 0.22. La falta de correlación entre la respuesta al P a los cinco meses y a los 12 meses indica que será necesario esperar todo un año para determinar el nivel de tolerancia de un cultivar a los suelos con bajos niveles de P.

El índice de tolerancia al P varió entre 4.2 y 81.5, con un promedio de 31.7. Los mejores cultivares fueron: M Col 1292, M Mex 59, M Col 1684, M Ven 156 y CMC 84 los cuales presentaron un índice de tolerancia por encima de 50.

Selección por Tolerancia a los Suelos Ácidos a Nivel de Campo

En 1977 se habían establecido en CIAT-Quilichao bloques de encalamiento mediante la aplicación de 0, 0.5, 2.0 y 6.0 ton de cal calcítica / ha. Estos bloques se utilizaron en 1978 para la selección de 30 cultivares de yuca por su tolerancia a los suelos ácidos. El encalamiento aumentó el pH del suelo, el contenido de Ca y el de Mg, y disminuyó el Al intercambiable y el Mn disponible como se muestra en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Efecto del encalamiento en las características químicas en un suelo de CIAT-Quilichao.

Cal (ton/ha)	pH	Al	Ca (meq/100 g)	Mg	K	Sat. de Al (%)	Mn (ppm)	P
0	4.05	3.90	0.69	0.23	0.15	77	49	21.8
0.5	4.17	3.57	1.13	0.25	0.15	69	51	20.9
2	4.55	2.07	3.01	0.28	0.15	37	35	17.1
6	5.30	0.20	7.09	0.28	0.16	2	19	17.1

Al momento de la cosecha hubo una respuesta pequeña pero altamente significativa al encalamiento, el cual aumentó el promedio de los rendimientos de raíces de 2.09 a 2.15, 2.22 y 2.34 kg/m² con la aplicación de 0.5, 2.0 y 6.0 ton de cal/ha, respectivamente. El rendimiento promedio de raíces sin cal fue del 90% de los obtenidos con 6.0 ton/ha de cal aplicada. Mediante la comparación de los rendimientos de raíces con 0 y 6.0 ton de cal/ha, se calcularon los índices de tolerancia a los suelos ácidos según la fórmula:

$$\frac{\text{Rendimiento con 0 cal}}{\text{Rendimiento con 6 ton de cal}} \times \frac{\text{Rendimiento con 0 cal}}{\text{Mayor rendimiento con 0 cal}} \times 100$$

Estos índices oscilaron entre 3.3 y 103.3 y los mejores cultivares fueron M Col 706, M Col 1787A, M Ecu 56, M Ecu 69 y M Ecu 154 los cuales presentaron un índice de tolerancia por encima de 50. M Col 706 produjo un rendimiento de 61 ton/ha sin cal en un solo surco y rendimientos significativamente mayores que cualquier otro cultivar en todos los niveles de cal, con excepción de M Ven 87 el cual dio el mayor rendimiento con 6 ton de cal/ha.

A pesar de que la yuca es extremadamente tolerante a un bajo pH y a un alto nivel de Al intercambiable y presenta poca respuesta al encalamiento, se espera que con el tiempo la respuesta a la cal sea más significativa en este suelo. La acidez residual de los fertilizantes y la mineralización de la materia orgánica (7-9%) disminuyó el pH en algunos terrenos de 4.7 a 4.0 durante un año a pesar de que se había aplicado 0.5 ton/ha de cal. Esta disminución gradual del pH no sólo aumentó el Al intercambiable sino que aumentó en gran medida la solubilidad del Mn; en algunas áreas la concentración de Mn del suelo fue superior a 200 ppm y por encima de 1000 ppm en las hojas superiores de la

yuca. Estos niveles están muy por encima del nivel crítico (aproximadamente 200 ppm en las hojas) y pueden causar severas disminuciones en el rendimiento.

Requerimientos de P y Fertilización

En 1977 se determinó el requerimiento externo de P de la yuca mediante la siembra del cultivar Llanera en CIAT-Quilichao y en Carimagua. Las parcelas recibieron varios niveles de superfosfato triple (SFT) incorporado, correspondientes a concentraciones de P en la solución del suelo entre 0.005 y 0.2 ppm, según las isotermas de absorción de P. La primera siembra en CIAT-Quilichao resultó en un requerimiento externo de P de aproximadamente 0.02 ppm (Informe Anual del CIAT, 1978). La resiembra de las mismas parcelas sin aplicaciones adicionales de P resultó solamente en una respuesta menor al P; los rendimientos aumentaron de 19.7 a 25.3 ton/ha con la aplicación inicial de 322 kg de P₂O₅/ha (0.01 ppm en la solución del suelo). Los rendimientos disminuyeron a 21-22 ton/ha con dosis más altas de P. Estos bajos rendimientos en comparación con el rendimiento de 48 ton/ha obtenido en 1978, se atribuyen a la disminución global en la capacidad del rendimiento de este cultivar en todos los ensayos. También se puede deber a una mayor fijación de P con el tiempo, como lo indicó la disminución del P extraído por Bray II. Una liberación lenta del P orgánico mineralizado también pudo haber disminuido la respuesta, aunque el nivel de P en el suelo y el rendimiento de la parcela testigo no fueron significativamente diferentes de los obtenidos el año pasado.

En Carimagua, la respuesta inicial al P aplicado fue buena; las plantas en las parcelas testigo presentaron los síntomas típicos de deficiencia de P y las plantas en las parcelas que recibieron altos niveles de P presentaron un

crecimiento muy vigoroso. Aunque Llanera es tolerante al CBB, su crecimiento vigoroso favoreció el ataque severo de esta enfermedad, afectando considerablemente los rendimientos de raíces. Los rendimientos aumentaron de 5.8 a 14.2 ton/ha con la aplicación de 42 kg de P_2O_5 /ha (0.02 ppm de P en la solución del suelo). Por encima de esta dosis, los rendimientos disminuyeron a un nivel de aproximadamente 9-10 ton/ha. A pesar de que la respuesta al P fue altamente significativa, las altas dosis de aplicación de P disminuyeron el índice de cosecha de 0.51 a 0.35, posiblemente debido a un crecimiento aéreo excesivo. El bajo índice de cosecha contrasta con índices de 0.72-0.77 determinados para la variedad Llanera en años anteriores (Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978).

La aplicación de 42 kg de P_2O_5 /ha no solamente aumentó el rendimiento de raíces sino que también aumentó el contenido de almidón de 28.7 a 31.8%, lo cual resultó en un aumento en el rendimiento de almidón de 1.7 a 4.5 ton/ha.

Fuentes y Métodos de Aplicación de P

Las fuentes y los métodos de aplicación de P pueden afectar los rendimientos y la dosis de aplicación. En colaboración con el Proyecto Fósforo CIAT/IFDC, se realizaron en CIAT-Quilichao dos ensayos con Llanera en los cuales se probaron diferentes fuentes de P en aplicaciones en banda o al voleo. Las fuentes de P utilizadas fueron SFT, roca fosfórica del Huila, fosfato de magnesio fundido, rocas fosfóricas granuladas o no granuladas y parcialmente aciduladas y varias combinaciones de rocas fosfóricas con SFT. A pesar de que Llanera había respondido considerablemente a las aplicaciones de P en esta localidad en 1978, no hubo respuesta en términos del rendimiento de raíces en ninguno de los dos ensayos realizados este año; sin embargo, los rendimientos de follaje aumentaron marcadamente debido a las aplicaciones de P. La falta de respuesta a la aplicación de P pareció ser debida a una translocación inadecuada de carbohidratos de las partes aéreas a las raíces (índice de cosecha de solo 0.3-0.4) y a la alta tasa de mineralización del P orgánico en el suelo.

En Carimagua se sembró otro ensayo utilizando la variedad Llanera para determinar el mejor método de aplicación de SFT, superfosfato simple (SFS), Escorias Thomas y roca fosfórica del Huila, en dosis de 100, 200 y 400 kg de P_2O_5 /ha. Las plantas presentaron un vigor bajo y fueron severamente afectadas por el CBB. Los rendimientos fueron bajos, oscilando entre 6.0 y 8.5 ton/ha (Figura 34). Hubo una respuesta altamente significativa a las dosis

de aplicación de P, pero no hubo una diferencia significativa entre las fuentes. La concentración del SFT en una banda cerca de la planta tendió a aumentar los rendimientos, en tanto que la aplicación de SFS, Escorias Thomas y roca fosfórica del Huila al voleo tendió a ser superior a la aplicación en banda.

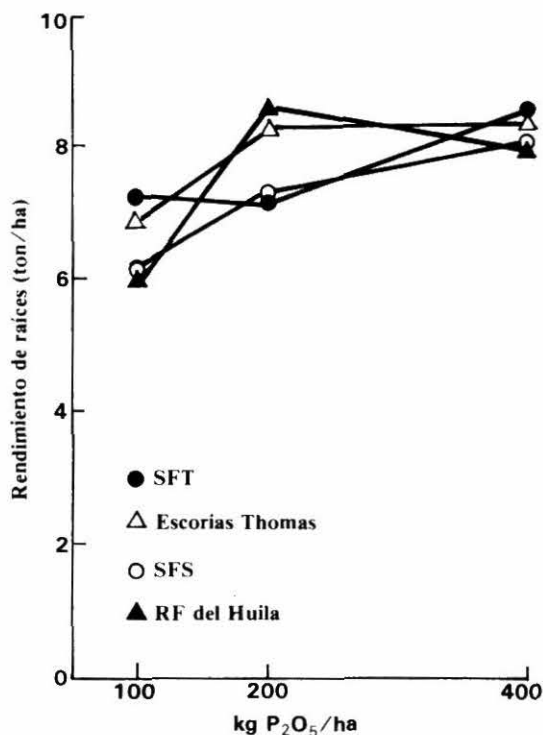


Figura 34. Respuesta en rendimiento del cultivar de yuca Llanera a la aplicación de varios niveles y fuentes de fósforo en Carimagua, 1977B.

El mismo ensayo se sembró en CIAT-Quilichao con M Ven 168 y con la aplicación de SFT, Escorias Thomas y roca fosfórica del Huila. A pesar de que el cultivar sufrió de un ataque severo de trips, el crecimiento de las plantas fue vigoroso y los rendimientos de raíces oscilaban entre 31 y 38 ton/ha. La Figura 35 muestra que la aplicación de todas las fuentes de P resultó en un aumento significativo en el rendimiento hasta una dosis de 400 kg de P_2O_5 /ha. El SFT y las Escorias Thomas fueron fuentes igualmente efectivas excepto en la dosis de 100 kg de P_2O_5 /ha en la cual el SFT fue mejor. La roca fosfórica del Huila fue ligeramente inferior a las otras dos fuentes. Los métodos de aplicación, desde las bandas continuas bajo la estaca hasta las aplicaciones en franjas y al voleo no fueron significativamente diferentes, un resultado más bien sorprendente para este suelo que tiene una alta capacidad de fijación de P.

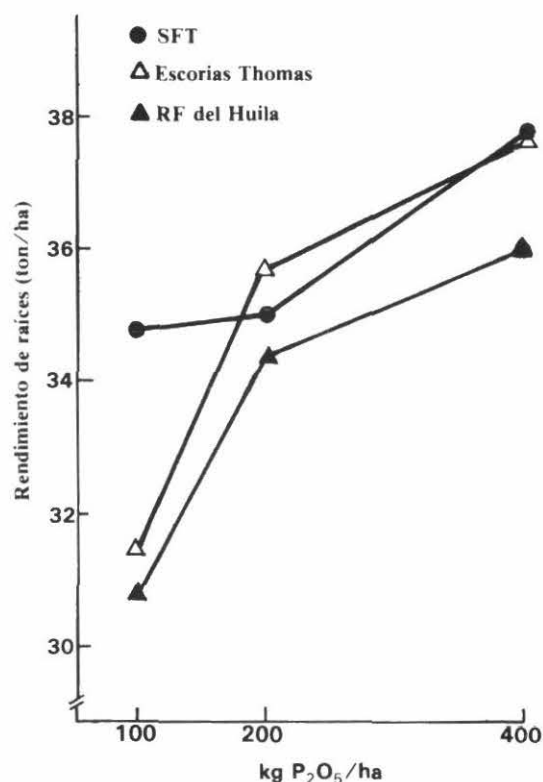


Figura 35. Respuesta en rendimiento del cultivar de yuca M Ven 168 a la aplicación de varios niveles y fuentes de fósforo en CIAT-Quilichao, 1977B.

Efecto de las Micorrizas en la Absorción de P y en el Crecimiento de las Plantas

En la Universidad de Queensland, Australia, se realizaron dos ensayos para estudiar el efecto de la inoculación de micorrizas en la absorción de P y en el crecimiento de la yuca. Uno de los ensayos se realizó en un suelo deficiente en P y el otro en un cultivo en solución nutritiva.

Las plantas de yuca inoculadas y no inoculadas se sembraron en un Oxisol con alta capacidad de fijación de P al cual se le aplicaron ocho niveles de P entre 0 y 16 ton de P/ha. La mitad de los materos se esterilizaron para eliminar la población nativa de micorrizas.

El Cuadro 47 muestra el efecto de la esterilización y de las aplicaciones de P en la concentración de P en la solución del suelo extraída por centrifugación, como también el efecto de la inoculación en los rendimientos de materia seca y la absorción total de P. En el suelo no esterilizado la inoculación ejerció un efecto marcado en el rendimiento de materia seca y en la absorción de P en los niveles intermedios de P de 0.1, 0.5, 1 y 2 ton/ha (0.23, 1.14, 2.3 y 4.58 ton de P₂O₅/ha, respectivamente). Sin embargo, el efecto fue mucho más pronunciado en el suelo esterilizado en el cual la inoculación aumentó el rendimiento de materia seca tres veces y la absorción total de P siete veces (Figura 36).

Cuadro 47. Efectos de la aplicación de P, la esterilización del suelo y la inoculación de micorrizas en la concentración de P de la solución del suelo y en la producción total de materia seca y absorción de P en plantas del cultivar de yuca M Aus 10 cultivadas durante ocho semanas en un Oxisol de Maleny, Queensland, Australia.

P aplicado (ton/ha)	P en la solución del suelo (µM)		Materia seca total (g/planta)				Absorción total de P (mg/planta)			
	SE ¹	E								
			SESI	SEI	ESI	EI	SESI	SEI	ESI	EI
0	-	-	11.7	11.8	10.8	9.5	15	17	7	8
0.1	1.9	2.4	22.5	24.4	12.8	15.6	35	40	8	19
0.5	6.6	4.9	27.6	41.1	13.7	30.7	56	85	8	49
1	14.4	16.1	35.3	41.4	11.4	29.1	66	76	8	47
2	-	39.7	41.6	52.8	20.1	54.7	94	94	14	100
4	38.0	52.0	73.9	76.1	67.6	69.1	120	122	82	157
8	196.0	250.0	96.5	88.4	87.8	84.4	161	167	187	206
16	727.0	795.0	96.7	92.3	65.9	68.0	262	249	247	237

¹ SE = suelo sin esterilizar; E = suelo esterilizado; SESI = sin esterilizar, sin inocular; SEI = sin esterilizar, inoculado; ESI = esterilizado, sin inocular; EI = esterilizado, inoculado.



