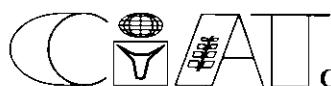


**Informe Anual
Programa de Yuca
1981**



Centro Internacional de Agricultura Tropical, Apartado 6713, Cali Colombia

Contenido

	<u>Página</u>
Avances del CIAT en la Investigación de Yuca.....	5
Fisiología.....	7
Suelos y Nutrición de la Planta.....	27
Proyecto Micorriza.....	57
Entomología.....	69
Patología.....	89
Cultivo de Tejidos.....	115
Desarrollo de Germoplasma.....	127
Mejoramiento Varietal.....	147
Prácticas Culturales.....	173
Pruebas Regionales.....	189
Economía.....	211
Utilización de Yuca.....	231
Cooperación Internacional.....	251
Publicaciones del Personal y del Programa.....	263
Personal (a diciembre 31, 1981).....	267

Avances del CIAT en la investigación de yuca

La yuca ocupa el cuarto puesto en importancia como fuente de calorías producidas en el trópico. En las regiones bajo la responsabilidad del CIAT, la yuca se utiliza principalmente para el consumo humano o como alimento para animales, ya sea en los países productores o después de haber sido exportada. Estimativos recientes indican que la demanda de yuca tanto fresca como seca para consumo humano es más elástica de lo que antes se pensaba. Esto sugiere claramente que la tecnología que favorezca una reducción en los costos puede conducir a un aumento en el consumo de yuca. En el caso de la yuca fresca, en los mercados urbanos, el precio inicial para los agricultores representa solamente una porción pequeña del precio para los consumidores y, por consiguiente, la tecnología tendiente a reducir costos debe concentrarse en aspectos del manejo en poscosecha en lugar de tecnología de producción. Por otra parte, en el caso de los productos de yuca secos, el precio para el agricultor constituye una porción considerable del precio final para el consumidor de tal manera que la tecnología tendiente a reducir costos en la producción es de importancia primordial. Adicionalmente, debido a que una gran proporción del costo final de la yuca como alimento para animales son las raíces, es importante la tecnología de bajo costo de producción de raíces.

Esta información tiene ramificaciones importantes para el desarrollo de tecnología con base en germoplasma mejorado. Los mayores esfuerzos se deben concentrar en tecnología de producción que proporcione rendimientos altos de materia seca por hectárea. El progreso en el desarrollo de esta tecnología ha sido firme en los últimos años y se puede resumir mejor en términos de los resultados obtenidos en los ensayos regionales, los cuales indican que, mediante la utilización de tecnología de bajos insumos, los rendimientos pueden ser doblados y hasta cuadruplicados en extensas regiones de las tierras bajas tropicales.

La evaluación de esta tecnología a nivel de finca indica que los agricultores tienen las habilidades administrativas para utilizar esta tecnología y que la "brecha en rendimiento" entre los campos experimentales y los campos de los agricultores no es grande. Aun cuando ésta exista, se mantiene la superioridad relativa de la tecnología y el germoplasma mejorado en comparación con la tecnología tradicional. Por lo tanto, los niveles de rendimiento que se pueden alcanzar deben permitir a la yuca ser altamente competitiva en varios mercados en los que actualmente no tiene una participación grande.

Fisiología

La sección de fisiología ha continuado el desarrollo del conocimiento global sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de yuca que oriente sobre las mejores maneras de obtener la tecnología, basada en germoplasma mejorado, que resulte en altos rendimientos estables de un producto de buena calidad. El énfasis ha cambiado de las características varietales asociadas con un alto rendimiento en bajos niveles de estrés a la comprensión de los factores que contribuyen al rendimiento en condiciones de estrés.

Efectos del Fotoperíodo

En años anteriores, los ensayos en hileras individuales habían demostrado ligeras disminuciones en rendimiento debido a días largos en un clon, en tanto que otro clon (M Col 22) fue aparentemente insensible a la longitud del día (CIAT 1976). Se sembraron parcelas con bordes completos de tres clones (M Col 22, M Col 1684 y M Ptr 26) en condiciones de longitud de día natural (cerca de las 12 horas puesto que la localidad del CIAT se encuentra solamente a 3.5° N de latitud) y por una ampliación de la longitud del día a 16 horas mediante el uso de bombillos incandescentes. Al final de la cosecha, a los nueve meses después de la siembra, el rendimiento de raíces fue del 87, 53 y 61% de los testigos en las plantas tratadas de M Col 22, M Col 1684 y M Ptr 26, respectivamente. La tendencia a que los rendimientos de raíces se redujeran más en M Col 1684 y menos en M Col 22 se observó aun a los 86 días después de la siembra, lo cual indica que puede ser posible hacer una selección rápida por esta característica.

Las plantas cultivadas en días largos presentaron en forma consistente índices de área foliar (IAF) más altos entre los 6-9 meses después de la siembra (Figura 1). El tamaño de las hojas fue similar en días largos y en días de longitud natural, y solamente se observó un ligero aumento en el número de hojas formadas por ápice en los días largos. La causa principal del aumento en el IAF en días largos fue un aumento en la ramificación lo cual resultó en un mayor número de ápices por planta (Cuadro 1).

Las plantas tratadas con días largos produjeron cantidades iguales o mayores de materia seca/ha que las plantas en condiciones de días de longitud natural (Figura 2). La mayor producción fue menor de lo que se había esperado según las diferencias en el IAF; sin embargo, esto se puede deber parcialmente al hecho de que las plantas cultivadas en días largos produjeron más hojas, las cuales son ricas en proteína y, en términos de la glucosa requerida para el crecimiento, más costosas de producir que las raíces.

El efecto más sorprendente de los días largos no fue en la producción total de biomasa sino en la distribución de la materia seca (Figura 2). Los índices de cosecha de todos los clones, incluyendo el

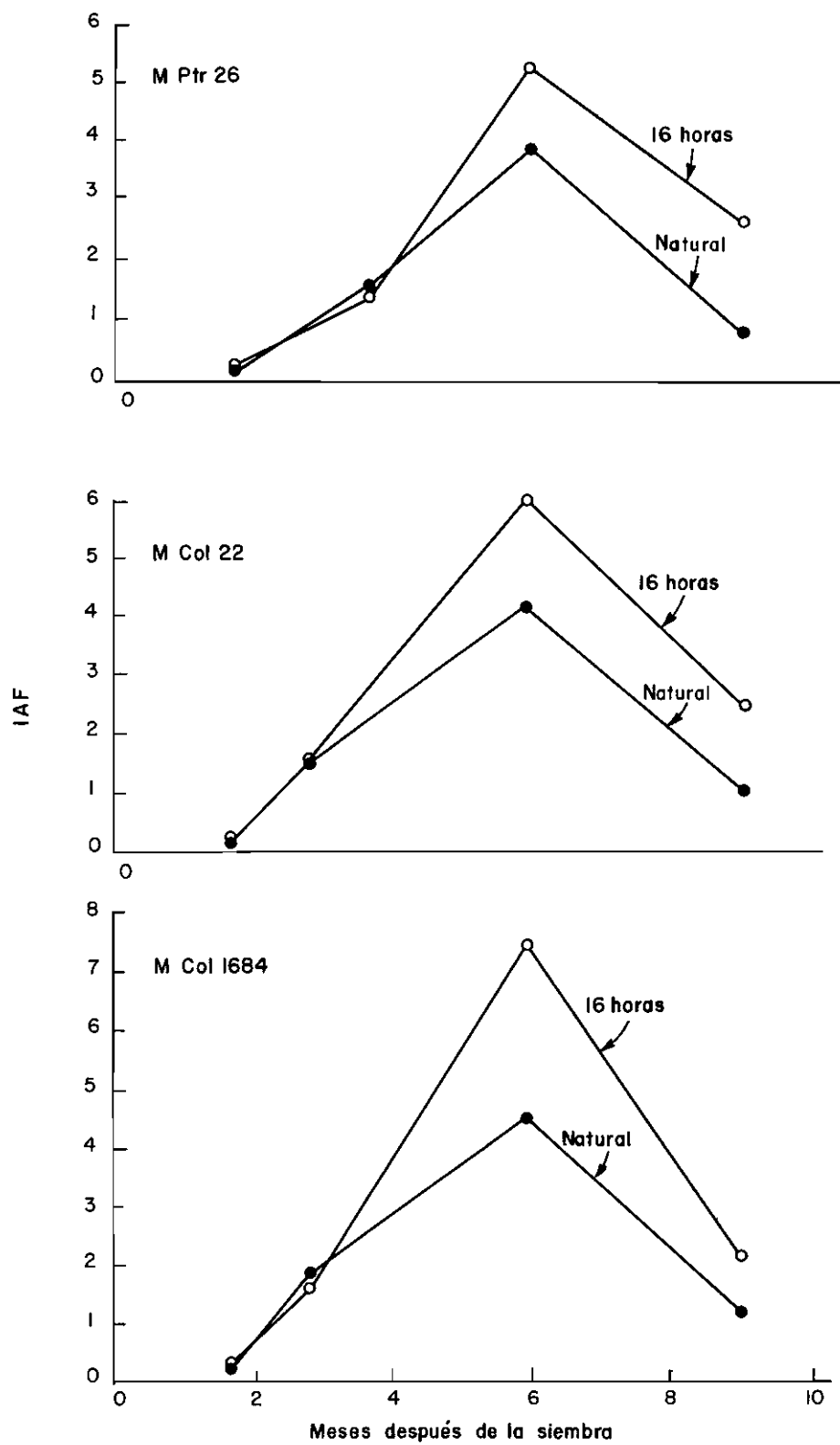


Figura 1. Índice de área foliar de tres variedades de yuca en dos fotoperíodos.

Cuadro 1. Características de varios clones de yuca cosechados 272 días después de la siembra y cultivados en condiciones de fotoperíodos de duración natural del día y de 16 horas.

Clon	Duración del día	Materia seca total ^a (t/ha)	Rendimiento de raíces secas (t/ha)	Apices/planta (no.)	Índice de cosecha ^b (g)
M Ptr 26	Natural	13.9	8.1	8	0.58
	16-hr	14.2	4.9	21	0.35
M Col 22	Natural	14.3	9.5	13	0.66
	16-hr	18.8	8.3	51	0.44
M Col 1684	Natural	15.8	8.7	15	0.55
	16-hr	16.4	4.6	81	0.28

a. Incluye hojas caídas.

b. Índice de cosecha = peso de raíces/peso total de la planta.

del clon relativamente insensible M Col 22, disminuyeron marcadamente en días largos (Cuadro 1). Además, la amplia diferencia en el número de ápices por planta muestra claramente que M Col 22 fue considerablemente afectada por los días largos a pesar de que su rendimiento fue menos afectado que los de las otras variedades. Esto indica que M Col 11 no es realmente insensible a cambios en la longitud del día, sino más bien, que en esta variedad, el mayor IAF en días largos permite una mayor producción total de materia seca, lo cual compensa parcialmente la disminución en el índice de cosecha.