Figura 36. Efecto de la esterilización del suelo e inoculación de micorrizas en el crecimiento del cultivar de yuca M Aus 10 en un Oxisol de Maleny, Queensland, Australia, al cual se le había aplicado 1 ton de P/ha (equivalente a 2.29 ton de P_2O_5 /ha). Obsérvese el efecto marcado de la inoculación en el suelo esterilizado a la izquierda.

En el suelo esterilizado y con plantas no inoculadas la falta de la asociación con la micorriza eliminó prácticamente la absorción de P hasta que se aplicaron 4 ton de P/ha. Por consiguiente, aparentemente las raíces de yuca sin la micorriza son extremadamente ineficientes para absorber P y dependen en gran medida de una asociación efectiva con una micorriza para absorber el P en suelos deficientes en este elemento.

Estas conclusiones se corroboraron en un ensayo con soluciones nutritivas en el cual las plantas inoculadas y no inoculadas de ocho cultivares de yuca y un cultivar de maíz, arroz, frijol y caupí, se sembraron en cuatro concentraciones constantes de P de 0.1, 1, 10 y 100 μM . La inoculación aumentó considerablemente la producción de materia seca y la absorción de P de todos los cultivares de yuca a un nivel 1 μM de P, en tanto que también aumentó las concentraciones de P en las partes aéreas y raíces a 0.1 μM de P. A concentraciones de 10 y 100 μM de P, las plantas de yuca habían alcanzado un nivel cercano al rendimiento máximo y la inoculación no resultó en la infección de las raíces por la micorriza ni en un efecto benéfico en el rendimiento de materia seca. Ninguna de las otras especies fue infectada en la solución nutritiva y todas alcanzaron su rendimiento máximo a un nivel de 1 μM de P, en tanto que la yuca requirió 10 μM de P. La Figura 37

muestra que, sin la micorriza, la yuca presenta un sistema radical muy ineficiente, en tanto que con micorriza, la absorción de P se favorece en gran medida lo cual resulta en un mejor crecimiento aéreo y de las raíces. En solución nutritiva las raíces de las plantas inoculadas se observaron cubiertas por una sustancia mucosa consistente en masas de hifas de la micorriza las cuales aumentaron considerablemente la superficie de absorción de nutrimentos.

Ensayo de Fertilidad a Largo Plazo

Como la yuca extrae grandes cantidades de nutrimentos del suelo, especialmente K, el cultivo continuo de yuca conduce a un agotamiento de nutrimentos en el suelo a menos que se fertilice adecuadamente. Para estudiar el efecto del cultivo continuo de yuca en la fertilidad del suelo y en los rendimientos, se diseñó un experimento factorial de NPK. Este continuará durante varios años en CIAT-Quilichao utilizando la variedad Llanera. El N se aplicó en la forma de urea a razón de 0, 100 y 200 kg de N/ha; el P como SFT a razón de 0, 200 y 400 kg de P_2O_5 /ha y el K como KCl a razón de 0, 150 y 300 kg de K_2O /ha. El experimento recibió una aplicación basal de 500 kg de cal dolomítica/ha, 20 kg de S/ha y 10 kg de Zn/ha. Todos los fertilizantes se aplicaron al voleo y se incorporaron antes de

la siembra. No se harán aplicaciones adicionales de fertilizantes. Se establecieron ocho tratamientos adicionales para efectos de la comparación los cuales recibirán fertilizante anualmente.

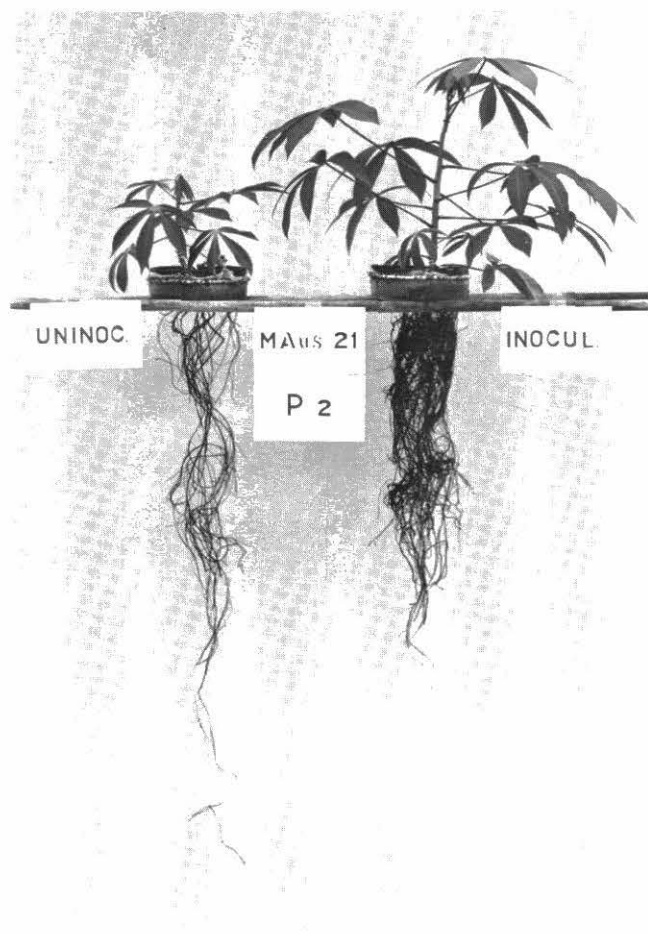


Figura 37. Efecto de la inoculación de micorrizas en el cultivar de yuca M Aus 21 cultivado en una solución de flujo continuo a una concentración constante de P de $1 \mu\text{M}$. Observe el mejor crecimiento aéreo y de raíces debido a las micorrizas.

En la primera siembra la respuesta de la yuca al P fue marcada, con una respuesta menor al N y al K. A los cinco meses la altura promedio de las plantas aumentó de 118 a 144 cm con la aplicación de P. La Figura 38 muestra el efecto de la fertilización con NPK en el rendimiento de raíces y de partes aéreas y el índice de cosecha. Nuevamente, la respuesta marcada de las partes aéreas a la fertilización con P y K no se correlacionó con una buena respuesta en producción de raíces. Hubo una respuesta significativa en rendimiento de raíces a la aplicación de P y K en niveles de 200 kg de P_2O_5 y 150 kg de K_2O /ha,

respectivamente, pero sin respuesta adicional a dosis de aplicación más altas. La respuesta al N no fue significativa ni en el rendimiento de raíces ni en el rendimiento de partes aéreas. La fertilización tanto con P como con K disminuyó drásticamente el índice de cosecha, en tanto que la fertilización con N ejerció poco efecto sobre este parámetro. Ninguno de los tres elementos ejerció efecto significativo en el contenido de almidón.

Los análisis de suelo después de la cosecha no indicaron un cambio significativo en los contenidos de P y K en los casos en que estos elementos no fueron aplicados. La aplicación de P en las dosis de 200 y 400 kg de P_2O_5 /ha aumentó el contenido de P de 5.5 a 16.3 y 34.9 ppm, respectivamente; las aplicaciones de K de 150 y 300 kg de K_2O /ha aumentaron el K intercambiable de 0.20 a 0.26 y 0.32 meq/100 g, respectivamente. No se esperaría una respuesta significativa al K a estos altos niveles de K en el suelo, pero su aplicación sería recomendable para prevenir su agotamiento en el suelo debido a la remoción del cultivo (aproximadamente 95 kg de K_2O /ha en este ensayo).

Fertilización con K

En el suelo de Carimagua (contenido promedio de K de aproximadamente 0.06 meq/100 g), se espera que la yuca responda a la fertilización con K. En suelos livianos, especialmente bajo condiciones de alta precipitación, el K se lava rápidamente y una aplicación fraccionada de este elemento puede ser aconsejable. Se estableció un ensayo con Llanera a fin de determinar la mejor época de aplicación de diferentes niveles de K (0, 50, 100 y 200 kg de K_2O /ha).

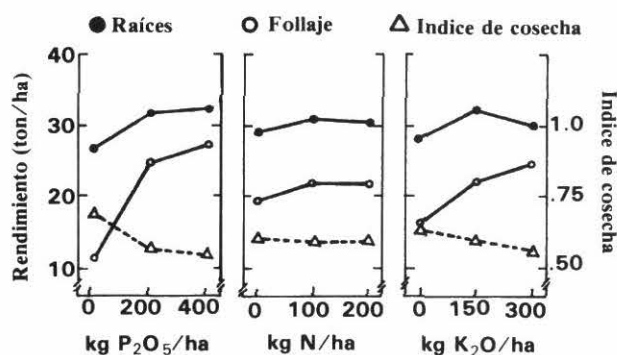


Figura 38. Efecto de la aplicación de N, P y K en el rendimiento de raíces frescas y de follaje y en el índice de cosecha del cultivar de yuca Llanera en CIAT-Quilichao, 1977B.

Al momento de la cosecha no hubo una respuesta significativa global a la aplicación de K, aunque una aplicación fraccionada — 1/3 al momento de la siembra, 1/3 a los 30 días y 1/3 a los 90 días — fue mejor que cualquier otro método o época de aplicación. La textura relativamente liviana del suelo (franco arcilloso) y su baja capacidad efectiva de intercambio (2.3 meq/100 g) puede requerir una aplicación fraccionada de N y K para prevenir pérdidas por lixiviación.

Sin embargo, aunque los rendimientos de raíces no fueron significativamente aumentados por las aplicaciones de K, el contenido de almidón aumentó de 26.7 a 34.2% con 50 kg de K_2O /ha (Figura 39). El rendimiento de almidón aumentó linealmente al aumentar las cantidades de K aplicado hasta un nivel de 200 kg de K_2O /ha. El mayor rendimiento de almidón se obtuvo con aplicaciones fraccionadas de 100 kg de K_2O /ha.

Fertilización con Mg y Ca

Los suelos en CIAT-Quilichao son relativamente altos en K y bajos en Mg y se han observado síntomas de deficiencia de este último elemento en algunos cultivares. Por otra parte, los suelos de Carimagua son bajos en K, Ca y Mg. Se sembró un ensayo en ambas localidades utilizando los cultivares de yuca CMC 40 y Llanera en CIAT-Quilichao y Carimagua, respectivamente, a fin de determinar el mejor nivel, fuente y método de aplicación de Mg. Las fuentes utilizadas fueron $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, MgO y cal dolomítica, cada una aplicada en dosis de 20, 40 y 60 kg de Mg/ha. El $MgSO_4$ se aplicó en bandas o al voleo;

además, se aplicó en tres aspersiones foliares a razón de 0.5, 1.0 y 2.0%. Las parcelas se encalaron uniformemente con 800 kg de cal calcítica/ha, con una corrección utilizada para el equivalente de cal de las fuentes de MgO y cal dolomítica.

En CIAT-Quilichao, el crecimiento de las plantas de CMC 40 fue vigoroso pero con poca respuesta al Mg y no se observaron síntomas de deficiencia de Mg. El Cuadro 48 muestra que hubo una respuesta buena y consistente a la aplicación en bandas de 60 kg de Mg/ha en la forma de $MgSO_4$. Sin embargo, la respuesta a las otras fuentes fue más variable con rendimientos máximos al aplicar 20 ó 40 kg de Mg/ha. Hubo una respuesta significativa a la aplicación de 20 ó 40 kg de Mg/ha, pero no se observaron diferencias significativas entre fuentes o métodos de aplicación. La aplicación foliar fue más efectiva a una concentración de $MgSO_4$ del 1% a los 30, 60 y 90 días.

En Carimagua, los rendimientos de Llanera en general fueron bajos y no hubo respuesta al Mg excepto a un nivel de 60 kg de Mg/ha. No hubo respuesta a las aplicaciones foliares de $MgSO_4$. La fertilización con Mg aumentó el contenido de almidón de 26.9% a aproximadamente 30%, lo cual resultó en un aumento significativo en el rendimiento total de almidón. No se observaron diferencias significativas entre fuentes. Sin embargo, considerando el costo de los fertilizantes y del transporte, la fuente más económica de Mg sería la cal dolomítica seguida por el MgO en combinación con cal calcítica.

En otro ensayo en Carimagua, los rendimientos de Llanera aumentaron de 12.9 a 16.0 ton/ha con la aplicación de 800 kg de Ca/ha aplicados en la forma de yeso. Esta fuente de Ca dio rendimientos más altos y mayores contenidos de Ca en las hojas que la misma cantidad de Ca aplicada en la forma de cal calcítica. Sin embargo, esta última fuente resultó en un mayor pH y un mayor contenido de Ca y un menor porcentaje de saturación de Al en el suelo. Mediante la aplicación de 500 y 2000 kg de $CaCO_3$ /ha en la forma de mezclas de cal calcítica y dolomítica con relaciones Ca/Mg entre 20 y 1.83, se encontró que 500 kg/ha con una relación Ca/Mg de 1.83, correspondientes a cal dolomítica pura, dan el rendimiento más alto de raíces y de almidón. Se obtuvo un rendimiento similar con la aplicación de 800 kg de Ca/ha en la forma de yeso (4.6 ton/ha), pero su alto costo y transporte la convierte en una fuente costosa de Ca. Por consiguiente, se puede concluir que la cal dolomítica, a razón de 500 kg/ha, una práctica comúnmente utilizada en Carimagua desde hace varios años, es agrónomica y económicamente la mejor fuente de Mg y Ca para el cultivo de yuca.

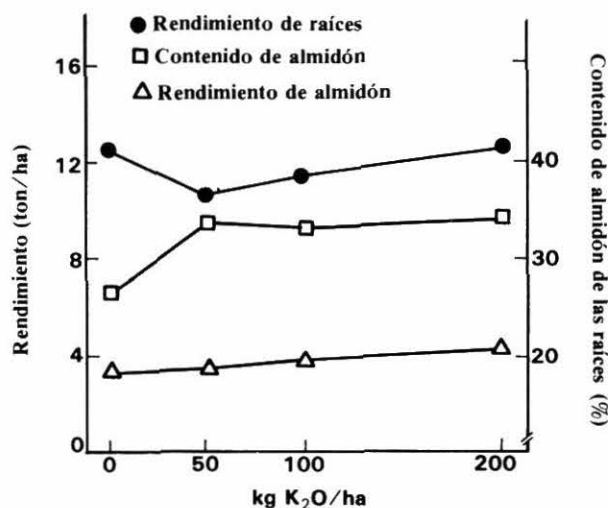


Figura 39. Efecto de varias dosis de aplicación de K (promedio de cinco épocas de aplicación) en el contenido de almidón de las raíces y en los rendimientos de raíces y de almidón del cultivar de yuca Llanera en Carimagua.

Cuadro 48. Efecto de los niveles, las fuentes y los métodos de aplicación de Mg en el rendimiento de raíces y contenido de almidón de los cultivares de yuca CMC 40 y Llanera sembrados en CIAT-Quilichao y Carimagua, respectivamente.

Dosis de Mg (kg/ha)	Método de aplicación	CIAT-Quilichao	Carimagua	Contenido de almidón (%)
		Rendimiento de raíces (ton/ha)	Rendimiento de raíces (ton/ha)	
0		29.9b ¹	10.8b	26.9
20 como MgSO ₄	Bandas	31.3ab	11.5b	31.4
40 como MgSO ₄	Bandas	34.4ab	10.3b	30.0
60 como MgSO ₄	Bandas	36.0a	12.6ab	31.4
20 como MgSO ₄	Al voleo	35.2ab	10.4b	33.1
40 como MgSO ₄	Al voleo	34.4ab	10.6b	31.4
60 como MgSO ₄	Al voleo	31.9ab	13.4ab	30.0
20 como MgO	Al voleo	29.9b	13.1ab	30.0
40 como MgO	Al voleo	34.8ab	10.9b	30.0
60 como MgO	Al voleo	33.3ab	11.6b	30.0
20 como cal dolomítica	Al voleo	34.0ab	9.6b	31.4
40 como cal dolomítica	Al voleo	32.3ab	11.0b	28.4
60 como cal dolomítica	Al voleo	31.1ab	16.7a	30.0
0.5% MgSO ₄	Foliar	29.3b	9.7b	26.9
1.0% MgSO ₄	Foliar	34.4ab	9.9b	30.0
2.0% MgSO ₄	Foliar	33.8ab	9.0b	31.5

¹ Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

La Figura 40 muestra la relación entre el rendimiento de raíces y los contenidos de Ca y Mg en las láminas foliares más jóvenes totalmente abiertas, de plantas de tres meses de edad. Se estimó un contenido crítico de Ca del 0.8% correspondiente al 95% del rendimiento máximo, en tanto que el contenido crítico de Mg se estimó en un nivel superior a 0.29%. En 1977 se obtuvo para el cultivar CMC 40 un contenido crítico de Mg del 0.29%. Los contenidos de Ca y Mg de los peciolo superiores fueron mucho más altos (1.80-1.70% de Ca y 0.23-0.34% de Mg) pero menos correlacionados con los rendimientos que los de las láminas foliares superiores. Para diagnosticar la deficiencia de Ca y Mg se recomienda entonces tomar muestras de las láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas.

Interacción P x K

En los suelos pobres arenosos de Media Luna, cerca de la costa norte de Colombia, el cultivar vigoroso M Mex 59 mostró alguna respuesta a la aplicación de niveles altos y moderados de P y K el año pasado (Informe Anual del CIAT, 1978). Durante 1979 otros estudios sobre fertilización P x K en estos suelos demostraron que no hubo

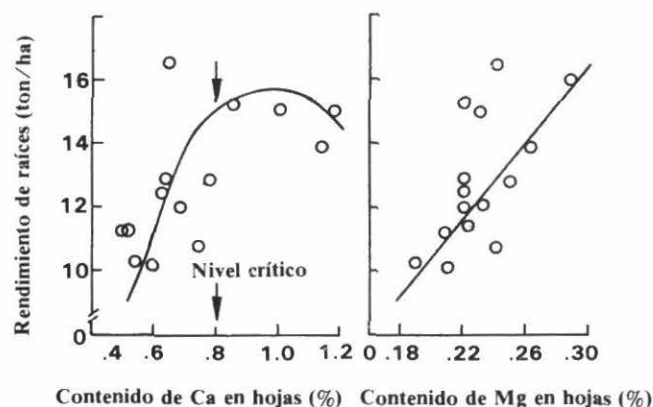


Figura 40. Rendimiento de raíces frescas del cultivar de yuca Llanera en relación con los contenidos de Ca y Mg en las láminas de las hojas más jóvenes totalmente expandidas a los tres meses después de la siembra.

respuesta a la fertilización con estos elementos ni con M Col 22 ni con Secundina (Figura 41), aunque los análisis de suelo previamente realizados indicaron que los contenidos de P y K estaban muy por debajo de los niveles críticos establecidos. La falta de respuesta a la fertilización este año se pudo deber a una menor precipitación total en

comparación con el año pasado. Los cultivares utilizados también son menos vigorosos que M Mex 59 y por lo tanto más susceptibles a las condiciones climáticas desfavorables. En el futuro se estudiarán otras posibles causas, tales como la lixiviación de los fertilizantes aplicados y la presencia de otros factores limitantes.

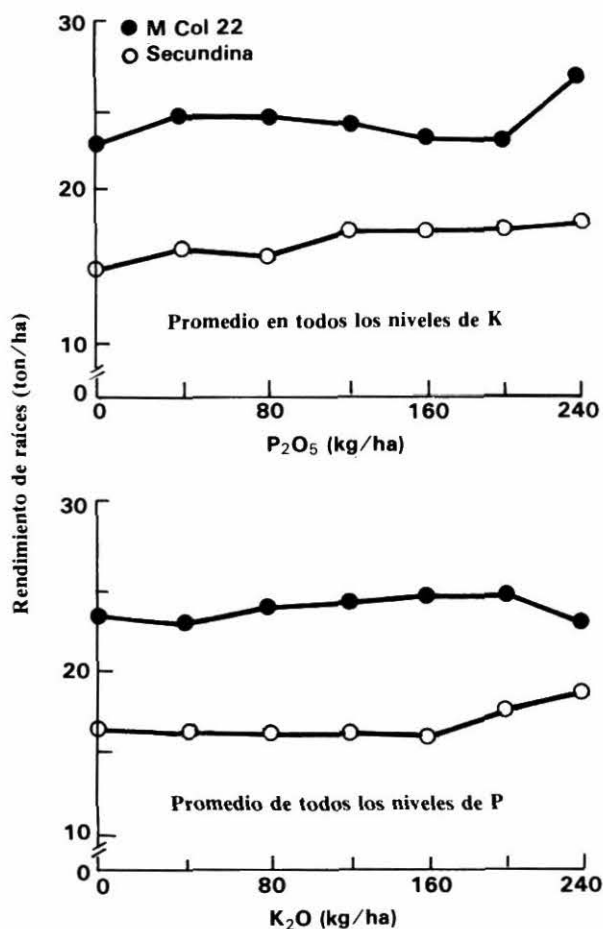


Figura 41. Efectos de varios niveles de P y K en los rendimientos de raíces de los cultivares de yuca M Col 22 y Secundina en Media Luna, en la costa norte de Colombia.

Fertilización con S, Zn, Cu y B

Los suelos de CIAT-Quilichao se consideran muy bajos en S y B e intermedios en Zn. Debido al alto contenido de materia orgánica (8-9%), la deficiencia de Cu podría limitar los rendimientos. A fin de estudiar los requerimientos de la yuca para estos cuatro elementos, se estableció un ensayo sencillo con los siguientes tratamientos: 0, 10, 20 y 40 kg de S/ha en la forma de S elemental; 0, 5, 10 y 20 kg de Zn/ha en la forma de ZnSO₄·7H₂O; 0, 5, 10 y 20 kg de Cu/ha en la

forma de CuSO₄·5H₂O; y 0, 1, 2 y 4 kg de B/ha en la forma de bórax. Todos los fertilizantes se aplicaron en bandas al momento de la siembra excepto el S el cual se aplicó al voleo.

El crecimiento de M Col 1684 fue relativamente vigoroso pero no se pudieron observar síntomas de deficiencia o respuestas a los elementos aplicados. El Cuadro 49 muestra el efecto de los fertilizantes aplicados en el contenido de nutrimentos de las láminas foliares y pecíolos de las porciones superior, media e inferior de la planta a los tres meses de edad, y el rendimiento final de raíces.

Ninguno de los elementos aplicados ejerció un efecto estadísticamente significativo en los rendimientos los cuales fueron extremadamente altos, oscilando entre 52 y 63 ton/ha (promedio: 57.5 ton/ha). La aplicación de B aumentó considerablemente el contenido de B en las hojas; el máximo rendimiento se obtuvo con 19.4 ppm de B en las hojas superiores, nivel superior al crítico de 17 ppm para las partes aéreas. El alto rendimiento obtenido con un contenido extremadamente bajo de B de 4.8 ppm en las hojas indica que la yuca puede ser tolerante a bajos niveles de B. Las aplicaciones de Zn aumentaron el contenido de este elemento en las hojas superiores de 75 a 100 ppm, pero aun sin la aplicación de Zn el contenido de este elemento fue superior al nivel crítico. La aplicación de Cu no tuvo un efecto consistente en los contenidos de Cu en las láminas foliares o pecíolos; en todos los casos los niveles de Cu estuvieron por encima del nivel crítico de 7 ppm. Las aplicaciones de S disminuyeron el contenido de S en las hojas superiores, pero fue superior al nivel crítico de 0.32%.

A partir de estos datos se concluyó que es recomendable tomar muestras de las láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas para la determinación de los contenidos de B y Zn. Probablemente este método para tomar muestra es igualmente efectivo para determinar los contenidos de Cu y S.

Método de Aplicación de NPK

En Carimagua se sembraron dos ensayos para determinar el mejor método de aplicación de NPK. Se utilizó el cultivar M Col 638; uno de los ensayos se realizó al inicio de la estación lluviosa (1978A) y el otro a finales de la estación lluviosa (1978B). Como se muestra en el Cuadro 50 se aplicó 1 ton/ha de un fertilizante 10-20-20 en diferentes formas.

Cuadro 49. Efectos de las aplicaciones de S, Zn, Cu y B al momento de la siembra en el rendimiento de raíces y en el contenido de estos elementos en las hojas y pecíolos de las porciones superior, media e inferior de las plantas del cultivar de yuca M Col 1684 a los tres meses después de la siembra en CIAT-Quilichao.

Tratamiento (kg/ha)	Rendimiento de raíces frescas ¹ (ton/ha)	Superior		Media		Inferior		
		Hojas	Pecíolos	Hojas	Pecíolos	Hojas	Pecíolos	
----- % S -----								
S	0	57.3	0.40	0.17	0.34	0.01	0.29	0.07
	10	53.1	0.38	0.13	0.36	0.01	0.29	0.02
	20	59.0	0.34	0.14	0.33	0.03	0.28	0.01
	40	62.0	0.36	0.15	0.34	0.01	0.31	0.01
----- ppm Zn -----								
Zn	0	55.8	75.0	85.0	75.0	120.0	100.0	205.0
	5	58.1	85.0	100.0	75.0	120.0	125.0	230.0
	10	58.5	85.0	100.0	75.0	135.0	115.0	225.0
	20	60.3	100.0	115.0	85.0	145.0	110.0	235.0
----- ppm Cu -----								
Cu	0	58.5	8.1	8.1	-	10.0	-	8.1
	5	62.6	8.1	8.1	-	10.0	-	8.1
	10	53.4	8.1	8.1	-	10.0	-	8.1
	20	56.7	7.5	10.0	-	10.0	-	6.9
----- ppm B -----								
B	0	53.3	4.8	11.6	4.8	10.4	9.8	17.0
	1	60.3	19.4	15.6	23.6	11.4	31.6	16.4
	2	53.0	26.4	18.8	37.6	14.6	60.0	15.2
	4	58.1	38.6	16.4	50.0	21.4	59.6	21.4

¹ Los rendimientos no fueron significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

En 1978A, la aplicación del fertilizante aumentó los rendimientos de 12.3 a 23.3 ton/ha, pero algunos métodos de aplicación fueron mucho más efectivos que otros. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la mitad del fertilizante al voleo e incorporado, y la otra mitad aplicado en bandas al momento de la siembra. También se obtuvieron buenos rendimientos con la aplicación del fertilizante en bandas cortas individuales a 5 cm de la estaca, una práctica comúnmente utilizada en Carimagua. La mayoría de los otros métodos no fueron significativamente diferentes, excepto que el método de aplicación al voleo antes de hacer los camellones fue inferior a los otros métodos. Además, la aplicación al voleo tiende a estimular más el crecimiento de las malezas que la aplicación en bandas, especialmente en suelos muy infértiles.

La fertilización de las siembras hechas antes de iniciar la estación seca (1978B) aumentó los rendimientos en casi

cinco veces, de 4.4 a 20.1 ton/ha. Los rendimientos de la siembra de la estación seca fueron ligeramente más bajos que los obtenidos en las siembras de la estación lluviosa. En la siembra de 1978B, el rendimiento más alto se obtuvo mediante la aplicación del fertilizante al voleo sin la construcción de camellones. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre la mayoría de los métodos de aplicación.

Densidad de Siembra x Fertilización

Durante 1979 se cosechó el tercer ciclo de los ensayos a largo plazo sobre densidad de siembra x fertilización en CIAT-Palmira e ICA-Caribia; en 1979 se sembró el cuarto ciclo. Los resultados siguieron las mismas tendencias que las observadas en los dos años anteriores (Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978). Se observaron diferencias

Cuadro 50. Efecto del método de aplicación de un fertilizante (1 ton/ha de 10-20-20) en el rendimiento del cultivar de yuca M Col 638 sembrado a comienzos y al final de la estación lluviosa (1978A y B, respectivamente) en Carimagua.¹

Método de aplicación	Rendimiento de raíces (ton/ha)	
	1978A	1978B
Voleo e incorporado, sin camellones	15.7 bc ²	20.1 a
Voleo e incorporado antes de hacer camellones	12.9 cd	16.1 abcde
Voleo sobre el camellón, incorporación ligera	16.1 bc	15.5 abcde
Banda corta cerca de estaca en posición vertical	19.0 b	17.7 abcde
Banda corta bajo estaca en posición vertical	15.5 bc	18.3 ab
Banda corta y doble cerca de estaca en posición vertical	17.8 b	14.8 bcde
Banda continua bajo estaca en posición horizontal	16.3 bc	17.0 abcde
En círculo alrededor de estaca en posición vertical	17.7 b	16.0 abcde
En hueco, a 5 cm de la estaca en posición vertical	18.4 b	15.2 bcde
En hueco, directamente bajo estaca en posición vertical	18.6 b	18.2 abc
1/2 voleo, 1/2 en bandas a la siembra	23.3 a	14.9 bcde
1/2 voleo a la siembra, 1/2 voleo a los 60 días	16.3 bc	15.1 bcde
1/2 voleo a la siembra, 1/2 en bandas a los 60 días	15.9 bc	15.4 abcde
1/2 en bandas a la siembra, 1/2 voleo a los 60 días	17.8 b	12.9 e
1/2 banda a la siembra, 1/2 banda a los 60 días	18.3 b	17.8 abcd
Testigo sin fertilizante	12.3 d	4.4 f
Media	17.0	15.5

1 1978A corresponde a la siembra de mayo al comienzo de la estación lluviosa; 1978B corresponde a la siembra de noviembre a finales de la estación lluviosa.