Se tomaron estacas de plantas cultivadas en días largos y en días de longitud natural 10 meses después de la siembra. Todas las plantas recibieron una longitud del día natural durante un mes antes de tomar las estacas. Las plantas obtenidas de estacas de días largos mostraron un crecimiento inicial menos uniforme que las plantas a partir de estacas de longitud de día natural. A los seis meses después de la siembra, el peso de las raíces fue significativamente menor en plantas de estacas de días largos y la sensibilidad a los días largos fue la misma al observar el ensayo original de donde se tomaron las estacas, siendo más severamente afectadas las variedades M Ptr 26 y M Col 1684 que M Col 22. La reducción en rendimiento en plantas de estacas de días largos no se debió a un menor índice de cosecha, sino a una menor producción total de materia seca (Cuadro 2).

Estrés por Agua

M Col 22 se cultivó en tambores de 55 galones. Cuando las plantas cumplieron seis semanas de edad, la mitad de los tambores dejaron de recibir agua (parcelas con estrés) durante nueve semanas; de allí en

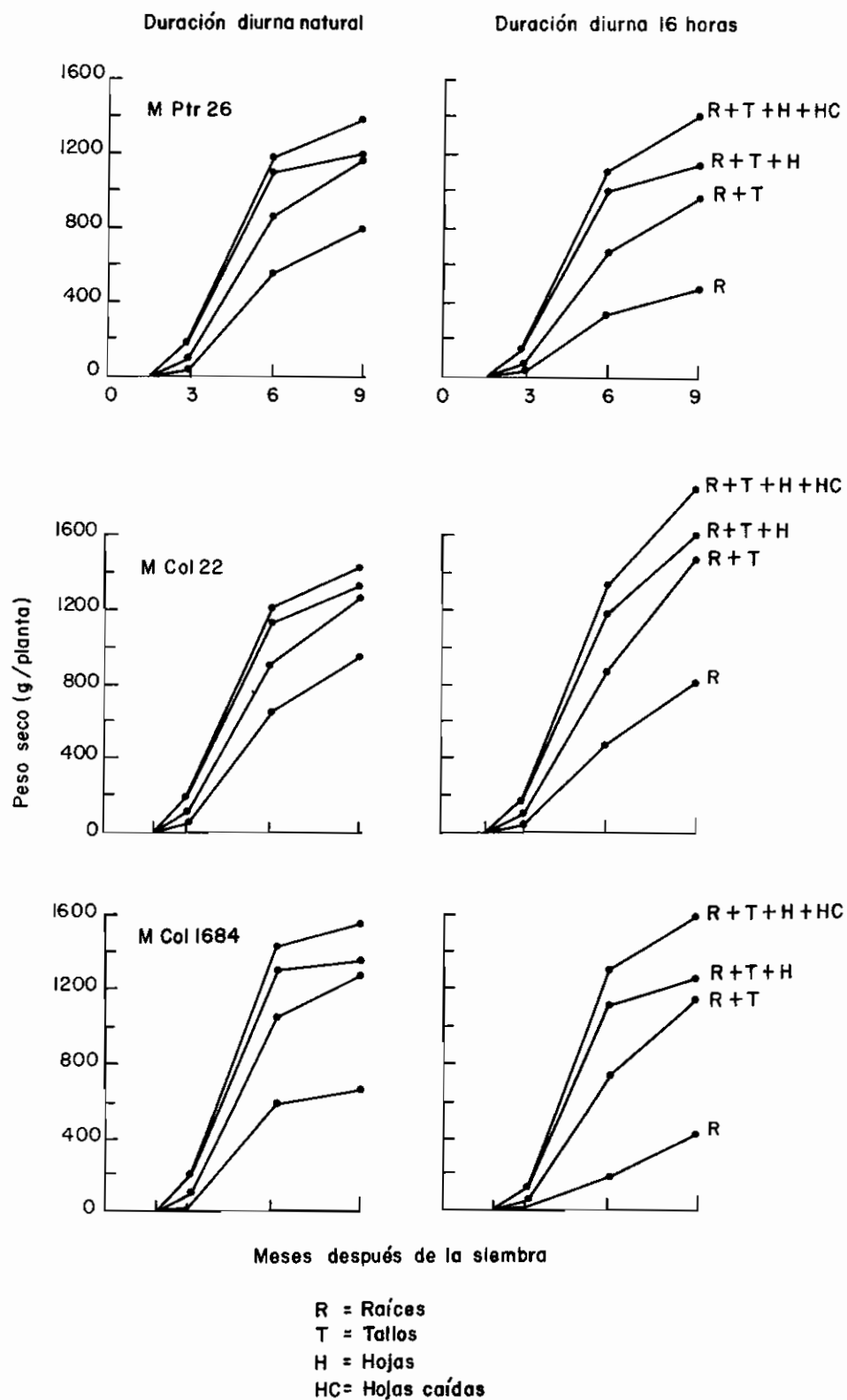


Figura 2. Efecto de la duración del día en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de yuca.

adelante, todas las parcelas se regaron adecuadamente. En las parcelas con estrés, la utilización de agua disminuyó muy rápidamente, pero luego mantuvo un nivel decreciente lento y pequeño hasta el final del período de estrés (Figura 3). La disminución rápida de la utilización de agua casi inmediatamente después de haber dejado de regar las parcelas es consistente con los datos obtenidos el año pasado que indican un cierre parcial de los estomas de las plantas con estrés puesto que la disminución ocurrió antes de que se presentaran cambios significativos en el área foliar por planta.

Cuadro 2. Crecimiento de plantas a partir de estacas de plantas cultivadas en condiciones de duración natural del día y días largos.

Clon	Duración del día	Peso de raíces secas (kg/6 plantas)	Peso seco total (kg/6 plantas)	Indice de cosecha ^a
M Ptr 26	16-hr	2.2	4.8	0.45
	Natural	2.7	5.9	0.45
M Col 22	16-hr	2.7	5.2	0.51
	Natural	2.7	5.3	0.51
M Col 1684	16-hr	2.1	4.3	0.48
	Natural	2.6	5.0	0.52

a. Indice de cosecha = peso de raíces/peso total de la planta.

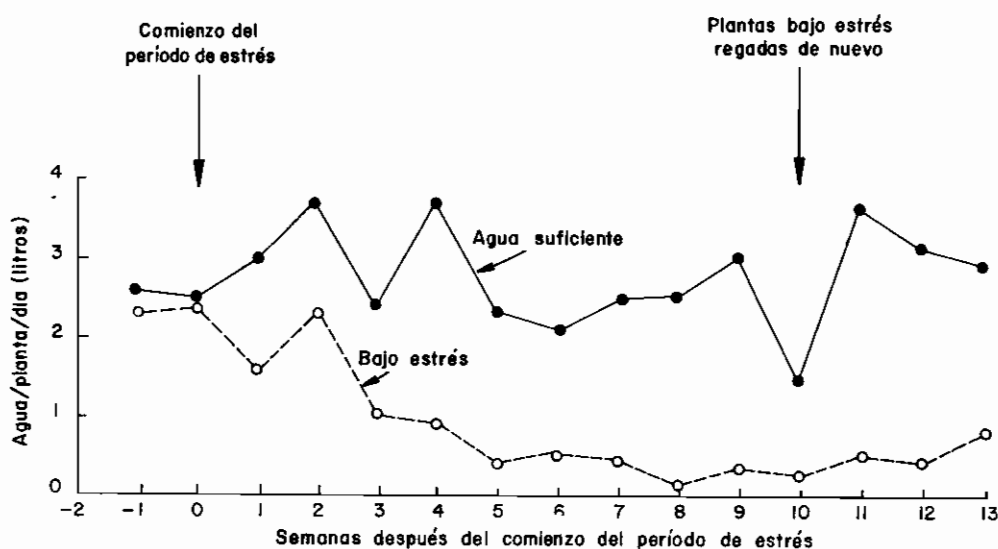


Figura 3. Transpiración de plantas de yuca con riego y con estrés (M Col 22) cultivadas en tambores de 55 galones.

El período de estrés no tiene un efecto medible consistente en la tasa de formación foliar por ápice (Figura 4), pero las hojas formadas durante el período de estrés fueron considerablemente menores en tamaño que las hojas de las plantas testigo (Figura 5). Esto indica que la expansión foliar es más sensible al estrés por agua que la formación de hojas. En ensayos de campo, el tamaño de las hojas formadas durante la recuperación fue mayor que el de las hojas producidas al mismo tiempo en plantas testigo. Los datos de este año confirman esta tendencia con hojas totalmente expandidas de tamaño mayor en plantas previamente dejadas sin agua que en las plantas testigo después de dos semanas de riego (Figura 5). El efecto del estrés en la expansión foliar no parece ocurrir en las fases muy tempranas del desarrollo de las hojas. Las hojas en el nudo 30 aparecieron cinco días antes de haber suministrado agua y todavía podían alcanzar un tamaño similar al de las plantas testigo (Figura 5). Las hojas producidas más tarde fueron de mayor tamaño en las plantas en recuperación; esta diferencia en tamaño no se debió a diferencias en la posición nodal debido a que las plantas en recuperación presentaron hojas más grandes en las mismas posiciones nodales que los testigos (Figura 6).

En el Informe Anual de 1980 se presentaron datos de campo que mostraron que el IAF se reducía en condiciones de estrés debido a una reducción en la expansión foliar y una reducción en la formación de hojas, pero que el estrés tenía poco efecto en la vida foliar. En

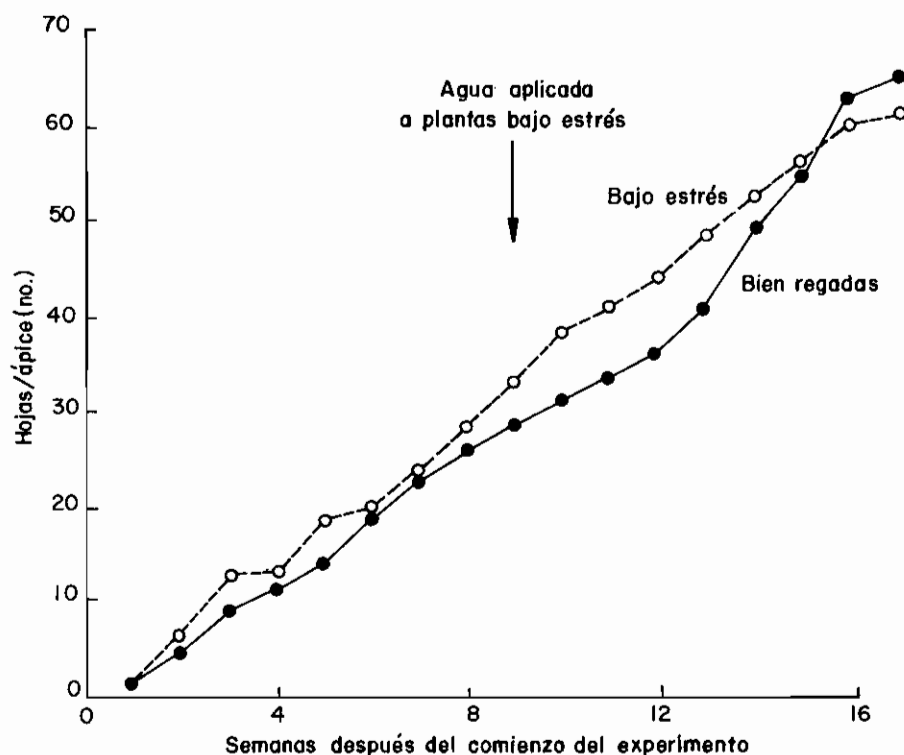


Figura 4. Número acumulado de hojas por ápice de plantas de yuca (M Col 22) con riego y con estrés.