2 Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

significativas ($P = 0.05$) en rendimiento entre cultivares en ambas localidades, pero las aplicaciones de fertilizantes no afectaron significativamente los rendimientos de raíces comerciales excepto en el caso de M Col 22 en CIAT-Palmira (Cuadro 51).

La Figura 42 muestra que, en ambas localidades, el cultivar CMC 40 dio un rendimiento significativamente inferior con 5000 plantas/ha que en las densidades de siembra mayores. Lo mismo ocurrió con el cultivar M Col 22 en CIAT-Palmira. En general, los rendimientos fueron mayores en Caribia que en CIAT-Palmira. Los rendimientos disminuyeron drásticamente debido a la siembra continua durante tres años (Figura 43), especialmente en el caso de CMC 40 en CIAT-Palmira. A medida que se siembran otros ciclos en las mismas parcelas, se va observando una pérdida del vigor inicial y una disminución del crecimiento.

Es interesante observar que después de tres años de siembra continua, el rendimiento del cultivar M Mex 59 (tipo vigoroso) ha permanecido relativamente estable tanto

en CIAT-Palmira como en Caribia, en tanto que los cultivares menos vigorosos CMC 40 y M Col 22 presentaron disminuciones considerables en su rendimiento con el tiempo, especialmente en CIAT-Palmira. En los suelos arcillosos pesados de CIAT-Palmira, la siembra continua favoreció el desarrollo de patógenos de las raíces, en tanto que en los suelos más livianos de Caribia (con mayor precipitación y mejor distribución de la misma durante la estación lluviosa, una mayor estación seca y una temperatura más alta) es menos factible la presencia de patógenos en el suelo y, en consecuencia, los rendimientos son menos afectados por la siembra continua.

Los análisis del suelo después de cada cosecha indican que el contenido de P de las parcelas testigo disminuyó considerablemente en ambas localidades. En Caribia la fertilización con K no ejerció efectos en el contenido de este elemento en el suelo, posiblemente debido a la pérdida por lixiviación. En Caribia no se aplica P debido al alto contenido inicial de P en el suelo. En CIAT-Palmira la fertilización aumentó ligeramente los contenidos de P y K del suelo.

Cuadro 51. Efectos de la fertilización en los rendimientos de raíces comerciales de yuca de CMC 40, M Col 22 y M Mex 22 sembrados en CIAT-Palmira y Caribia.

Tratamiento	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha) ¹		
	CMC 40	M Col 22	M Mex 59
<u>CIAT</u>			
Testigo	11.2a ²	17.3a	14.1a
Fertilizado ³	12.4a	19.4b	13.8a
CV %	33.97	14.90	27.96
<u>Caribia</u>			
Testigo	22.9a	22.1a	11.0a
Fertilizado ⁴	26.4a	26.3a	9.1a
CV %	22.48	20.37	51.28

1 Promedio de cuatro densidades de siembra.

2 Los promedios dentro de una columna y por localidad seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 0.05.

3 Dosis del fertilizante: 50, 100 y 100 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

4 Dosis del fertilizante: 100, 0, 150 y 20 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O y Zn, respectivamente.

Ensayo Sobre Rendimientos Máximos

Varios años de experiencia con yuca en Carimagua han demostrado que los rendimientos de raíces en este ecosistema adverso son generalmente mucho más bajos que los obtenidos en CIAT-Palmira o en localidades más favorables. Los factores limitantes en Carimagua incluyen las enfermedades y los insectos plaga, la baja fertilidad del suelo y una estación seca prolongada. Con el fin de determinar el máximo rendimiento potencial de la yuca en el ecosistema de Carimagua, se utilizaron los ocho cultivares con mayor potencial de rendimiento y más tolerantes a enfermedades de que se dispone actualmente. Aunque el terreno ha sido cultivado y fertilizado con anterioridad — por lo tanto, se pueden esperar efectos residuales de los fertilizantes — se aplicaron altos niveles de fertilizante. También, durante cuatro de los meses de la estación seca la falta de agua se eliminó mediante el riego por aspersión con surtidores. El riego resultó en una

disminución significativa del ataque de ácaros durante la estación seca.

El Cuadro 52 muestra los rendimientos de raíces y de partes aéreas como también los índices de cosecha obtenidos con y sin riego. El efecto del riego no fue significativo en 7 de los 8 cultivares, lo cual indica la alta tolerancia de la yuca a la sequía. Sin embargo, en el caso de M Col 1684, un cultivar con alto potencial de rendimiento pero con poco vigor, el riego aumentó los rendimientos en un 48%. En el ensayo del año pasado (Informe Anual del CIAT, 1978) este cultivar dio el mayor rendimiento pero este año dio el rendimiento más alto hasta ahora obtenido en Carimagua de 50.7 ton/ha. Otros cultivares muy promisorios son M Ven 77 y CM 430-37. Estos altos rendimientos obtenidos indican que actualmente se dispone de germoplasma que tiene suficiente tolerancia a enfermedades como para obtener altos rendimientos aun bajo las condiciones adversas de los Llanos Orientales,

siempre y cuando se le dé un buen manejo al cultivo. Sin embargo, el costo de los fertilizantes (incluyendo su transporte) utilizados en este ensayo fue de aproximadamente Col.\$30,000/ha, el cual debe ser pagado por un aumento en rendimiento de por lo menos 15 ton/ha a un

precio de Col.\$2000/ton de raíces. A pesar de que esto puede no ser económico, el costo de la fertilización se puede reducir considerablemente con el tiempo a medida que aumente la fertilidad del suelo y que se requieran menores dosis de fertilizantes.

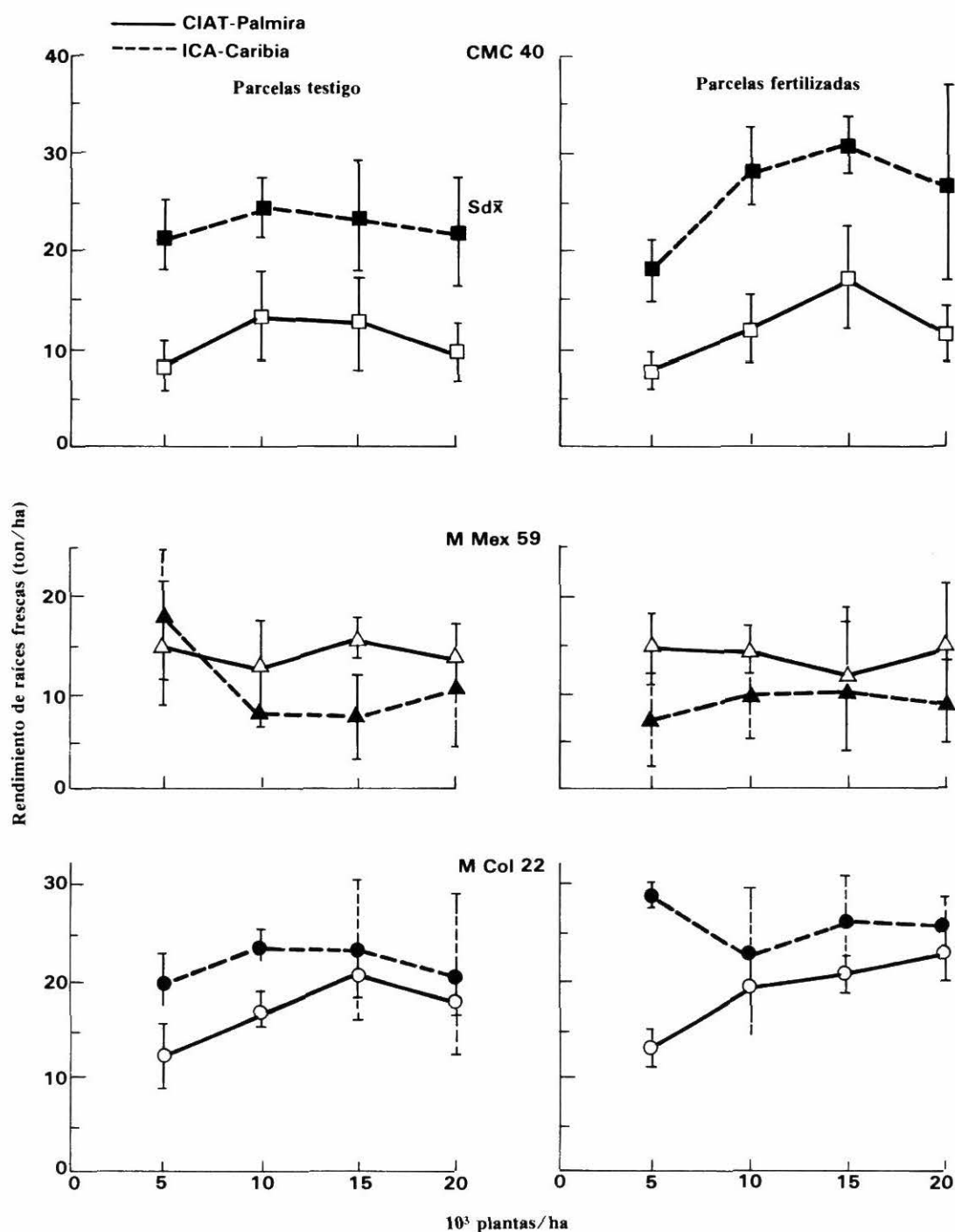


Figura 42. Efectos de la densidad de siembra y de la fertilización en los rendimientos de raíces frescas de los cultivares de yuca CMC 40, M Mex 59 y M Col 22 sembrados en CIAT-Palmira y Caribia, 1979.

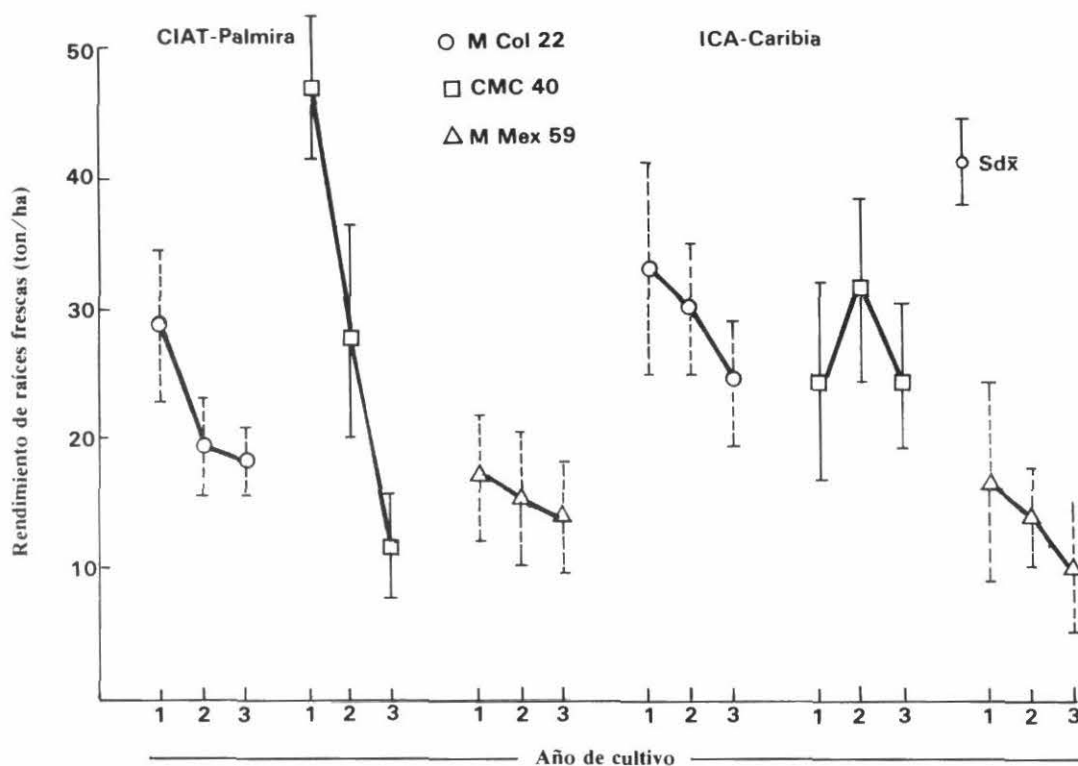


Figura 43. Efecto de tres años de cultivo continuo de yuca en CIAT-Palmira y Caribia en el rendimiento de raíces frescas de los cultivares de yuca M Col 22 (tipo de planta no vigoroso), CMC 40 (vigor intermedio) y M Mex 59 (vigoroso).

Cuadro 52. Rendimiento de raíces frescas, índices de cosecha y reacciones a enfermedades de ocho cultivares de yuca sembrados en Carimagua, con y sin riego suplementario durante la estación seca.

Cultivar	Reacción aparente a: ¹		Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)		Índice de cosecha	
			Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
M Col 1684	M	M	50.7a ²	34.2b	0.77	0.69
M Ven 77	M	M	33.8b	29.5bc	0.59	0.52
CM 430-37	S	S	26.4bcd	26.6bcd	0.64	0.56
CM 309-41	M	M	24.1cde	24.0cde	0.63	0.56
SM 1-150	M	S	23.0cdef	18.7defg	0.59	0.48
CM 309-442	M	M	19.9def	14.8fg	0.50	0.41
M Col 638	M	M	18.8defg	20.0def	0.45	0.45
Llanera	M	S	11.4g	15.9efg	0.38	0.43
Promedio			26.0	23.0		
DMS riego (5%)	= 3.20 ton/ha					
DMS variedad (5%)	= 5.35 ton/ha					
DMS riego x variedad	= 7.56 ton/ha					

1 Reacción a enfermedades: M = moderada; S = susceptible.

2 Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 0.05.

ECONOMIA

La sección de Economía del Programa de Yuca se concentró en la expansión de los ensayos a nivel de finca iniciados en 1978. Estos ensayos tienen el objetivo de evaluar el papel de la yuca en los sistemas globales de las fincas como medio para diagnosticar otras necesidades o refinamientos en la tecnología de producción de yuca. También sirven para medir y validar la productividad de la nueva tecnología de yuca bajo las condiciones actuales a nivel de finca antes de que sea entregada a las instituciones nacionales. Los ensayos sirven como un mecanismo de retroalimentación de información del nivel de finca al programa de producción de tecnología y para suministrar componentes tecnológicos a las instituciones nacionales. En las etapas iniciales de esta investigación, los trabajos se han localizado dentro de Colombia y los ensayos se están realizando en colaboración con instituciones colombianas.

El Programa está trabajando actualmente en cuatro localidades descritas en el Cuadro 53. Las localidades escogidas deben proporcionar buenas bases de información sobre: la respuesta de la tecnología mejorada a la variación en las condiciones agroclimáticas; la interacción

entre los sistemas agrícolas y las características que debe tener la tecnología de producción de yuca; y la interacción entre los sistemas agrícolas de yuca y los mercados de este producto.

Se ha planteado la hipótesis que la escogencia de la yuca como actividad de cultivo principal está influenciada por tres factores principales.

- **Condiciones agroclimáticas.** La yuca se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas y edáficas; sin embargo, su ventaja comparativa respecto a otros cultivos es su capacidad de rendimiento bajo condiciones de estrés.

- **Disponibilidad de recursos para el agricultor.** En las zonas agrícolas marginales la relación relativa tierra/mano de obra influye en gran medida en la escogencia entre las actividades agrícolas y las actividades ganaderas. Como la yuca es un cultivo que requiere mano de obra en forma relativamente intensiva y los mercados de mano de obra no se encuentran bien desarrollados en las áreas marginales, la yuca se encuentra principalmente en fincas en donde esta relación es baja; es decir, en fincas pequeñas.

Cuadro 53. Localidades y características de las zonas en donde actualmente se adelantan ensayos a nivel de finca en Colombia.

Localidad	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Características edáficas			Tamaño promedio de finca (ha)	Cultivo de competencia	Mercado
			Bray II-P (ppm)	K (meq/100 g)	pH			
Costa Norte Media Luna	10	1400	3.9	0.08	6.0	5.8	Sesame	Urbano fresco y almidón en gran escala
Cauca Mondomo	1450	2402	1.6	0.30	4.3	15.1	Café	Almidón en peque- ña escala
Santander Palmas del Socorro	1225	2560	2.5	0.20	4.0	5.9	Caña de azúcar	Subsis- tencia
Llanos Orientales Villavicencio	350	2500	3.1	0.10	4.6	60.0	Café	Urbano fresco

• **Condiciones del mercado.** Como la yuca es un cultivo altamente perecedero después de la cosecha y el transporte es costoso en comparación con el valor del cultivo, la distancia al mercado influirá sobre el precio de venta; como los mercados de yuca son independientes uno del otro (debido a los costos de transporte) el tamaño del mercado es generalmente pequeño y el riesgo de mercadeo es alto debido a la inundación estacional del mercado; por consiguiente, la yuca comercializada tiende a provenir de agricultores que tienen pocas alternativas, es decir, agricultores en pequeña escala en zonas agrícolas más marginales.

Los resultados presentados en este informe son los obtenidos en la costa norte de Colombia en Media Luna. Es el único sitio para el cual se dispone de la información completa durante un año.

Ensayos a Nivel de Finca en Media Luna

Sistemas agrícolas

En la localidad de Media Luna, los factores ambientales causan un estrés de moderado a severo en la mayoría de los cultivos. Sin embargo, las condiciones de estrés agroclimático son probablemente representativas para la yuca. Los suelos de la zona son arenosos y de baja fertilidad (bajo contenido de materia orgánica y niveles de P y K muy por debajo de los críticos para la máxima producción de yuca).

La precipitación anual es de aproximadamente 1400 mm distribuidos durante el período de 7-8 meses de la estación lluviosa (abril-noviembre); la estación seca tiene una duración de aproximadamente 4-5 meses en el año (diciembre-marzo). La época de siembra crítica entre mayo y junio le permite a las plantas de yuca aprovechar la disponibilidad de agua de la estación lluviosa. La alta temperatura promedio de 28°C, la muy baja capacidad de retención de agua del suelo y la distribución pobre y variable de las lluvias resulta en un estrés de agua considerable, que no puede ser eludido por un cultivo como la yuca con una estación de crecimiento prolongada. Las condiciones de estrés edáfico e hídrico en la región limitan severamente la escogencia de alternativas de cultivo.

Los patrones de uso de la tierra para los agricultores de la muestra (tamaño promedio de finca de 5.9 ha) son dominados por la yuca. Se siembra principalmente en asociación con maíz y en menor grado con cultivos relativamente más resistentes a la sequía como el ajonjolí y

el caupí. El ajonjolí es el único cultivo que compite por tierra con la yuca.

A pesar de que las relaciones tierra/mano de obra entre los agricultores pequeños de la muestra son relativamente bajas, la disponibilidad de mano de obra puede ser limitante en períodos críticos del año de cultivo, especialmente debido a que la distribución de la precipitación define fechas de siembra. La distribución de la precipitación influye en gran medida en las necesidades de mano de obra, las cuales tienden a concentrarse en el período mayo-agosto, es decir, durante la principal estación de siembra y el período durante el cual se hacen las dos primeras desyerbas (Cuadro 54). De esta manera, las prácticas de producción están condicionadas por los factores ambientales y por los recursos.

Con el fin de maximizar los ingresos, el agricultor tiene que planificar fechas alternativas de siembra y épocas de cosecha, dependiendo del tamaño de la finca y la disponibilidad de mano de obra y está aún más restringido por el acceso al mercado: el agricultor no puede vender a intermediarios cuando lo desee, y por lo tanto, no puede cosechar con algún grado de certeza. La cosecha se encuentra relativamente bien distribuida durante un período de 12 meses, lo cual demuestra la capacidad de almacenamiento de la yuca en pie y la regulación de las existencias en el mercado.

La tecnología para aumentar el rendimiento obviamente es necesaria en este sistema para aumentar los ingresos, dada la escasez de tierras para estos agricultores. Sin embargo, la estructura del mercado pone otras restricciones en las características de la tecnología, las cuales se relacionan particularmente con los requerimientos del germoplasma. La madurez temprana es esencial en el sistema para reducir el riesgo de mercadeo y tener la ventaja del excedente de mano de obra para la cosecha en la estación en que los requerimientos de mano de obra no son altos. Los cultivares deben ser capaces de ser almacenados en el suelo por períodos prolongados con poco riesgo de pérdidas en rendimiento o calidad. Es importante la resistencia a los patógenos causales de las pudriciones radicales. Con el fin de asegurar precios altos, es importante mantener la calidad de las raíces en el suelo durante la estación de mercadeo, particularmente en lo que respecta a un bajo contenido de fibra y un alto contenido de almidón. Estos requerimientos proporcionan de esta manera los criterios necesarios para evaluar los ensayos agronómicos de nueva tecnología.

Cuadro 54. Características de los sistemas típicos agrícolas de Media Luna, Colombia.

Período	Distribución de mano de obra	Distribución de la Producción	
	durante el ciclo anual de	comercializada	
	cultivo ¹	(%) ²	
	(%)	Mercado fresco	Mercado de almidón
1er año			
Mayo-junio	39	-	-
Julio-septiembre	32	-	-
Octubre-noviembre	7	-	-
Diciembre-abril	10	37	-
2ndo año			
Mayo-junio	6	23	10
Julio-septiembre	4	7	13
Octubre-noviembre	2	4	3
Diciembre-abril	-	1	2
Total	100	72	28

1 De un total de 289.9 días-hombre.

2 Total de 22.8 toneladas.

Ensayos agronómicos a nivel de campo

Además de determinar los componentes estructurales del sistema de producción de yuca, los ensayos a nivel de finca también intentan determinar los rendimientos potenciales de la yuca con nueva tecnología, evaluar la introducción de nueva tecnología a nivel de finca y evaluar las implicaciones que tienen estos resultados en el programa de investigación. La evaluación de nueva tecnología en comparación con la tecnología tradicional utilizada por los agricultores procede a la evaluación subjetiva de la nueva tecnología por el agricultor, después de lo cual él decidirá adoptarla o no. Los ensayos prueban aquellos componentes de un paquete tecnológico potencial que parecen ser consistentes con las necesidades del sistema de producción actual. Además, en aquellos casos en que el agricultor puede adoptar varios componentes individuales del paquete total, éste se descompone en ensayos factoriales para evaluar el rendimiento de cada componente.

Productividad de la tecnología tradicional

Los agricultores en la región utilizan poblaciones de plantas relativamente bajas de aproximadamente 625

plantas/ha, que no varían entre los sistemas de monocultivo e intercalado. La longitud de las estacas es apropiada y la siembra se hace verticalmente. Las estacas no se seleccionan y se almacenan sin protección hasta por períodos de dos meses. La resiembra es una práctica relativamente común. No se utilizan fertilizantes. En los casos en que el tamaño de la finca es lo suficientemente grande, es frecuente el sistema de rotación yuca/*Panicum maximum* (3.0-4.0 y 1.5-3.0 años, respectivamente).

Los rendimientos con la tecnología tradicional dieron un promedio de 7.1 ton/ha. Los factores que influyen potencialmente sobre el rendimiento se incorporaron en una ecuación de regresión y los resultados se presentan en el Cuadro 55. El color del suelo, la rotación de cultivos y, en menor grado, la cantidad de mano de obra utilizada en las desyerbas, fueron factores que hicieron un impacto considerable en el rendimiento. De manera sorprendente, el intercalamiento y la época de siembra no ejercieron efectos notorios en los niveles de rendimiento.

Las diferencias en el manejo (o diferencias en las restricciones relacionadas con el hecho de que los agricultores puedan rotar sus tierras o utilizar más mano de obra) y la calidad del suelo entre fincas, fueron factores que

Cuadro 55. Variación del rendimiento en el cultivar local Secundina debido a diversos factores de producción y manejo en Media Luna, 1979.

Factor de regresión	Ventaja en rendimiento	
	ton/ha	Descripción
Mano de obra en desyerba	0.10* ¹	Por día-hombre adicional
Color del suelo	1.14**	Rojo sobre blanco
Sistema de cultivo	0.34	Monocultivo sobre intercalado
Rotación con rastrojo	1.42*	Enrastrajamiento sobre cultivo sucesivo
Epoca de siembra	0.47	Siembra temprana sobre tardía
Rendimiento promedio de tecnología tradicional = 7.13 ton/ha		
DE = 2.7 ton		
CV = 0.38		
R ² = 0.24		

1 Nivel de significancia = **($P < 0.1$); *($P < 0.2$).

aparentemente influyeron en gran medida en los rendimientos de yuca con la tecnología tradicional. Esta variación en el rendimiento entre fincas ocurrió en una región que es homogénea. Surge el interrogante referente a si las recomendaciones sobre nueva tecnología se pueden generar sin tener en cuenta estas fuentes de variación.

Productividad de la tecnología mejorada

Los ensayos agronómicos probaron cuatro componentes tecnológicos: mayor población de plantas (10,000 plantas/ha); selección y tratamiento de las estacas; fertilización (500 kg/ha de 10-20-20); y germoplasma mejorado. La población de plantas y la selección y el tratamiento de las estacas se probaron como un solo componente en la primera serie de ensayos. Los materiales ensayados incluyeron el cultivar local Secundina y las selecciones del CIAT M Col 22, con un tipo de planta no vigoroso y eficiente, y CMC 40, un cultivar de vigor intermedio. Los ensayos se hicieron en la estación de siembra principal en mayo y se cosecharon antes del inicio de la estación de lluvias en abril.

Los resultados de los ensayos agronómicos se presentan en el Cuadro 56. Hubo un aumento considerable en el rendimiento del cultivar local de 7.1 a 12.1 y 13.1 ton/ha utilizando prácticas agronómicas mejoradas y prácticas agronómicas mejoradas con fertilización, respectivamente. No hubo una respuesta estadísticamente significativa a los fertilizantes excepto en el caso de M Col 22, el cual es un resultado inesperado dada la baja fertilidad del suelo. No se observaron diferencias significativas en los rendimientos entre las selecciones del CIAT y el cultivar local, pero se detectaron diferencias altamente significativas en los contenidos de almidón. El contenido de almidón de los cultivares más vigorosos, Secundina y CMC 40, disminuyó con la fertilización pero aumentó en el cultivar no vigoroso M Col 22; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas.

Se pueden sacar dos conclusiones básicas de los ensayos. En primer lugar, la respuesta del cultivar local a las prácticas culturales recomendadas resultó en un aumento del 70% en el rendimiento. Dado que las prácticas culturales generalmente son muy específicas en una localidad, el potencial de aplicación de estas prácticas es

Cuadro 56. Rendimiento y contenido de almidón de cultivares locales y del CIAT con prácticas agronómicas mejoradas y prácticas agronómicas mas fertilizante.

Variedad y tratamiento	Rendimiento (ton/ha)		Contenido de almidón (%)	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Secundina				
Agronomía mejorada ¹	12.1a ²	3.9	33.0a	1.1
Agronomía + fertilizante	13.1a	4.6	30.8a	2.9
CMC 40				
Agronomía mejorada	15.4a	5.7	23.8c	2.5
Agronomía + fertilizante	15.7ab	3.5	19.6c	6.4
M COL 22				
Agronomía mejorada	13.7a	3.1	27.1b	1.9
Agronomía + fertilizante	17.5b	4.4	29.0b	2.3

1 Incluye una población de 10,000 plantas/ha y selección y tratamiento de las estacas.

2 Los promedios dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05.

considerable. Por otra parte, en áreas donde el estrés ambiental no es tan severo, la respuesta en rendimiento puede no ser tan alta. En segundo lugar la variación de una finca a otra en términos de rendimiento y contenido de almidón fue considerable y no se logró explicar con facilidad debido al número limitado de fincas en la primera serie de ensayos. Sin embargo, mucha de esta variación se puede explicar por diferencias en el tipo de suelo y probablemente en la incidencia de patógenos y en el efecto del enrastramiento. El diseño de paquetes tecnológicos para una región debe tener en cuenta tanto las fuentes de variación como la evaluación del rendimiento promedio. A pesar de que no está representado aquí, éste debe incluir un estimativo de la variación temporal como también de la espacial.

De los ensayos a nivel de finca surgieron dos puntos importantes. Primero, la característica de la amplia adaptabilidad, como se identificó en los ensayos regionales, no fue suficiente para sobrepasar en rendimiento a las variedades tradicionales. Surge el interrogante ¿por qué este resultado a nivel de finca debe diferir de las

evaluaciones en los ensayos regionales? Segundo, mientras el rendimiento puede ser una característica suficiente para la evaluación final de un cultivar en los ensayos regionales, el valor en el mercado es la característica principal de selección a nivel de finca y esto depende de otras características por las cuales pagarán los consumidores.

Las selecciones ampliamente adaptadas en los ensayos a nivel de finca no presentaron un comportamiento tan bueno como lo indicaron los ensayos regionales, en tanto que el cultivar local respondió marcadamente al buen manejo. Esto se puede explicar por la amplia variabilidad potencial entre fincas observada en los ensayos a nivel de finca, en los cuales los cultivares fueron expuestos a toda la gama de factores que limitan el rendimiento, lo cual es difícil de encontrar en las pruebas regionales. Además de las condiciones climáticas estresantes, los ensayos a nivel de finca captan el estado de fertilidad mucho más bajo de los suelos en las fincas pequeñas que han sido cultivadas continuamente, como también la variación en el tipo de suelo. Además, esos ensayos están expuestos a una mayor probabilidad de ataque de los patógenos característicos de la región.