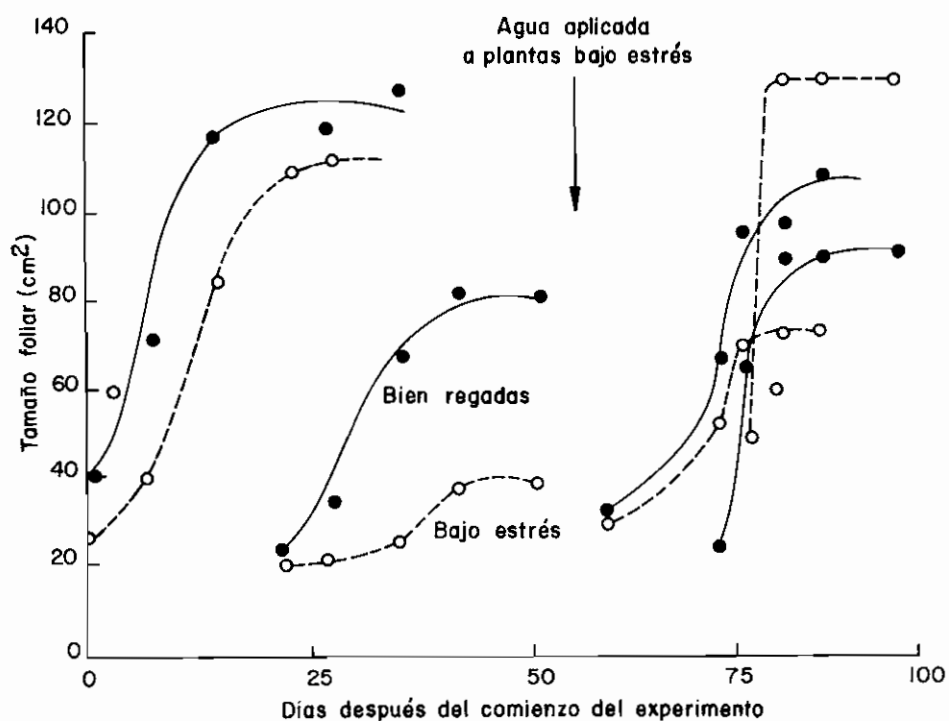


Figura 5. Expansión foliar de plantas de yuca (M Col 22) con riego y con estrés.

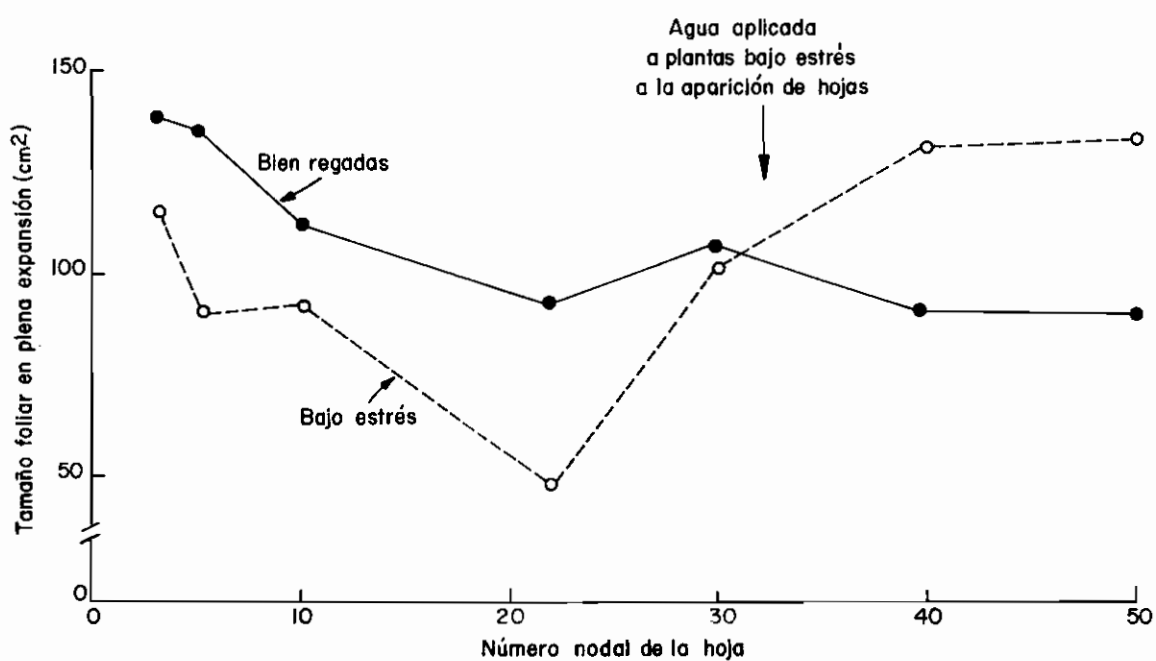
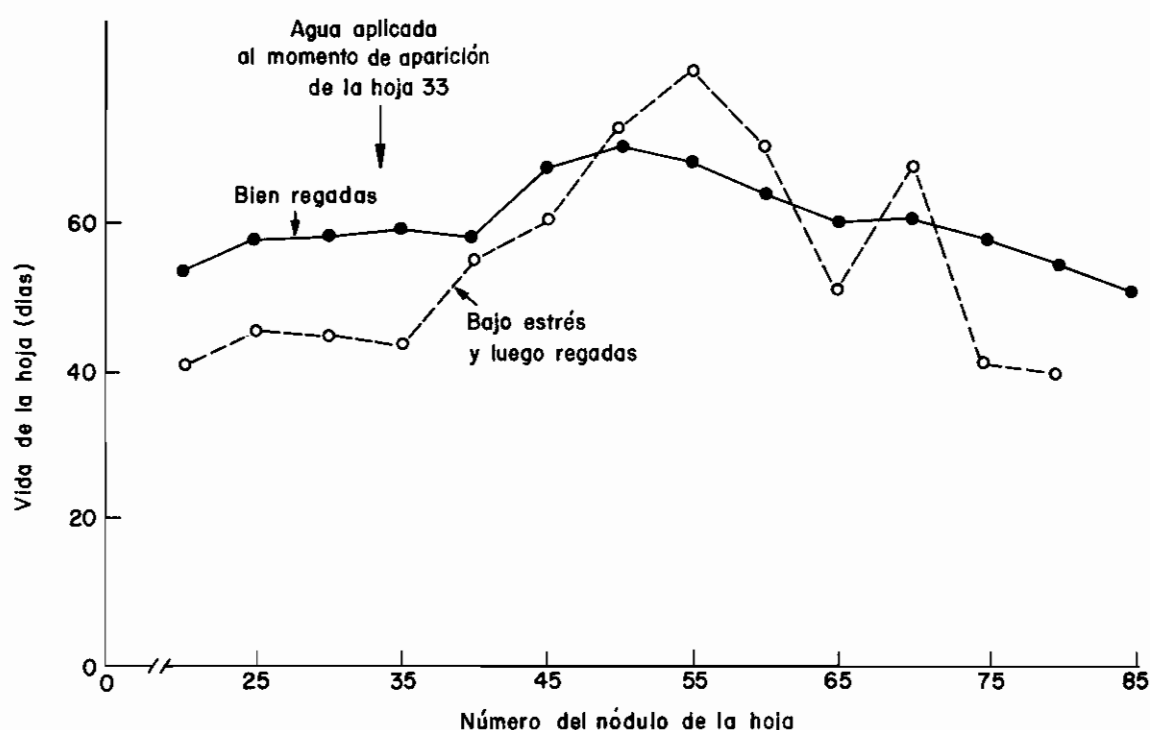


Figura 6. Tamaño de las hojas a una expansión foliar, en plantas de yuca (M Col 22) con riego y con estrés durante el período de estrés y de recuperación.

efecto, debido a la reducción en el sombrero, la vida foliar aumentó por el estrés en el clon más vigoroso M Mex 59. En el experimento en materos, las plantas se espaciaron lo suficiente para que el sombrero fuera mínimo. Las hojas formadas en las etapas tardías del período de estrés (la hoja en el nudo 33 apareció al final del estrés) se cayeron durante el período en que las plantas recibieron agua en cantidad suficiente; pese a ello, su vida foliar fue menor que la de las hojas producidas en plantas con riego adecuado (Figura 7).



Nota: Todos los datos referentes a hojas que cayeron durante el período de riego adecuado.

Figura 7. Vida foliar de hojas de yuca (M Col 22) con riego y con estrés que aparecieron durante el período de estrés.

En los ensayos de campo presentados el año pasado, se estableció que el control estomático resultaba en niveles similares de potencial hídrico foliar tanto en parcelas con estrés como en parcelas con buen riego. La conductancia foliar de las parcelas testigo fue mayor que la de las parcelas con estrés a pesar de que el potencial hídrico foliar (Ψ_H) global fue igual o menor que el de las parcelas testigo (Figura 8). Además, la conductancia foliar fue mayor cuando el Ψ_H fue menor, lo cual indica que la apertura estomática no está controlada por un mecanismo de respuesta dependiendo de los cambios en el Ψ_H .

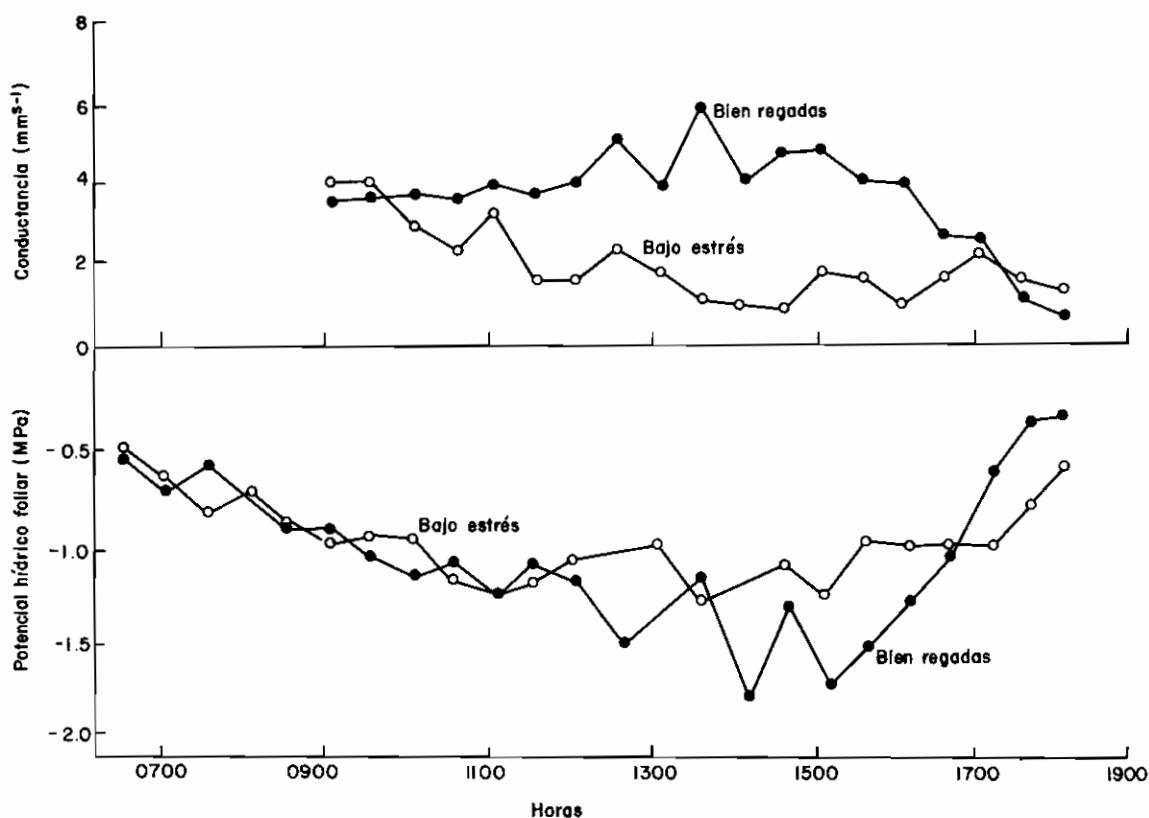


Figura 8. Conductancia foliar y potencial hídrico foliar en parcelas de yuca (M Mex 59) en el campo con riego y con estrés.

En otro experimento, se cultivaron M Col 88 y M Col 90 en materos, y algunas plantas se sometieron a estrés de agua y luego se utilizaron para probar los efectos de la humedad del aire en los estomas. A humedades muy altas es difícil medir la conductancia foliar por las pérdidas de agua; sin embargo, es probable que la fotosíntesis en este tipo de experimento refleje cercanamente los cambios en la conductancia foliar. Aun en las condiciones de alta humedad, las plantas con estrés presentaron tasas fotosintéticas menores que las plantas testigo con riego. (Se ha demostrado que estas diferencias se deben en gran parte a diferencias en la conductancia foliar y no a diferencias en la resistencia del mesófilo.) Cuando la humedad del aire (DPV = [diferencial de presión de vapor] se utilizó para describir la diferencia en la presión parcial del vapor de agua en la cavidad subestomática y la humedad de la atmósfera exterior) se disminuyó por un período corto, la tasa fotosintética mostró una disminución marcada (Figura 9) con una disminución absoluta de 9 y 6 $\text{mg dm}^{-2} \text{h}^{-1}$ para las plantas con estrés y bien regadas, respectivamente. La disminución proporcional fue mucho más marcada en las plantas con estrés (42%) que en las plantas con riego (17%). Con períodos cortos de aire seco, la reducción en la fotosíntesis fue totalmente reversible, pero con períodos más largos, éste no fue el caso (Figura 9).

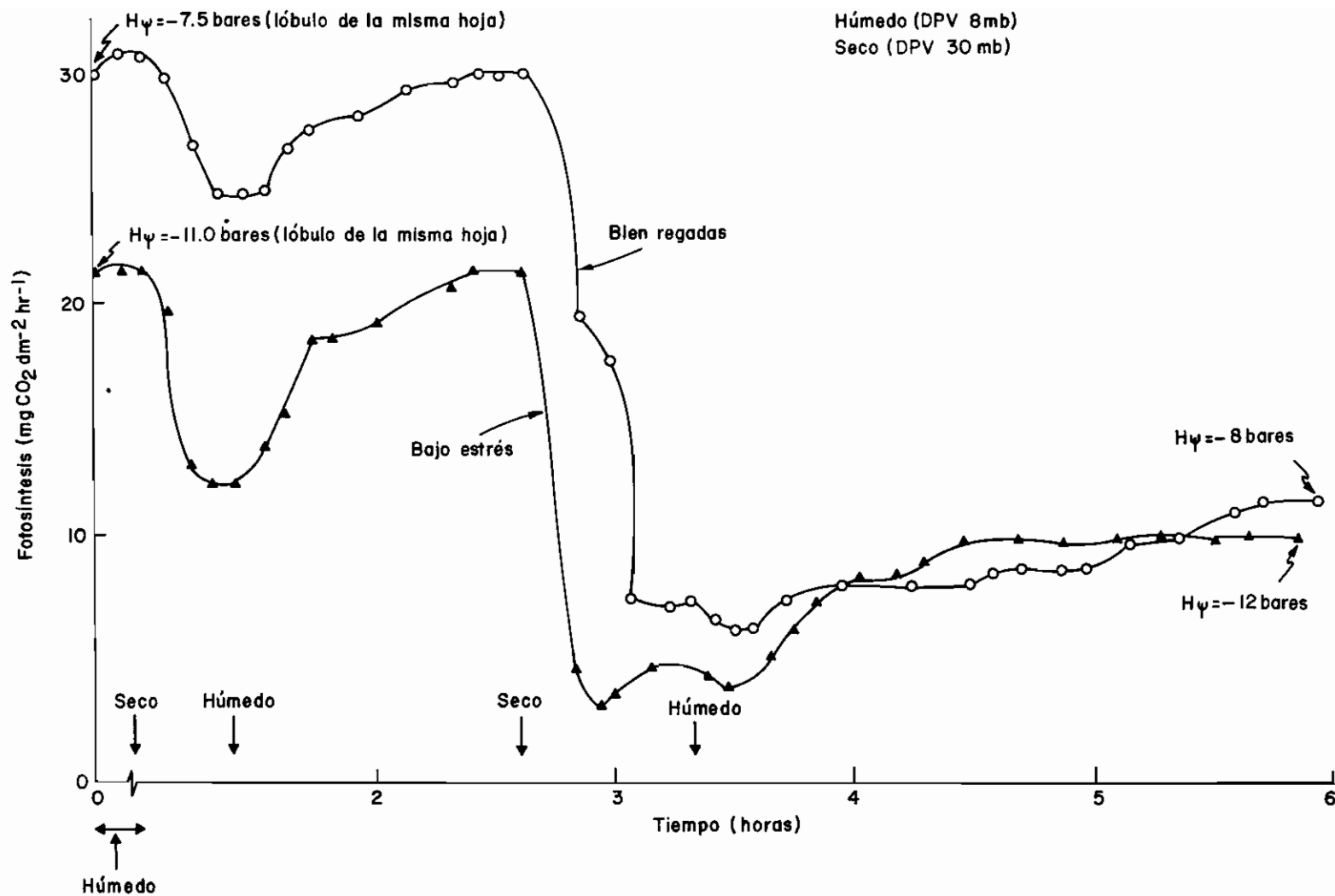


Figura 9. Efecto de los cambios en la humedad del aire en la tasa fotosintética de hojas de yuca (M Col 88) con riego y con estrés.

La conductancia foliar siempre fue mayor en plantas con riego que en plantas con estrés en cualquier DPV. En el rango medido, la conductancia foliar disminuyó rápidamente a medida que el DPV aumentó, con el cierre de estomas a aproximadamente 40 mbares de DPV en plantas con riego y 20 en plantas con estrés (Figura 10). En un día soleado sin lluvia, el DPV entre las hojas y el aire tenderá a aumentar hasta las primeras horas de la tarde y luego disminuirá. Esta información, junto con los datos en la Figura 10, indica que las plantas con estrés mantendrán sus estomas más cerrados que las plantas sin estrés y mostrarán una disminución en la conductancia estomática hasta las primeras horas de la tarde, tiempo después del cual la conductancia aumentará. Esta tendencia es fácilmente observable en los datos de campo obtenidos para plantas con estrés (Figura 8) pero no para plantas sin estrés. En este último caso, es posible que la respuesta de los estomas a la luz normal encubra a la del DPV; en las plantas cultivadas en materos, la transpiración y, por consiguiente, la apertura estomática de plantas con riego fue mucho más sensible a la luz, aumentando linealmente hasta intensidades de luz cercanas a luz solar total (Figura 11).

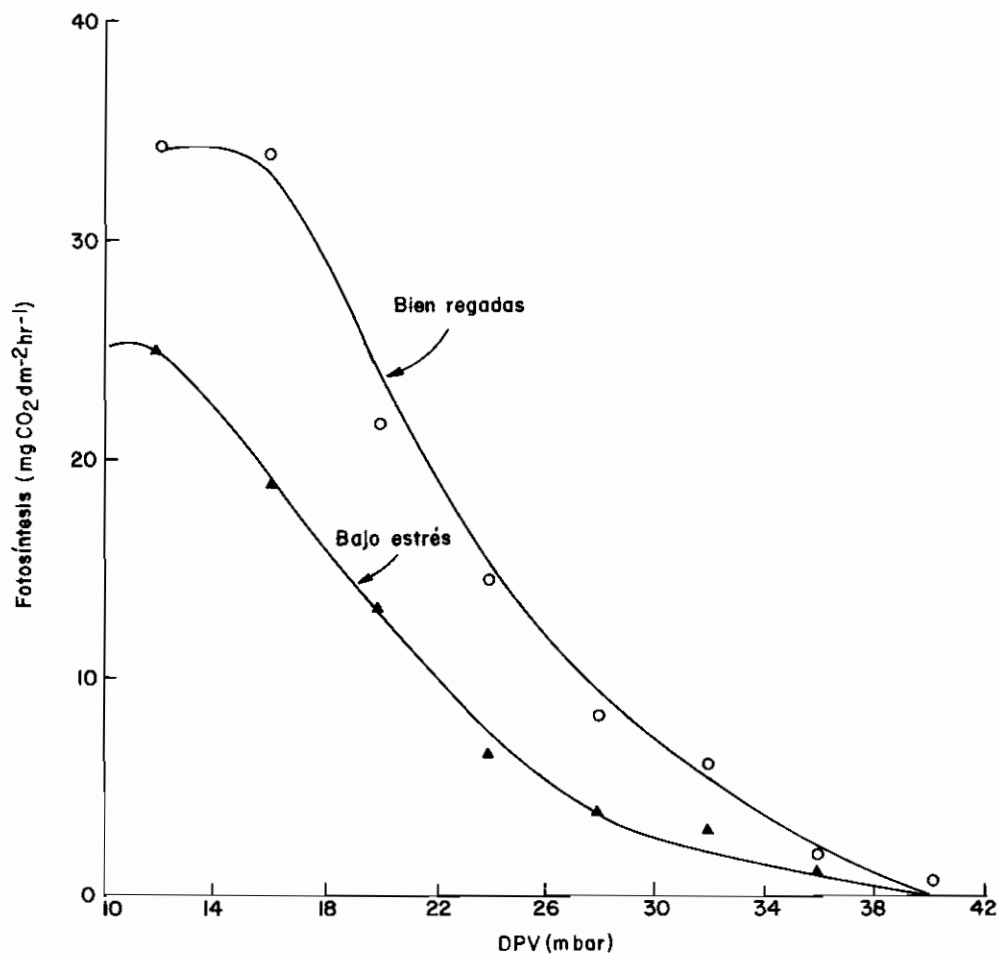


Figura 10. Efecto de diferentes DPV en la fotosíntesis foliar de plantas de yuca (M Col 90) con riego y con estrés.