Bajo estas condiciones particulares a nivel de finca, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre los cultivares locales y los ampliamente adaptados. Estos resultados no resuelven el punto de la amplia adaptabilidad *versus* la adaptabilidad local, pero ayudan a enfocar la investigación y las metodologías de evaluación. Estos resultados también confirman la importancia de la validación de la tecnología a nivel de finca como último paso en la evaluación de la tecnología.

El segundo punto que surgió de los ensayos a nivel de finca es que, mientras los niveles de rendimiento entre los cultivares locales y seleccionados fueron similares, las características de calidad, como su contenido de almidón, no fueron iguales. Los mercados son lo suficientemente pequeños, los riesgos para el mayorista tan altos y el abastecimiento alternativo tan rico que la yuca de menor calidad no se puede comercializar. Además, dado que la

yuca debe permitir su almacenamiento en el suelo durante por lo menos un período de ocho meses después de la madurez, el cultivar debe mantener esa calidad mínima durante su almacenamiento.

Los resultados sobre el contenido de almidón indicaron un alto coeficiente de variación para los cultivares introducidos. Esta característica pareció responder negativamente a los factores de estrés. Las evidencias obtenidas de las pruebas regionales y de los ensayos a nivel de finca indican que es mucho más difícil producir yuca de alta calidad bajo condiciones de estrés. El contenido de almidón en el cultivar local parece ser una característica bien adaptada a las condiciones de la localidad de ensayo, manteniendo consistentemente los niveles de almidón por encima del 30%. Los agricultores indican que el cultivar local puede mantener esta calidad durante el almacenamiento en el suelo. Actualmente se está verificando la interacción entre los rendimientos, el contenido de almidón y la fecha de cosecha.

CULTIVO DE TEJIDOS DE YUCA

Propagación Mediante el Cultivo de Meristemas

Cultivos de plántulas individuales

La variabilidad en la respuesta de diferentes variedades de yuca al cultivo de meristemas se relaciona principalmente por su habilidad para enraizar *in vitro* (Informe Anual del CIAT, 1978). La diferenciación de los retoños se puede lograr rápidamente con citoquininas; sin embargo, los niveles de estas hormonas que estimulan el crecimiento de retoños generalmente inhiben el enraizamiento. Por otra parte, las hormonas del enraizamiento tienden a promover la formación de callos cuando se combinan con citoquininas.

Se diseñó un procedimiento sencillo para la producción individual de plántulas enraizadas. El método consistió en el cultivo de tejidos de meristemas de 0.5-0.6 mm en un medio Murashige-Skoog (MS) suplementado con 2% de sucrosa y 0.05-0.01 mg/l de BAP (6-bencilaminopurina), AG (ácido giberélico-3) y ANA (ácido α naftalenacético). Dos semanas más tarde los retoños (con o sin callos concomitantes) se habían diferenciado en la mayoría de los cultivos. Posteriormente todos los ápices de tallo que medían por lo menos 0.5 cm se removieron de los retoños y se sembraron en un medio de enraizamiento que contenía bajas concentraciones de sales de MS y 4% de sucrosa. Después de una semana se inició el enraizamiento de los tejidos. Esta técnica no sólo permite un enraizamiento rápido, indistintamente de la variedad de yuca utilizada, sino también evita la formación de callo en la zona de transición retoño-raíz; esta es una característica altamente deseable para lograr un crecimiento satisfactorio de los materiales en materos. Más de 40 genotipos de yuca han sido procesados mediante este sistema de plántulas individuales, con resultados consistentemente satisfactorios.

Cultivos de retoños múltiples

Junto con el mejoramiento en las tasas de multiplicación, un sistema de propagación debe asegurar una alta estabilidad del genotipo de los materiales. Ambos requerimientos se satisfacen si los ápices de los retoños de yuca se estimulan para que proliferen yemas axilares en el cultivo.

La fuerte dominancia apical, observada en los 4-6 nudos primordiales superiores de un ápice de retoño de yuca, se puede romper químicamente y, por lo tanto, se puede estimular el crecimiento de yemas latentes.

Se cultivaron ápices de retoños (Figura 44a) de una serie de variedades de yuca bajo diversas concentraciones de citoquininas. En 2-3 semanas, aproximadamente el 90% de los cultivos de todas las variedades se desarrolló como retoños acortados con yemas axilares brotando a lo largo de los ejes (Figura 44b). Las concentraciones de BAP hasta de 0.5 mg/l estimularon el crecimiento de las yemas axilares; los niveles más altos de BAP no cambiaron significativamente el número de yemas, pero éste fue menor a concentraciones de BAP superiores a 1.0 mg/l. Por otra parte, el alargamiento de los tallos disminuyó linealmente con la concentración de BAP. Una vez se logró romper la latencia de las yemas axilares, un mayor crecimiento de éstas sólo ocurrió al reducir la concentración de BAP; de esta manera se formaron cultivos de retoños múltiples (Figura 44c). La capacidad de formación de retoños de los cultivos permite la cosecha de 10-20 ápices de tallo/semana (Figura 45). Sin embargo, después de las 8-9 semanas de cultivo continuo, la tasa de formación de retoños disminuyó a 5-10 ápices de retoño/semana. En esta etapa, algunos de estos cultivos se tornaron viejos y se acumularon sustancias tóxicas de tipo fenólico.

Las condiciones de cultivo para la inducción y proliferación de retoños múltiples fueron: temperaturas de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ durante el día y $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante la noche; intensidad de la luz de 2000 lux y un fotoperíodo de 14 horas.

Los ápices de tallo cosechados semanalmente (véanse las flechas en la Figura 44c) se sembraron en el medio de enraizamiento con el fin de recuperar plántulas enteras (Figura 44d). Las plántulas enraizadas se endurecieron posteriormente a menor temperatura (25°C durante el día y la noche) y mayor iluminación (15,000 lux). Este tratamiento de endurecimiento le impartió a las plántulas en los tubos de ensayo tolerancia a la falta de humedad (Figura 44e) y, por lo tanto, aumentó su supervivencia durante el cultivo en materos (Figura 44f). El endurecimiento de las plántulas en el tubo de ensayo y el riego de las plantas en materos con un fertilizante rico en P (10-52-10) permitió alcanzar casi un 100% de supervivencia de las plantas.

Por consiguiente, una vez establecido un cultivo de retoños múltiples, éste tiene el potencial para producir 40-80 plantas/mes. Se está adelantando trabajo para aumentar aún más la capacidad de formación de órganos de estos cultivos.

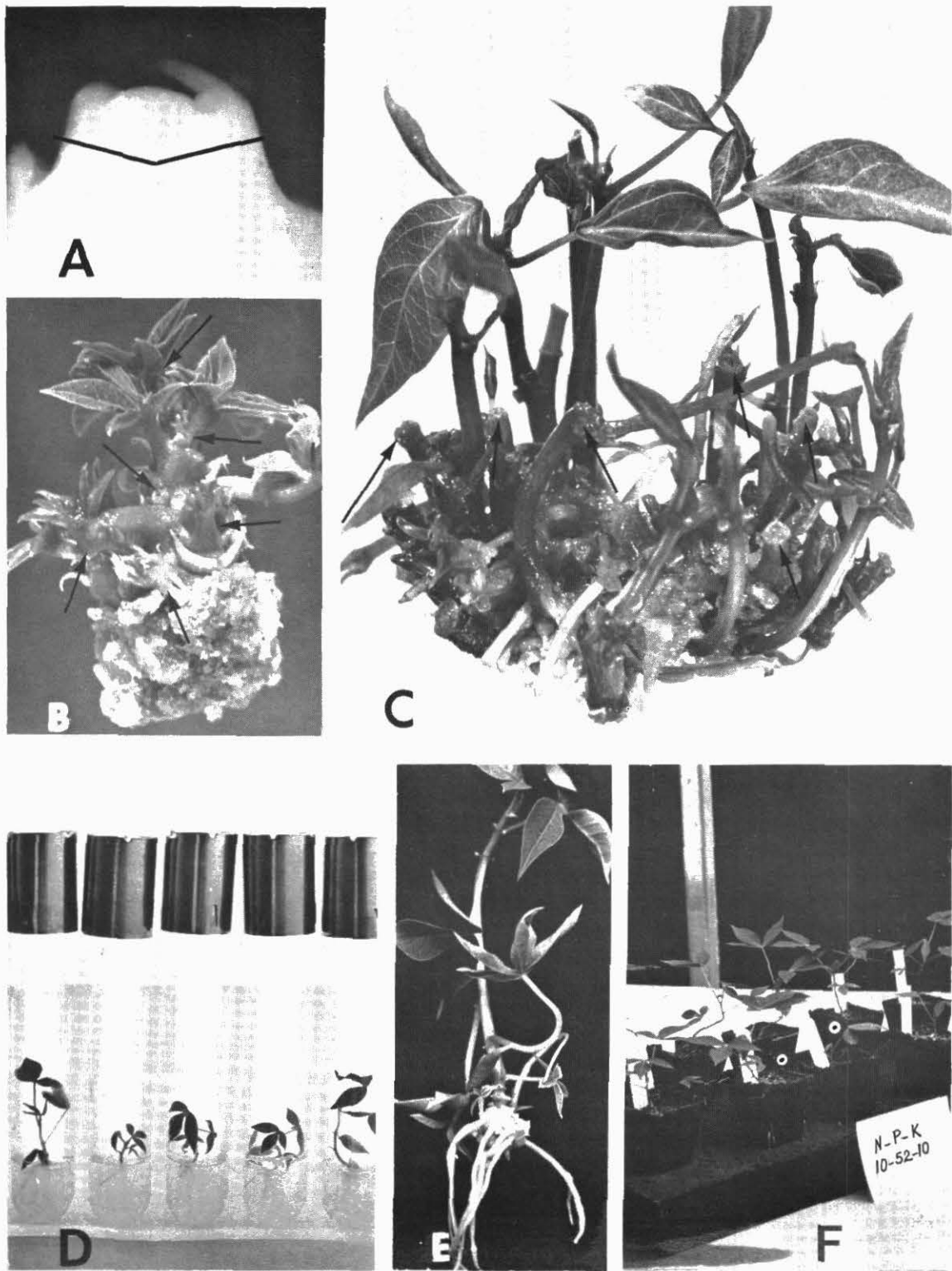


Figura 44. Propagación de la yuca por medio del cultivo de meristemas: (a) Un apice de tallo antes de excisión y cultivo (x40). (b) Iniciación de las yemas axilares (flechas) en los cultivos de ápices (X6). (c) Formación de un cultivo múltiple de retoños debido a la proliferación de retoños axilares (x5). (d) Plántulas enraizadas recuperadas de los cultivos múltiples de retoños por medio de la técnica de corte del "nudo-yema" (x0.5). (e) Una plántula bien desarrollada después de su endurecimiento y antes de sembrarla en materos (x1.5). (f) Plantas en materos 9-10 semanas después de su cultivo, listas para su trasplante al campo (x0.15).

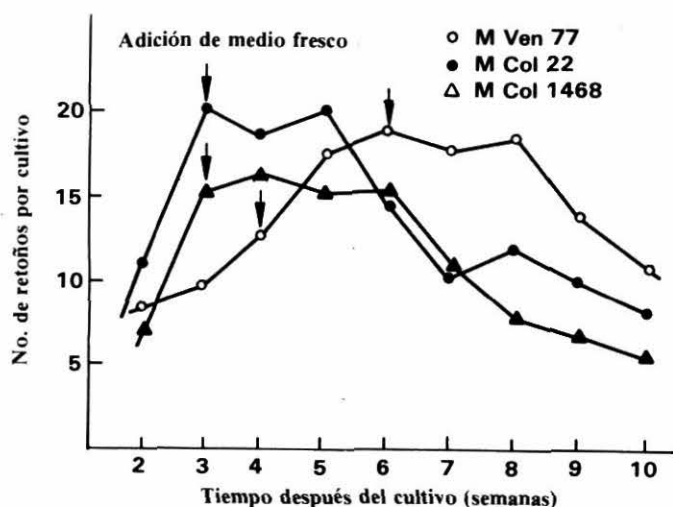


Figura 45. Producción de yemas axilares en cultivos de retoños múltiples de los cultivares de yuca M Ven 77, M Col 22 y M Col 1468. (Promedio de tres cultivos.)

Erradicación de Enfermedades

La enfermedad del cuero de sapo

La etiología de la enfermedad del cuero de sapo aún se desconoce, pero las evidencias (Informes Anuales del CIAT, 1977 y 1978) indican la presencia de un organismo similar a virus. En consecuencia, se diseñaron estudios para desarrollar un medio de erradicación de una enfermedad producida por un organismo similar a un virus por medio del cultivo de meristemas. Las estacas obtenidas de plantas enfermas y de plantas testigo sanas se sometieron a termoterapia durante cuatro semanas. El tratamiento con calor estimuló en gran medida la formación de retoños y su vigor en contraste con las estacas cultivadas en el invernadero. Se aislaron meristemas apicales de dos tamaños obtenidos de los retoños tratados con calor y producidos en el invernadero, y se cultivaron en un medio con agar. Rápidamente se recuperaron plántulas después de su enraizamiento en los cultivos. Las plantas provenientes de los meristemas se transplantarán al campo; también se cultivaron plantas testigo directamente de estacas. Para evaluar los efectos de los diversos factores estudiados en la erradicación de la enfermedad del cuero de sapo, las plantas se cosecharon después de un período de crecimiento en el campo de cinco meses. Las estacas obtenidas de plantas libres de síntomas se sembraron nuevamente en el campo durante otro ciclo de cinco meses. Se realizó una segunda evaluación con el fin de confirmar los resultados.

El Cuadro 57 muestra los resultados de ambas evaluaciones. Las mayores tasas de plantas libres de enfermedades se obtuvieron mediante el cultivo de tejidos meristemáticos muy pequeños provenientes de retoños tratados con calor. Los resultados del segundo ciclo de crecimiento confirmaron que las plantas del primer ciclo mantenían su condición de estar libres de la enfermedad (más del 90% de las plantas estaba libre de la enfermedad). Cuando los meristemas pequeños se cultivaron sin los tratamientos de precalentamiento de los retoños, la tasa de erradicación disminuyó en el primer ciclo. Las tasas de erradicación también se redujeron significativamente con el cultivo de meristemas más grandes, aún después de la termoterapia. Estos resultados confirman que el agente causal de la enfermedad del cuero de sapo puede ser un virus.