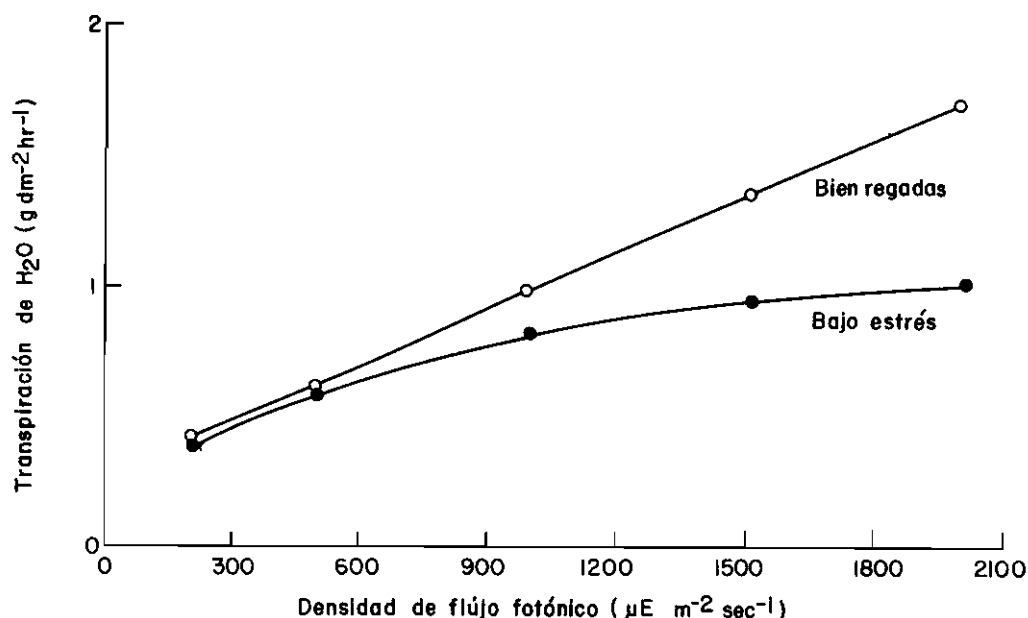


Figura 11. Respuesta de la transpiración a cambios en las condiciones de luz en plantas de yuca (M Col 88) con riego y con estrés a DPV altos (20 mbares).

En plantas con estrés, la yuca es aparentemente capaz de detectar condiciones que conducirán a una utilización intensiva de agua (i.e., un DPV alto) y regular su utilización de agua según ello. En muchas especies de cultivo la planta responde al estrés de agua cuando ya ha utilizado gran parte del agua disponible. Esto se puede observar claramente al comparar yuca con maíz; el maíz es mucho menos sensible a los cambios en el DPV que la yuca (Figura 12) y tenderá a mantener sus estomas relativamente abiertos aun cuando la demanda de evaporación sea alta, utilizando de esta manera grandes cantidades de agua mediante transpiración continua en condiciones de DPV altos (Figura 13).

La pérdida de agua de una hoja a un DPV dado es directamente proporcional la conductancia foliar; sin embargo, la fotosíntesis no es directamente proporcional a la conductancia foliar a conductancias más altas (Figura 14). Una consecuencia de esto es que la máxima eficiencia de utilización de agua (EUA) se obtiene a bajas conductancias foliares. La planta de yuca con su marcada respuesta estomática a cambios en el DPV tenderá a ser eficiente en su utilización de agua y, a un DPV dado, las plantas con estrés son más eficientes que las plantas testigo (Figura 15). También hay variaciones genéticas entre cultivares de yuca en sus respuestas al DPV (Figura 16) que se pueden explotar para mejorar la EUA.

Un resultado directo de la sensibilidad de los estomas a cambios en el DPV es que, en condiciones secas, la fotosíntesis se maximizará temprano en las mañanas y en las horas finales de la tarde. Las plantas con estrés tienden a presentar un área foliar muy reducida de tal manera que la intercepción de luz con hojas horizontales no se maximizará en épocas de bajo DPV. Las hojas de yuca se orientan con respecto al sol

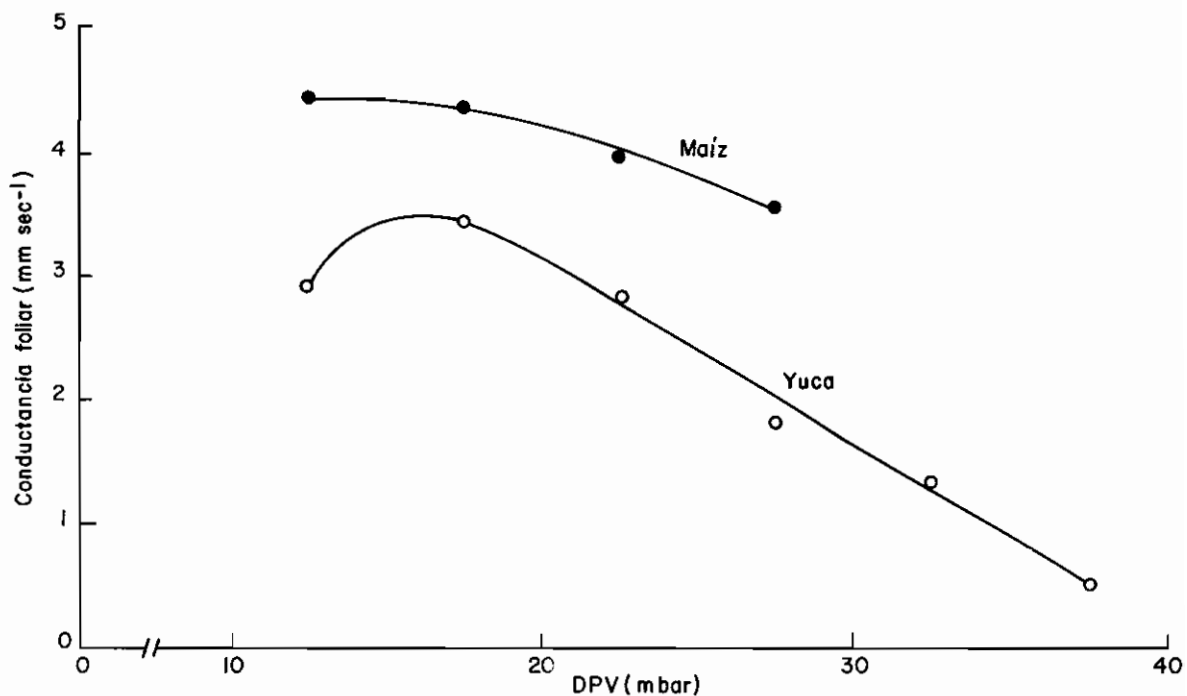


Figura 12. Conductancia foliar de hojas de plantas de maíz y yuca con riego a diferentes DPV entre las hojas y el aire.

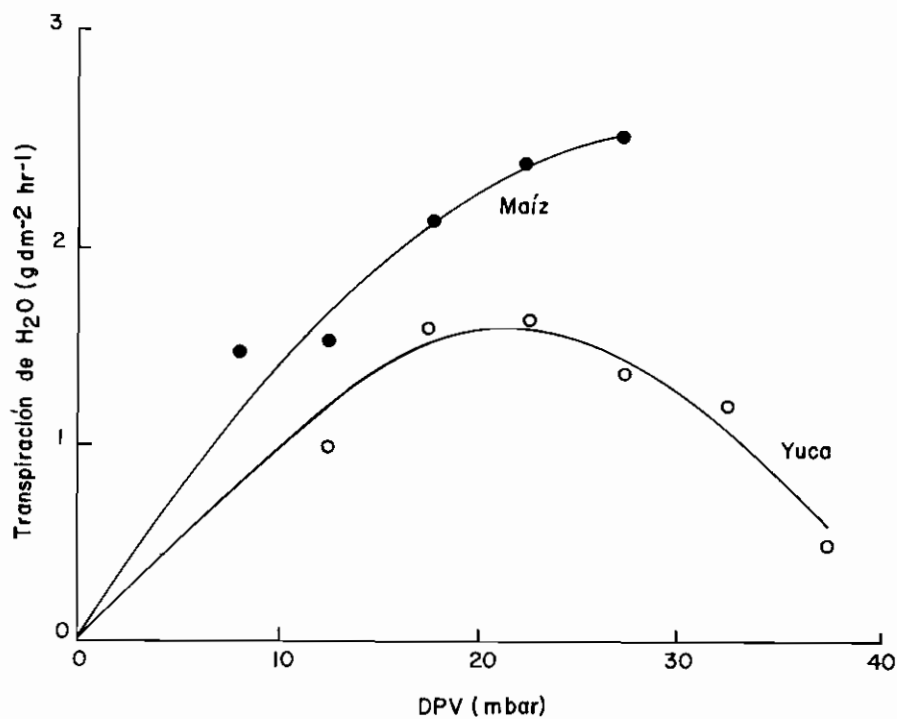


Figura 13. Transpiración de hojas de plantas de maíz y yuca con riego a diferentes déficits de presión de vapor.

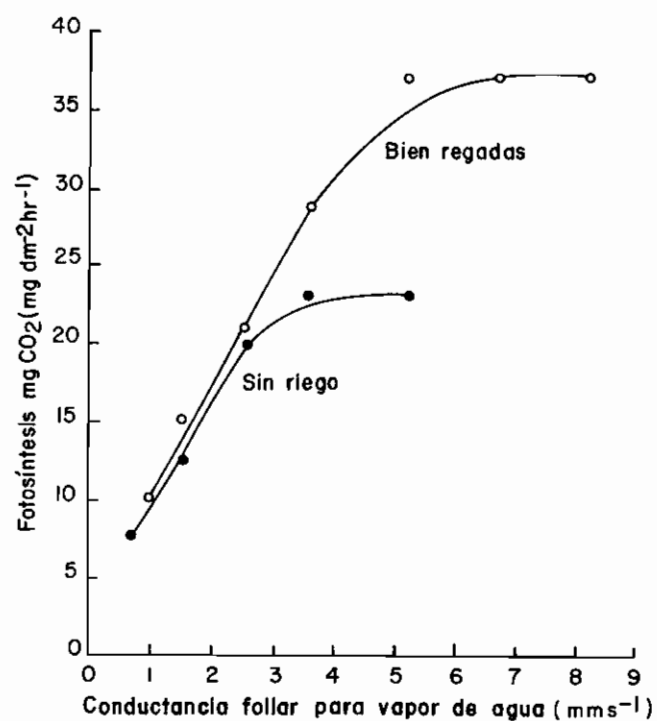


Figura 14. FOTOSÍNTESIS en hojas de plantas de yuca (M Col 88) con riego y sin riego en relación con la conductancia foliar.

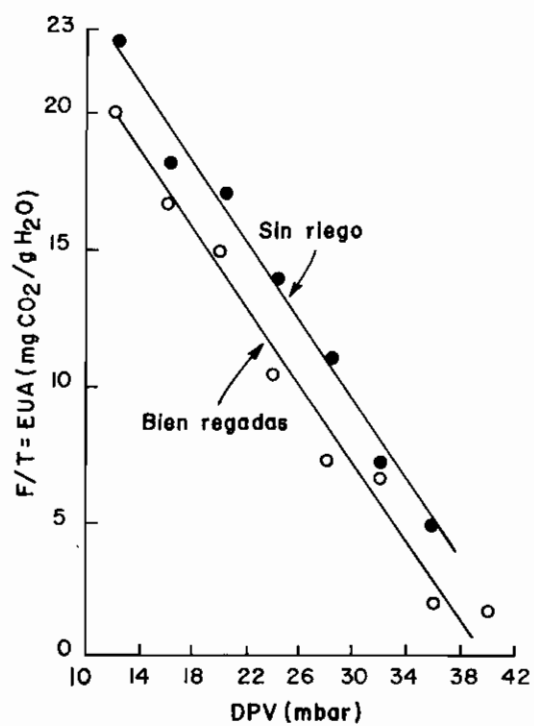


Figura 15. EFICIENCIA Y UTILIZACIÓN DE AGUA en hojas de plantas de yuca (M Col 90) con riego y sin riego.

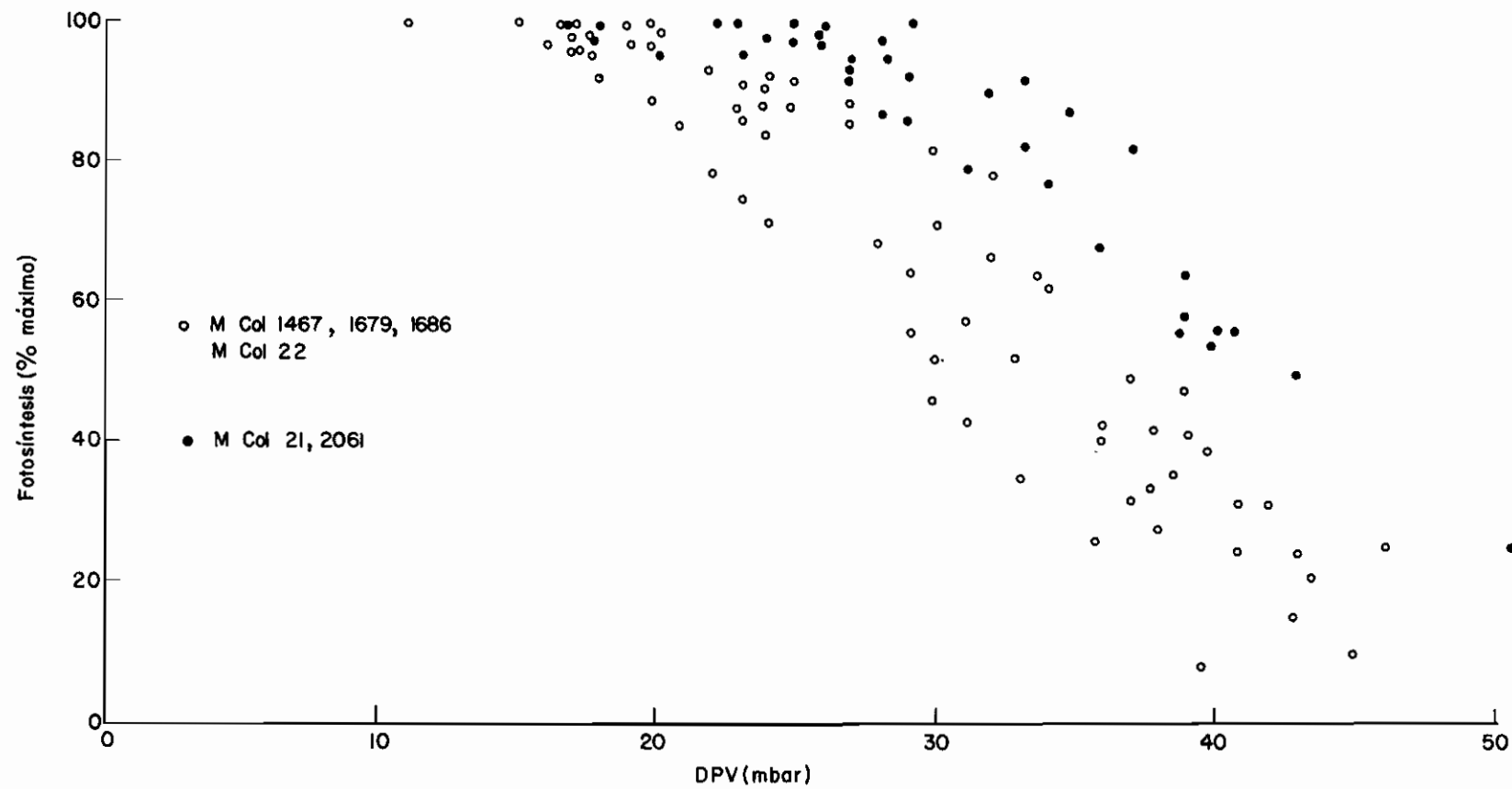


Figura 16. Fotosíntesis en diferentes clones de yuca con relación al DPV entre las hojas y el aire.

de tal manera que quedan casi perpendiculares a la luz incidente (Figura 17) y de esta forma maximizan la intercepción de luz, particularmente a altitudes solares bajas cuando una cobertura foliar relativamente horizontal, tal como la de la yuca, tenderá a presentar una intercepción de luz mínima. El movimiento de orientación hacia el sol es causado por el torcimiento de los pecíolos. Un problema básico relacionado con la orientación de las hojas hacia el sol es que a medio día la carga de calor en las hojas puede ser muy alta, particularmente cuando los estomas están cerrados y el enfriamiento por evaporación es mínimo. La mayoría de las hojas de plantas con estrés y las hojas superiores de las plantas sin estrés exhiben a medio día un doblamiento hacia abajo (Figura 18). Este movimiento es diferente al de la orientación hacia el sol y tiende a reducir la carga de calor en las hojas.

Estos datos indican que la yuca es altamente sensible a cambios en la humedad del aire, lo cual le permite a la planta reducir rápidamente la transpiración en respuesta a condiciones ambientales antes de agotar el agua disponible en el suelo. La menor transpiración que ocurre en condiciones de estrés se presentará cuando la demanda de evaporación sea mínima y debe conducir a una alta EUA. El movimiento de orientación hacia el sol que tienen las hojas de yuca le permite a las plantas maximizar la fotosíntesis en estas condiciones.

Respuesta a la Temperatura

La yuca se cultiva en un amplio rango de temperaturas, y se ha demostrado con claridad que existen diferentes clones fisiológicamente mejor adaptados a distintos regímenes de temperatura (Informe Anual 1978). La respuesta diferencial a la temperatura se relacionó cercanamente con diferencias en el desarrollo en el área foliar, pero no



Figura 17. Movimiento de orientación hacia el sol en hojas de yuca.

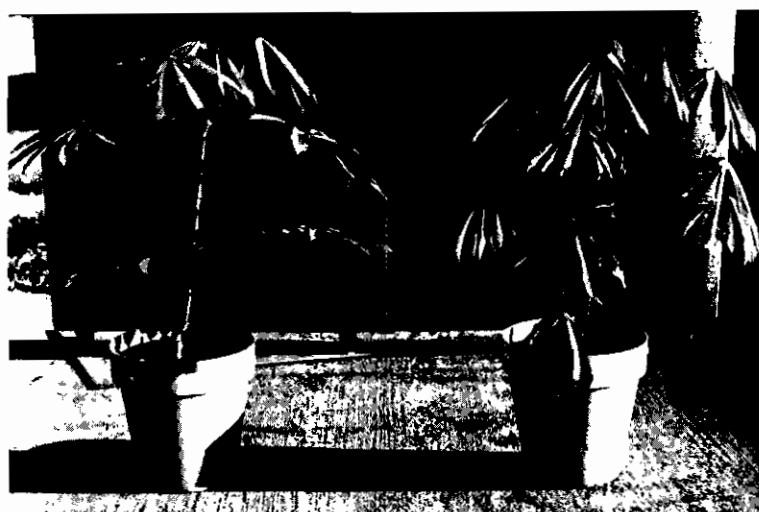


Figura 18. Movimiento de hojas al medio día en plantas de yuca con riego (izquierda) y sin riego (derecha).

existían datos sobre la eficiencia de la fotosíntesis de estos clones en condiciones de temperaturas diferentes. Diez y siete clones adaptados a condiciones de temperatura promedio entre 20 y 30°C se evaluaron por su respuesta en fotosíntesis en diferentes condiciones de temperatura; todos los clones presentaron un rango amplio de temperaturas óptimas sin que se presentara evidencia de una adaptación varietal específica a diferentes temperaturas (Figura 19: para mayor claridad sólo se presentan dos variedades). Además, la yuca aparentemente no fotosintetizará activamente a temperaturas por debajo de aproximadamente 5-10°C; por consiguiente, cuando las temperaturas de las hojas se encuentran por debajo de este nivel durante el día, el cultivo presentará un crecimiento global muy reducido.

Reciclaje de Nutrimentos

Es reconocido el hecho de que la yuca crece bien en suelos pobres y, como resultado, sin merecerlo también se ha considerado como un cultivo que agota los nutrimentos del suelo en forma severa. La yuca, en efecto, presenta niveles de nitrógeno relativamente altos en sus hojas y, sin embargo, generalmente no responde en gran medida a las aplicaciones de este elemento. Si no ocurriera reciclaje en un cultivo de yuca que mantiene un IAF de 2.5 durante un ciclo de 12 meses con un contenido promedio de N foliar de 3.5% (incluyendo pecíolos) y una vida foliar promedio de 60 días, entonces requerirá aproximadamente 200 kg de N/ha solamente para las hojas. Sin embargo, el contenido de nitrógeno de las hojas caídas es aproximadamente la mitad del de las hojas en la planta (Figura 20), lo cual indica que dentro de la planta se reciclan grandes cantidades de nitrógeno. El clon M Col 1684 parece ser más eficiente en este proceso que M Col 22, puesto que, aunque los contenidos de N en hojas verdes son similares, las hojas caídas de M Col 1684 presentan consistentemente un menor contenido de nitrógeno que las de M Col 22 (Figura 20).