Enfermedades de tipo mosaico

Se tomaron estacas de yuca ya germinadas que presentaban síntomas de mosaico y se colocaron bajo condiciones controladas a 35°C. Después de dos semanas se formaron nuevas hojas sin síntomas de mosaico. Sin embargo, éstos reaparecieron cuando las plantas se transfirieron a una temperatura de 20°C. Este control del desarrollo del mosaico mediante la temperatura alta puede indicar la presencia de un organismo similar a un virus.

Las estacas con retoños se mantuvieron en termoterapia durante dos semanas; posteriormente, se cortaron meristemas de 0.4-0.5 mm y se cultivaron *in vitro*. Bajo condiciones de invernadero no se observaron síntomas de mosaico en el 85% de las plantas provenientes de meristemas. El rendimiento promedio de raíces de estas plantas fue 3-4 veces más alto que el de plantas similares con síntomas de mosaico.

Seis de un grupo de 10 variedades de yuca infectadas con la enfermedad del cuero de sapo desarrollaron síntomas de mosaico cuando se cultivaron a 20-22°C durante dos meses. La termoterapia de estas plantas confirmó que las hojas nuevas no presentaron síntomas de mosaico.

El cultivo de meristemas de los materiales tratados con calor dio plantas libres tanto de los síntomas del mosaico como también del cuero de sapo. Algunas plantas del cultivar M Col 22 provenientes de los retoños que no se trataron con calor se cultivaron en el invernadero; sólo tres de ellas desarrollaron síntomas de mosaico y dos desarrollaron síntomas de mosaico y de cuero de sapo. Aún se desconoce si el mosaico está relacionado o no con la enfermedad del cuero de sapo. Estos resultados indican que el cuero de sapo, como también otras enfermedades de tipo mosaico, se pueden eliminar mediante las técnicas del cultivo de meristemas.

Cuadro 57. Erradicación del cuero de sapo mediante la técnica del cultivo de meristemas, según observaciones hechas a los 5-6 meses después de la siembra en el campo.

Cultivar	Tratamiento de las estacas	Tamaños del meristemo	Plantas libres de síntomas (%)	
			1er ciclo	2o. ciclo
M Col 33	Sin tratamiento	Pequeño	92	85
		Grande	35	6
	Temperatura alta	Pequeño	96	95
		Grande	60	15
M Col 2	Sin tratamiento	Pequeño	100	95
		Grande	86	22
	Temperatura alta	Pequeño	100	100
		Grande	0	20
M Brasil 12 ²	-	Grande	100	100
M Col 33 ³	-		0	0

1 Las plantas del primer ciclo provinieron directamente de los meristemas; las estacas de allí obtenidas dieron origen a las plantas del segundo ciclo.

2 Testigo: variedad libre de enfermedades.

3 Testigo: plantas provenientes de estacas enfermas.

Se está adelantando trabajo para utilizar la termoterapia directamente con meristemas durante el cultivo *in vitro*. Esta técnica aceleraría en gran medida el proceso de erradicación. También se está estudiando el uso de la quimioterapia junto con el cultivo de meristemas.

Conservación de Germoplasma

Cualquier sistema de almacenamiento de germoplasma debe garantizar el mínimo de pérdidas y el máximo de estabilidad genética. El cultivo de meristemas satisface los requerimientos y, por lo tanto, es una técnica adecuada para la conservación del germoplasma de yuca libre de enfermedades.

Frente al crecimiento rápido requerido en la propagación, la investigación sobre la conservación de germoplasma busca desarrollar un medio para obtener la tasa mínima de crecimiento de cultivos de meristemas para su almacenamiento a largo plazo.

Hasta la fecha, los cultivos de meristemas de yuca se han mantenido hasta por períodos de 18 meses sin tener que reabastecer el medio nutritivo.

Además del efecto de la baja temperatura (20°C) durante el almacenamiento, la composición del medio de cultivo también juega un papel en la reducción de la tasa de crecimiento de los cultivos de meristemas (Cuadro 58). El alargamiento de los tallos disminuyó sin un cambio significativo en el número de nudos formados. Los niveles de sucrosa superiores al 4% fueron adversos para la supervivencia del cultivo especialmente a baja temperatura. Por otra parte, los aumentos en las concentraciones del BAP también retardaron el crecimiento de los cultivos, pero fueron adversas para la supervivencia cuando los cultivos se mantuvieron a alta temperatura o cuando el nivel de sucrosa fue alto. En el primer caso, los cultivos crecieron rápidamente, agotaron el medio y se tornaron senescentes al sexto mes de almacenamiento; sin embargo, en el último caso, el crecimiento de los cultivos fue inhibido después del tercer mes de almacenamiento. En consecuencia, para retardar el crecimiento de cultivos sin pérdidas en la supervivencia, el medio de cultivo debe contener ya sea o altos niveles de sucrosa o bajos niveles de BAP o bajos niveles de sucrosa junto con altos niveles de BAP.

Cuadro 58. Efectos de la temperatura y de los niveles de sucrosa y citoquininas en la tasa de crecimiento y supervivencia de cultivos meristemáticos de yuca. (Promedio de tres variedades de yuca y cinco cultivos por variedad.)

Temperaturas de almacenamiento diurnas/nocturnas (°C)	Tratamiento			Crecimiento de los cultivos		
	Sucrosa (%)	BAP ² (mg/l)	Almacenamiento (meses)	Retoños (cm/mes)	No. de nudos formados mes	Super-viven-cia ² (%)
30/25	2	0.01	6	2.3	2.2	20
		0.05	6	1.2	1.5	32
	4	0.01	5	1.5	2.4	25
		0.05	4	1.1	1.6	29
20/20	2	0.01	12	1.3	1.0	80
		0.5	15	0.5	0.8	95
	4	0.01	15	0.5	0.8	94
		0.05	3	0.2	0.1	50

1 6-bencilaminopurina adicionada a las sales de MS + 0.1 mg/l ácido giberélico.

2 Porcentaje de cultivos viables recuperado al final del período de almacenamiento.

Los cultivos mantenidos durante 15 meses a 20°C permanecieron viables, lo cual no ocurrió con los mantenidos a un régimen de temperatura diurna/nocturna de 30/25°C después de seis meses de almacenamiento. Además, la baja temperatura durante el almacenamiento estimuló el crecimiento de retoños axilares, favoreciendo de esta manera una mayor duración de los cultivos. La duración del almacenamiento antes de transferir los materiales a un medio de cultivo fresco, dependerá de la tasa de crecimiento de los cultivos; preferiblemente debe ser lo suficientemente lenta sin afectar la supervivencia del cultivo. Cada tres meses, durante periodos de almacenamiento de 12 a 15 meses, se ha vigilado el crecimiento de cultivos almacenados bajo dos condiciones de temperatura (Figura 46). Durante los primeros tres meses, los cultivos almacenados en un régimen de temperatura diurna/nocturna de 30/25°C crecieron rápidamente, pero de allí en adelante la tasa de crecimiento disminuyó debido a un agotamiento de los nutrimentos del medio de cultivo y a la oxidación fenólica de los tejidos. El crecimiento de cultivos a 20°C aumentó ligeramente al principio y permaneció relativamente constante después de 12 meses de almacenamiento. Con base en estos resultados, se estimó un período mínimo de transferencia de dos años.

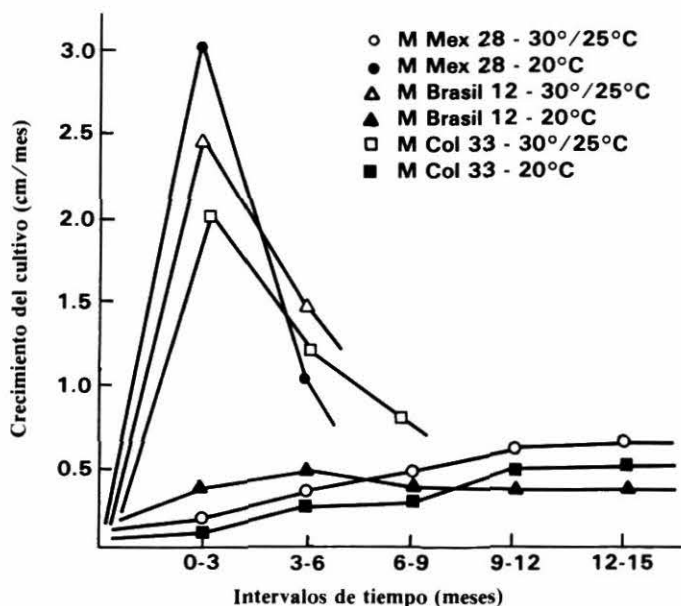


Figura 46. Efecto de dos regímenes de temperatura (30°/25°C de temperatura diurna/nocturna y 20°C constantes) en las tasas de crecimiento de tejidos meristemáticos de las variedades de yuca M Mex 28, M Brasil 12 y M Col 33 almacenadas durante un periodo de 12-15 meses. (Promedio de 4-5 repeticiones, registrados cada tres meses.)

Con el fin de probar la estabilidad fenotípica de los materiales, los cultivos se están recuperando del almacenamiento cada seis meses, se están propagando *in vitro*, cultivando en materos y transplantando al campo. Las observaciones iniciales indican que las plantas reflejan las características fenotípicas de la original.

Continúan las investigaciones para desarrollar aún más el cultivo de meristemas para el almacenamiento de yuca. Sin embargo, la técnica se utilizará ahora para transformar gradualmente el germoplasma de yuca a la forma de cultivos de meristemas para su almacenamiento. En el Prairie Regional Laboratory en Saskatoon, Canadá, y en la Universidad de Birmingham, Inglaterra, continúa la investigación para estudiar la posibilidad de preservar los cultivos de meristemas de yuca mediante su congelación.

Intercambio Internacional de Germoplasma

El cultivo de meristemas en combinación con el tratamiento con calor proporciona un medio eficiente para erradicar enfermedades producidas por organismos similares a virus. Otros organismos contaminantes tales como insectos, ácaros, hongos y bacterias también deben estar ausentes en los cultivos asépticos de meristemas. Por lo tanto, el intercambio internacional de germoplasma de yuca en la forma de cultivos de meristemas libres de enfermedades reduciría en gran medida los riesgos de diseminar plagas y enfermedades.

En colaboración con el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) de Brasil, se desarrolló este año un procedimiento sencillo para intercambiar germoplasma de yuca en la forma de cultivos de meristemas. El procedimiento global comprende los siguientes pasos: 1) la preparación de los cultivos libres de enfermedades; 2) el

empaque y envío de los cultivos; 3) el manejo del material al recibirlo (recuperación de las plantas y propagación); y 4) la evaluación y la entrega de los materiales para experimentación posterior.

A Brasil se enviaron dos embarques de ensayo por vía aérea: una en la forma de plántulas individuales enraizadas y el otro en la forma de ápices meristemáticos. A pesar de los cambios bruscos de temperatura (de 10°C a 45°C) registrados durante el embarque, los cultivos no sufrieron daños irreversibles. Se encontró que una construcción hecha en la parte inferior del tubo de ensayo previene que el medio rico en agar se agite debido a los movimientos durante el transporte. Sin embargo, los cultivos se decoloraron debido a la oscuridad prolongada (viaje de 25 días) dentro del empaque. Los cultivos reverdecieron nuevamente después de su exposición a luz difusa.

También se envió un tercer embarque a Brasil con 15 líneas genéticas avanzadas en la forma de ápices meristemáticos. Los cultivos llegaron seguros y se están multiplicando antes de su redistribución desde CENARGEN al Centro de Pesquisa de Mandioca y Fruticultura (CNPMPF), el centro de investigación de yuca de Brasil en Cruz das Almas.

Recíprocamente, 12 variedades de yuca de Brasil fueron despachadas hacia el CIAT. Las plantas han sido recuperadas y reproducidas a partir de los cultivos meristemáticos para ser evaluadas en el invernadero.

En colaboración con las autoridades sanitarias de Colombia y el Centro de Investigación Agrícola del Norte de Perú, se hicieron planes para transferir de ese país al CIAT duplicados de más de 100 accesiones de yuca en la forma de cultivos asépticos de meristemas.

COOPERACION INTERNACIONAL

La generación de tecnología mejorada debe estar muy ligada a un mecanismo efectivo de transferencia a las instituciones nacionales si se desea lograr la última meta de aumentar los niveles nacionales de rendimiento. Al respecto, el Programa de Yuca del CIAT refinó su estrategia para mejorar el flujo de tecnología de producción de yuca hacia los programas nacionales.

América Latina

Las estrategias de proyección externa del Programa de Yuca para América Latina varían de un país a otro, básicamente dependiendo de dos factores: en primer lugar, el potencial para producir y comercializar yuca en un país determinado y, en segundo lugar, el grado de desarrollo de su programa nacional de yuca.

Dentro de este contexto, las actividades de Cooperación Internacional del CIAT en América Latina están diseñadas según las necesidades de cuatro grupos principales de países:

- Países con un programa nacional de investigación de yuca sólido ligado a programas de extensión bien desarrollados. Se ha identificado una demanda potencial para el aumento de la producción de yuca y por consiguiente, hay una política nacional para ampliar la producción de yuca en el país.

El Programa de Yuca del CIAT presta asistencia a tales países en la identificación de factores limitantes de la producción y en la definición de una estrategia de investigación. La tecnología que se está transfiriendo incluye prácticas agronómicas y nuevo material genético de yuca recomendado para las condiciones específicas de los países. Brasil, Colombia, Cuba y México son ejemplos de países en esta categoría.

- Países con programas de investigación capacitados pero no ligados a objetivos de producción y mercadeo bien definidos. Faltan políticas nacionales que favorezcan los aumentos en la producción de yuca, el mercadeo y la utilización del cultivo.

Estos países reciben asistencia en la evaluación de cultivares nacionales e introducidos para determinar el potencial de producción y en el análisis de los posibles beneficios económicos del aumento en la producción de

yuca. La información de esta naturaleza puede entonces ser utilizada por los planificadores y estrategias nacionales para poner en práctica políticas definidas. Ejemplos de países en esta categoría son la República Dominicana y Ecuador.

- Países con programas limitados o sin programas de yuca pero interesados en aumentar la producción de este cultivo. Estos países tienen el potencial para aumentar la producción de yuca pero no han explorado las alternativas de mercado y utilización ni han desarrollado un programa de investigación y producción. Los países en esta categoría generalmente son importadores de grano.

El Programa de Yuca del CIAT puede prestarle asistencia a estos países proporcionándole adiestramiento a profesionales en la evaluación de germoplasma y tecnología generada del CIAT y obtener datos básicos necesarios para evaluar el potencial de la yuca.

- Países con deficiencias de carbohidratos no interesados a nivel nacional en un aumento en la producción de yuca o sin un programa de yuca bien definido, aunque con potencial para producir este cultivo.