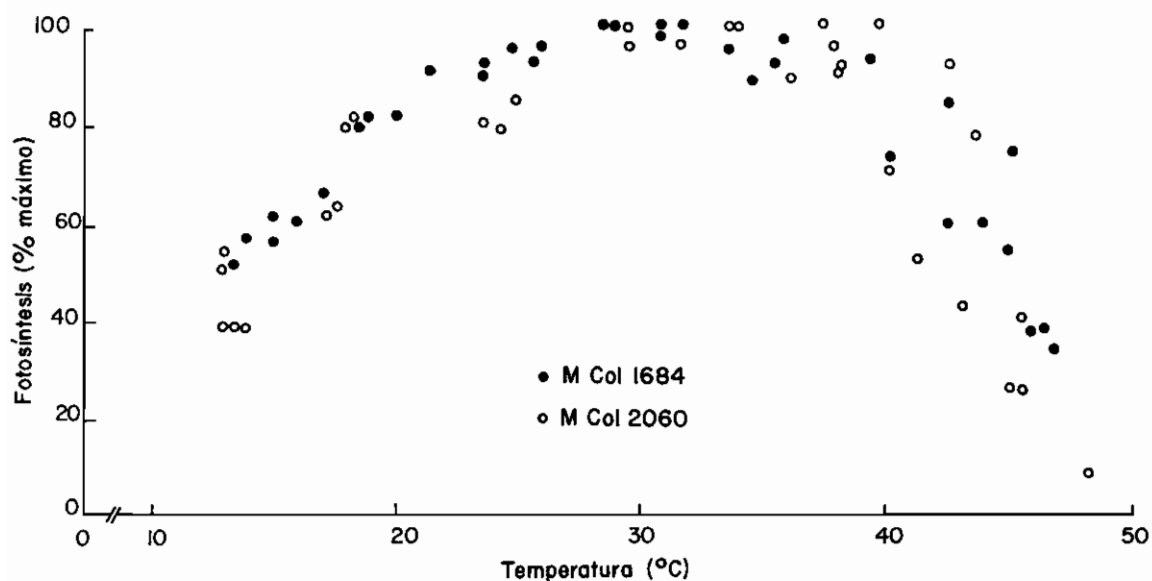


Figura 19. Tasa fotosintética como porcentaje de la tasa máxima para dos clones de yuca a diferentes temperaturas foliares.

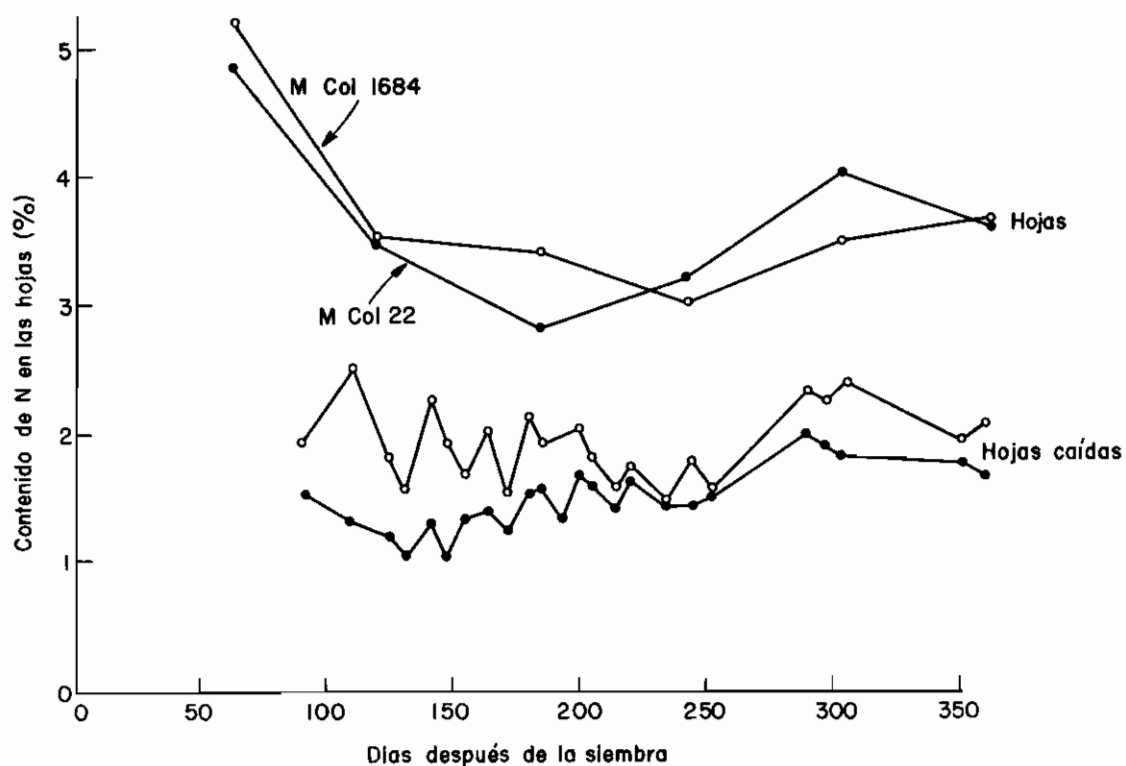


Figura 20. Contenido de nitrógeno de hojas ligadas a las plantas y de hojas caídas en dos clones de yuca, en diferentes etapas de crecimiento.

En un cultivo de ciclo de crecimiento largo como la yuca existe la posibilidad no solamente de que los nutrientes sean reciclados dentro de la planta, sino que también grandes cantidades de ellos pueden volver a los suelos y luego ser tomados nuevamente por el cultivo. En la Figura 21 se puede observar que cantidades considerables de nitrógeno son devueltas al suelo por las hojas caídas durante el ciclo de crecimiento.

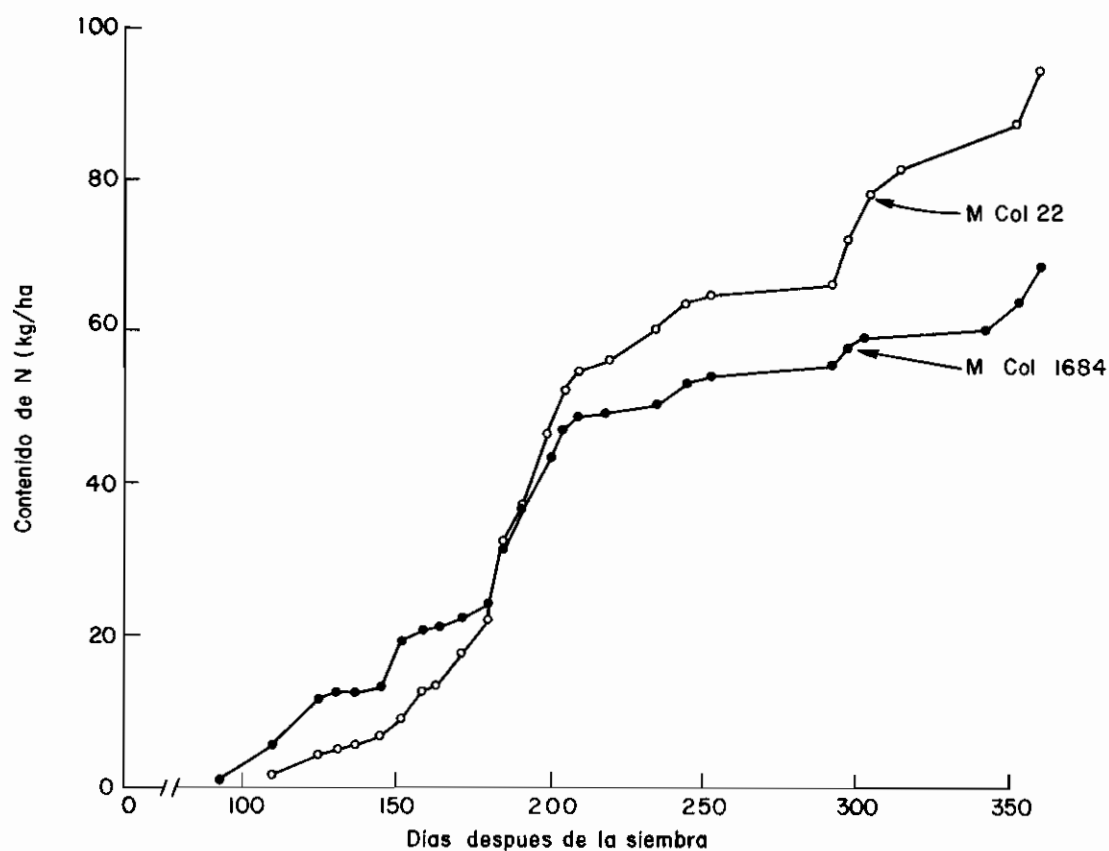


Figura 21. Devolución de nitrógeno al suelo en hojas caídas de dos clones de yuca.

Suelos y Nutrición de la Planta

Las deficiencias y toxicidades nutricionales en yuca son más difundidas de lo que se ha pensado hasta el momento. Esto se debe en parte a que el cultivo no produce síntomas fácilmente reconocibles de deficiencias de minerales, especialmente de elementos mayores, y los síntomas que se presentan no siempre se reconocen. Con el fin de ayudar con el diagnóstico, recientemente se han producido varias publicaciones con descripciones detalladas y fotografías a color de los problemas nutricionales. Como el diagnóstico también depende en gran parte de los análisis de suelo y tejidos de plantas, se ha hecho un esfuerzo por establecer niveles críticos como base para la interpretación de los resultados de los análisis.

Una vez reconocida una deficiencia nutricional, generalmente se puede eliminar mediante el uso adecuado de fertilizantes orgánicos o inorgánicos, los cuales se pueden aplicar al suelo, al follaje o como tratamiento para las estacas. Uno de los objetivos del programa de suelos y nutrición de las plantas es desarrollar métodos eficientes para aplicar fertilizantes e identificar fuentes baratas de nutrimentos. También el germoplasma varía en su habilidad para tolerar condiciones edáficas adversas tales como altos niveles de aluminio (Al), manganeso (Mn) o salinidad, como también en su eficiencia de absorción de nutrimentos. Por consiguiente, el germoplasma se selecciona para identificar aquellos cultivares mejor adaptados a las condiciones climáticas y edáficas de un ecosistema en particular.

Se encontró que la yuca es ineficiente para absorber fósforo (P), pero pese a ello crece bien en muchos suelos con bajos niveles de P al formar una asociación con micorrizas, las cuales ayudan a la planta a absorber P. Esta asociación con micorrizas se estudió intensivamente para maximizar el efecto benéfico de la infección por cepas nativas y determinar si la inoculación con cepas más eficientes puede aumentar aún más el rendimiento y reducir los altos requerimientos de P del cultivo.