El CIAT pretende poner a estos países al tanto del potencial de la yuca, estableciendo y evaluando ensayos internacionales con la colaboración de investigadores locales. También prestará asistencia en la colección de datos sobre prácticas culturales y agronómicas para ponerlos a la disposición de los planificadores nacionales. Dentro de este grupo, Bolivia, Costa Rica y Honduras han solicitado la asistencia del CIAT para mejorar sus actividades del Programa de Yuca a nivel nacional o regional. En esos países, agrónomos locales han recibido adiestramiento y se han establecido ensayos internacionales.

Intercambio de germoplasma

La distribución de cultivares seleccionados ha sido una actividad básica que ha ligado al Programa de Yuca del CIAT con sus colaboradores en la red internacional de yuca. Estacas de 13 cultivares y de 12 híbridos se enviaron a 25 agencias nacionales en 17 países para un total de 119,582 estacas (Cuadro 59). La sección de Mejoramiento Genético de yuca envió semilla sexual a varios países y la sección de Cultivos de Meristemas de Yuca envió material de

variedades promisorias a Brasil a nivel de ensayo, con el fin de desarrollar y evaluar un sistema para transferir materiales de manera segura entre los países participantes (véase la sección sobre Cultivo de Tejidos Meristemáticos en la página 89).

Cuadro 59. Material de siembra (estacas de 20 cm de longitud) de 13 variedades y 12 híbridos despachados a 12 países durante 1979.

País	Variedades	Híbridos	Total
Argentina	1280	1420	2700
Barbados	100	400	500
Bolivia	0	512	512
Canadá	120	0	120
Costa Rica	0	300	300
Cuba	65300	60	65360
República Dominicana	580	2900	2320
Ecuador	400	3410	3010
Inglaterra	16	16	0
Haití	70	170	100
Holanda	28	28	0
Honduras	100	300	200
México	1400	4800	3400
Surinam	196	668	472
Estados Unidos	403	523	120
Venezuela	300	1800	1500
Islas de Barlovento	60	90	30
Colombia	31490	35385	3895
Total	101843	119582	17739

Asia

El bajo rendimiento promedio de yuca en Asia de 10 ton/ha se debe, entre otras razones, a la falta de tecnología mejorada de bajos insumos (variedades adaptadas con alto potencial de rendimiento, prácticas agronómicas mejoradas y tecnología eficiente para el procesamiento y almacenamiento de la yuca) y a la escasez de personal adiestrado.

En los últimos años, muchos países asiáticos han mostrado interés en este cultivo de raíces y han estructurado sus propios programas nacionales de producción de yuca como en Indonesia, India, Malasia, Filipinas, Tailandia y Sri Lanka.

Distribución de germoplasma

La estación de poscurentena de yuca en Indang, Cavite, Filipinas (14°08'N y 120°54'E) — estructurada en colaboración con el miembro del Programa de Yuca del CIAT con sede en Asia — opera ahora a su capacidad total. Quince selecciones recibidas del banco de germoplasma del CIAT en marzo de 1978, se están propagando como también 10 híbridos del CIAT obtenidos de semilla sexual.

A mediados de 1979 se distribuyó a cooperadores en India, Indonesia y Sri Lanka 300 estacas de cada uno de nueve cultivares de yuca para su propagación y evaluación posterior.

Otras regiones asiáticas con las cuales se están estableciendo vínculos cooperativos internacionales, por medio del envío de material de siembra de cultivares e híbridos promisorios de yuca del CIAT, son las Islas Cook, Laos, Papua Nueva Guinea, the Trust Territories, Samoa y Vietnam.

Pruebas regionales

Ya se han establecido pruebas regionales en tres localidades y los datos sobre el comportamiento de los materiales estarán disponibles en 1980. Pronto se establecerán en Filipinas dos pruebas regionales adicionales.

Investigación

El programa de proyección externa de yuca ha proporcionado asistencia y asesoría directa en investigaciones de campo realizadas en estaciones experimentales en los programas nacionales de Filipinas (selección de herbicidas y control de malezas), Sri Lanka (ensayos de campo de variedades de yuca intercaladas con coco), Indonesia (métodos de siembra y densidad de siembra), Tailandia (ensayos de fertilidad a largo plazo) y Malasia (ensayos varietales en suelos turbosos y minerales).

Adiestramiento

Propagación rápida de yuca

Ultimamente, el gobierno de Filipinas ha hecho énfasis en la producción extensiva de yuca no sólo para producir almidón sino también alcohol carburante. Sin embargo, las variedades locales de Filipinas sólo están dando un rendimiento de 6-9 ton/ha. Consciente de la necesidad de propagar rápidamente las variedades de yuca del CIAT que

se están multiplicando en la Estación Experimental de Cavite, el gobierno ha solicitado, por intermedio de su Concejo Nacional de Alimentos y Agricultura, la asesoría del CIAT para realizar adiestramiento a corto plazo y seminarios sobre propagación rápida de estas variedades. Hasta la fecha ya se han realizado tres sesiones con la participación total de 45 profesionales del gobierno.

Cultivo de tejidos

El programa de proyección externa del CIAT seleccionó siete participantes asiáticos, quienes recibieron adiestramiento en el cultivo de tejidos en la sede del CIAT en Pal-

mira, Colombia, en un curso de cuatro semanas que se realizó en esta localidad. Los participantes representaron programas nacionales de los siguientes países: Indoneia (1), Malasia (2), Filipinas (1), Tailandia (2) y Sri Lanka (1).

Curso intensivo sobre producción de yuca

Un total de 42 profesionales asiáticos han sido entrevistados para el curso intensivo de cuatro semanas sobre producción/extensión de yuca, programado para realizarse en Leyte, Filipinas en junio de 1980. Entre los 42 profesionales entrevistados, aproximadamente 25-30 participantes serán seleccionados para adiestramiento.

ACTIVIDADES DE ADIESTRAMIENTO Y COMUNICACIONES

Adiestramiento

En colaboración con la oficina de Adiestramiento del CIAT, la cual tiene la principal responsabilidad de coordinar todos los esfuerzos de adiestramiento del Centro, el Programa de Yuca proporcionó adiestramiento a un total de 69 profesionales de 25 países en diferentes áreas de especialización (Cuadro 60).

De especial interés este año fue el primer curso de ocho semanas sobre el Cultivo de Tejidos Meristemáticos de Yuca en el cual participaron siete científicos de los países asiáticos mencionados con anterioridad. Dicho adiestramiento pretende facilitar el intercambio de germoplasma libre de patógenos entre los países y promover la multiplicación rápida y el almacenamiento de germoplasma.

Materiales Audiotutoriales

El desarrollo de materiales autodidácticos (audiovisuales acompañados por guías de estudio) sobre información técnica de yuca continuó durante 1979 en colaboración con la Unidad de Comunicaciones del CIAT. Estos materiales de enseñanza son utilizados por los participantes del adiestramiento como ayudas complementarias del trabajo de clase, laboratorio y campo. Durante el año se aceleraron los esfuerzos para diseminar estos materiales entre las instituciones de investigación, extensión y enseñanza de América Latina. Estas unidades han probado ser efectivas como apoyo a los cursos de adiestramiento patrocinados por el CIAT en los países. El Cuadro 61 muestra la lista de unidades audiotutoriales de yuca disponibles actualmente.

Cuadro 60. Número de profesionales adiestrados en yuca en el CIAT en 1979 por disciplina de especialización y categoría de adiestramiento.

Disciplina	Científicos	Asociados	Becarios	Internos	Internos	Becarios	Participan-	
Disciplina	posdoctorales	investigación	para	posgraduados	posgraduados	especiales	tes en cur-	Total
		visitantes	estudio	investigación	producción		sos cortos	
Agronomía	1 (12.0)	1 (3.0) ¹	-	2 (10.0)	-	1 (1.0)	-	5 (26.0)
Economía	-	-	-	1 (5.0)	-	2 (7.0)	-	3 (12.0)
Entomología	1 (12.0)	2 (19.0)	1 (12.0)	-	-	-	-	4 (43.0)
Germoplasma	-	-	-	2 (2.0)	-	3 (2.5)	-	5 (4.5)
Fitomejora - miento	1 (7.0)	-	-	1 (10.0)	-	-	-	2 (17.0)
Fitopatología	-	3 (30.0)	-	2 (9.0)	-	1 (1.0)	-	6 (40.0)
Fisiología	-	1 (12.0)	-	1 (11.0)	-	2 (4.0)	7 (7.0)	13 (48.0)
Producción	-	-	-	-	-	-	39 (39.0)	39 (39.0)
Sociología rural	-	1 (6.0)	-	-	-	1 (4.0)	-	2 (10.0)
Adiestramiento (planeación de cursos)	-	-	-	1 (0.5)	-	-	-	1 (0.5)
Control de malezas	3 (31.0)	8 (70.0)	3 (26.0)	11 (50.5)	-	10 (19.5)	46 (46.0)	81 ² (243.0)

¹ Los números entre paréntesis corresponden a los meses-hombre de adiestramiento.

² Países de origen de los profesionales adiestrados:

Bolivia	(1)	República Dominicana	(10)	Honduras	(1)	Holanda	(5)	Sri Lanka	(1)
Brasil	(14)	Ecuador	(2)	México	(3)	Indonesia	(1)	Tailandia	(2)
Colombia	(16)	El Salvador	(1)	Perú	(1)	Japón	(1)	R. Unido	(1)
Costa Rica	(2)	Guayana	(1)	Venezuela	(2)	Malasia	(2)	EE.UU.	(3)
Cuba	(13)	Haití	(2)	Camerun	(1)	Filipinas	(1)	Alemania O.	(4)

Cuadro 61. Unidades audiotutoriales sobre yuca disponibles solamente en español.

Serie	Título
04SC-02.01	Un tipo ideal de planta de yuca para rendimiento máximo
04SC-02.02	Cultivo de tejidos de yuca y sus aplicaciones
04SC-02.03	Morfología de la planta de yuca
04SC-03.01	Descripción de las enfermedades de la yuca
04SC-03.05	Almacenamiento de raíces frescas de la yuca
04SC-04.01	El control de <u>Erinnyis ello</u> (gusano cachón de la yuca)
04SC-04.02	Descripción de las plagas que atacan el cultivo de la yuca y características de sus daños
04SC-06.01	Sistema de propagación rápida de la yuca
04SC-06.02	Selección y preparación de estacas de yuca para siembra
04SC-07.01	Bases del mejoramiento genético de la planta de yuca

Cuadro 62. Publicaciones sobre yuca producidas durante 1979 en el CIAT.

Código	Título	Idioma	Páginas	Tiraje
02E1C-78	Annual Report 1978	Inglés	104	1520
02S1C-78	Separata Informe Anual 1978	Español	113	1200
08EC-5	Abstracts on Cassava, Vol. V	Inglés	190	1500
08SC-5	Resúmenes sobre Yuca, Vol. V	Español	211	1500
05EC-6	Enzymatic Assay for Determining the Cyanide Content of Cassava and Cassava Products	Inglés	14	1500
05SC-6	Ensayo Enzimático para Determinar el Contenido de Cianuro en las Raíces y en los Productos de la Yuca	Español	19	1500
10SC-7	Una Sembradora Automática de Dos Surcos para Estacas de Yuca: Desarrollo, Diseño y Construcción del Prototipo	Español	12	1000
05EEEn-3	Cassava Harvesting Aid	Inglés	14	1500
05SEn-3	Un Implemento para Ayudar en la Cosecha de Yuca	Español	14	1500
09SC-3	Desórdenes Nutricionales en la Yuca	Español		1500
01EC-5	Cassava Newsletter No. 5	Inglés		1280
01SC-5	Boletín Informativo de Yuca No. 5	Español		1025
01EC-6	Cassava Newsletter No. 6	Inglés		1250
01SC-6	Boletín Informativo de Yuca No. 6	Español		1025
01EC-7	Cassava Newsletter No. 7	Inglés		1250
01SC-7	Boletín Informativo de Yuca No. 7	Español		1200

Medios Escritos

Las nuevas publicaciones del CIAT se presentan en el Cuadro 62. El Centro de Documentación de Yuca, como parte de la Unidad de Intercambio de Información Científica, desarrolló la mayoría de las publicaciones este año, lo cual refleja el nivel de madurez que ha alcanzado.

Se publicaron los números 5, 6 y 7 del Boletín Informativo de Yuca el cual se publica en Inglés y Español. Ha habido una respuesta muy favorable a este boletín informativo por su audiencia y este año el Centro de Documentación de Yuca recibió numerosas contribuciones de investigadores de yuca del mundo.

PERSONAL

(al 31 de Diciembre, 1979)

Científicos principales

Anthony C. Bellotti, PhD, Entomólogo (Coordinador)
Abelardo Castro, PhD, Agrónomo
James H. Cock, PhD, Fisiólogo (en licencia sabática)
Clair Hershey, PhD, Fitomejorador
Reinhardt Howeler, PhD, Edafólogo
Kazuo Kawano, PhD, Fitomejorador
Dietrich Leihner, DAg, Agrónomo
J. Carlos Lozano, PhD, Fitopatólogo
John K. Lynam, PhD, Economista Agrícola
Romeo R. Obordo, PhD, Coordinador Regional para Asia (con sede en SEARCA, Los Baños, Filipinas)
Julio César Toro, PhD, Agrónomo

Científicos visitantes

David Connor, PhD, Fisiólogo
* Yoshiki Umemura, MS, Fitopatólogo

Científico posdoctoral

Bodo Hegewald, PhD, Cultivos Intercalados de Yuca

Especialista visitante

Jesús Antonio Reyes, MS, Entomología

Investigadores asociados

Alvaro Amaya, MS, Fitomejorador
Rafael Orlando Díaz, MS, Economía
** Carlos Domínguez, MS, Adiestramiento
Benjamín Pineda, MS, Fitopatología
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
Christopher Wheatly, MS, Fitopatología

Investigadores asistentes

Bernardo Arias, Ing. Agr., Entomología
Eitel Adolfo Burckhardt, Biólogo, Suelos
Luis Fernando Cadavid, Ing., Agr., Suelos
Fernando Calle, Ing. Agr., Suelos (con sede en Carimagua Colombia)
* Darío Cárdenas, Econ., Economía
Ernesto Celis, Ing. Agr., Agronomía
Carolina Correa, Econ., Economía
Julio Eduardo Holguín, Ing. Agr., Agronomía (con sede en ICA-Caribia, Colombia)
Diego Izquierdo, Econ., Economía
Gustavo Jaramillo, Ing. Agr., Agronomía
Javier López, Ing. Agr., Prácticas Culturales
Sara Mejía, Ing. Agr., Fisiología
Pedro Millán, Ing. Agr., Germoplasma
Germán E. Parra, Ing. Agr., Fisiología
Edgar Salazar, Ing. Agr., Suelos (con sede en Carimagua, Colombia)
Ana Milena Varela, Bióloga, Entomología
Ana Cecilia Velasco, Tec. Med., Fitopatología

* Se retiró durante 1979.

** Asignado a Adiestramiento y Conferencias.