Síntomas y Niveles Críticos de Calcio y Azufre

A fin de determinar los síntomas de las deficiencias de calcio (Ca) y azufre (S) y establecer los niveles críticos de estos elementos en varios tejidos de las plantas, se cultivaron plántulas enraizadas de M Ven 77 durante tres meses en soluciones nutritivas aireadas con ocho niveles diferentes de cada elemento. Los nutrimentos se aplicaron utilizando la técnica de la "adición programada de nutrimentos" mediante la cual éstos se adicionan semanalmente según la tasa de crecimiento del cultivo y la concentración estimada de los nutrimentos en la planta. El Ca se adicionó en la forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ y el S como $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Los síntomas de deficiencias de Ca^{2+} y S se observaron después de 3-4 semanas. La deficiencia de Ca resultó en plantas enanas con hojas superiores pequeñas y algún amarillamiento de las hojas intermedias a partir de sus márgenes. La deficiencia severa de Ca produjo un

enrollamiento hacia abajo de los extremos de las hojas superiores como también necrosis de dichos extremos. La deficiencia de S se caracterizó por un amarillamiento uniforme, generalmente de las hojas superiores pero también con frecuencia de las hojas inferiores hasta que toda la planta se observó clorótica, asemejándose a la deficiencia de N. Las plantas deficientes en S también presentaron un crecimiento severamente reducido y hojas superiores pequeñas. Con altos niveles de Ca aplicado, las plantas sufrieron por una toxicidad severa de Cl, la cual resultó en crecimiento retardado, necrosis de los extremos de las hojas y abscisión de las hojas inferiores.

La Figura 1 muestra la respuesta en crecimiento a los ocho niveles de S aplicado, variando de una deficiencia extrema a una toxicidad ligera, posiblemente de Na. Los síntomas de deficiencia disminuyeron en intensidad de los niveles con números 2, 3 y 4 al 5, resultando este último nivel en un crecimiento casi normal pero con una clorosis ligera de las hojas. La Figura 2 muestra la relación entre la materia seca total producida y el contenido de S de las láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas (LFMJTE) a los tres meses de edad. La curva trazada indica un nivel crítico de aproximadamente 0.27% de S. Este nivel es ligeramente inferior al del 0.32% determinado para el cultivar Llanera en experimentos de campo, pero sigue siendo alto en comparación con muchos otros cultivos. La relación N/S óptima en LFMJTE fue de aproximadamente 20, en tanto que el contenido crítico de S en pecíolos LFMJTE sólo fue de aproximadamente 0.15%. Los niveles críticos de Ca en LFMJTE fueron de solamente 0.3% los cuales son considerablemente menores que 0.8% encontrados en experimentos de campo (Informe Anual 1979). Esta discrepancia se puede deber a niveles excesivos de Cl en la solución nutritiva y debe investigarse en más detalle.

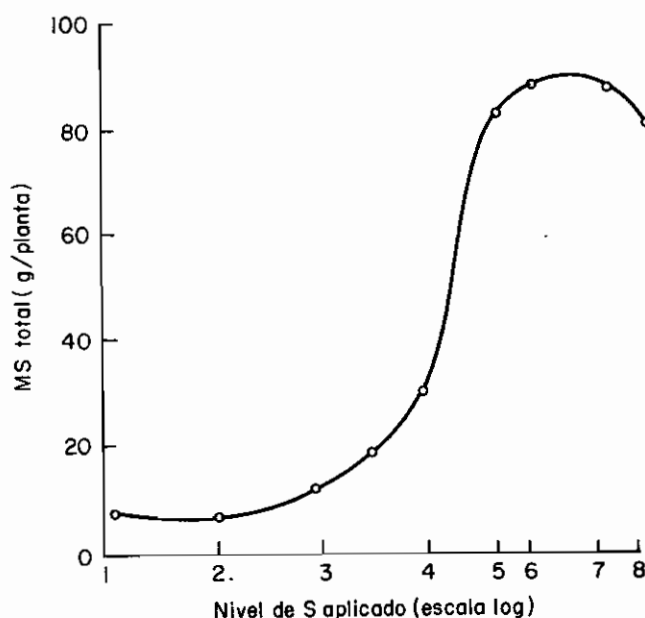


Figura 1. Efecto del suministro de S en la solución nutritiva sobre la materia seca total producida por plantas de M Ven 77 de tres meses de edad.

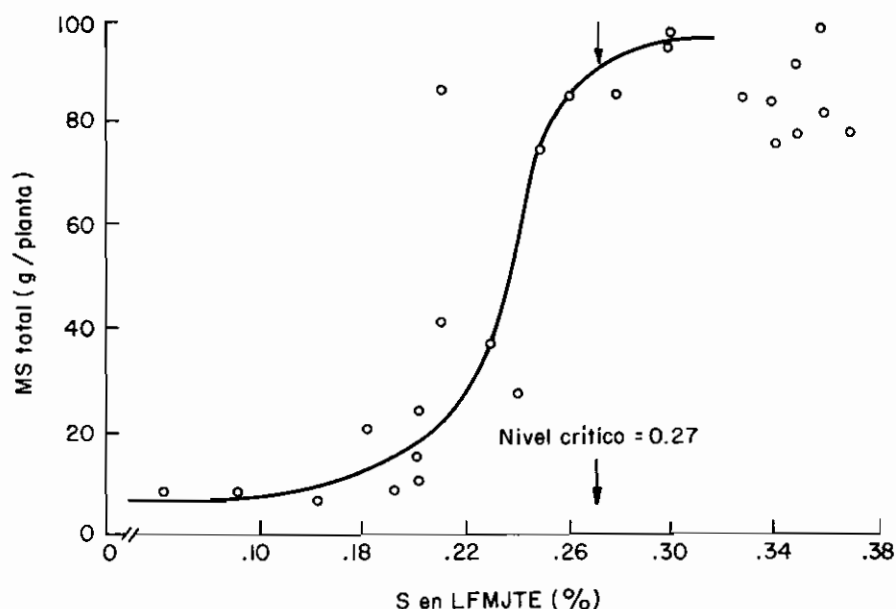


Figura 2. Relación entre la materia seca total producida y la concentración de S en láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas (LFMJTE) de plantas de yuca (M Ven 77) de tres meses de edad cultivadas en solución nutritiva.

Selección de Germoplasma por Adaptación a Alta Acidez y/o Bajo P

Cerca de 700 accesiones del banco de germoplasma se evaluaron por su tolerancia a bajo nivel de P en CIAT-Quilichao, en un suelo con un nivel de P aprovechable de solamente 2.8 ppm (Bray II). Los cultivares se sembraron en hileras individuales conformadas por seis plantas en parcelas sin P o con 150 kg de P/ha, la mitad en la forma de roca fosfórica y la otra mitad como superfosfato triple (SFT) aplicado en bandas.

Aproximadamente el 75% de las accesiones sufrieron por daños severos ocasionados por trips hasta que se logró controlar la plaga mediante aplicaciones de insecticidas después de cuatro meses. A los seis meses, el ensayo fue totalmente defoliado por un ataque de gusano cachón del cual se recuperó rápidamente y a los 11 meses se cosecharon las plantas.

Si el criterio de selección es principalmente el de un rendimiento relativamente alto sin P, sin tener en cuenta el rendimiento potencial, los cultivares se pueden seleccionar utilizando un "índice de tolerancia" mediante la siguiente fórmula:

Índice de tolerancia

$$\text{a bajo P} = \frac{(\text{Rendimiento 0 P})}{(\text{Rendimiento 150 P})} \times \frac{(\text{Rendimiento 0 P})}{(\text{Mayor rendimiento 0 P})} \times 100\%$$

Sin embargo, si el criterio de selección es el alto rendimiento tanto con bajos como con altos niveles de P, es mejor seleccionar cultivares con un alto "índice de adaptación" calculado de la siguiente manera:

Índice de adaptación

$$\text{a bajo P} = \frac{(\text{Rendimiento } 0 \text{ P})}{(\text{Rendimiento } \times 0 \text{ P})} \times \frac{(\text{Rendimiento } 150 \text{ P})}{(\text{Rendimiento } \times 150 \text{ P})}$$

El denominador se utiliza para hacer el índice comparable en diferentes localidades o fechas de siembra. Por consiguiente, el índice de adaptación selecciona aquellos cultivares más eficientes en absorción y/o utilización de P, que produzcan rendimientos altos tanto con dosis bajas como dosis altas de P aplicado. Los cultivares con el índice de adaptación más alto se presentan en el Cuadro 1.

En la Figura 3, los cultivares están separados por líneas con igual índice de adaptación en tres categorías denominadas "altamente adaptadas," "adaptadas" y "no adaptadas" a suelos con bajo nivel de P.

Cuadro 1. Cultivares de yuca con los mayores índices de adaptación a bajo nivel de P en CIAT-Quilichao y a bajo nivel de P y alta acidez en dos estaciones en Carimagua.

CIAT-Quilichao		Carimagua (1979B)			Carimagua (1980A)		
Cultivar	Índice de adaptación	Cultivar	Índice de adaptación		Cultivar	Índice de adaptación	
	Bajo P		Bajo P	Alta acidez		Bajo P	Alta acidez
M Col 317	9.38	M Bra 5 ^a	14.99	7.90	M Bra 5 ^a	20.24	16.57
M Col 131	9.22	M Ven 321	10.76	8.12	M Col 1914 ^a	17.79	5.52
M Col 873	5.97	M Bra 22	10.66	10.70	M Pan 19 ^a	16.42	5.39
M Col 690	5.34	M Col 1914 ^a	10.01	11.73	M Pan 101	15.88	10.02
M Col 679	4.74	M Bra 36 ^a	9.37	5.54	M Per 242	14.37	9.44
M Col 222B	4.66	M Per 237 ^a	8.69	8.05	M Col 1916 ^a	13.23	7.17
SM 1-150	4.64	M Per 241	7.42	4.23	M Pan 97	12.23	8.14
M Col 140	4.41	M Col 1930	7.26	4.44	M Per 188	9.77	4.94
M Bra 13	4.29	M Col 1495	7.03	7.94	M Pan 90 ^a	9.10	4.70
M Col 674	4.23	M Bra 29	6.66	5.02	M Bra 20 ^a	9.00	4.76
M Par 4	4.17	M Bra 21	6.65	3.16	M Col 1772	8.39	4.60
M Col 565	4.08	M Ven 38	6.30	7.20	M Per 214	8.24	5.10
M Bra 31	4.04	M Pan 90 ^a	6.27	7.60	M Per 239	6.70	5.68
M Col 452B	4.02	M Per 238	5.92	6.64	M Ven 77	6.61	7.53
M Col 72	3.85	M Col 1905	5.87	2.55	M Col 258	6.21	3.44
M Col 561	3.84	M Col 1916 ^a	5.04	4.90	M Bra ^a	6.14	6.22
M Col 110	3.81	M Col 357B	4.89	1.38	M Col 1643	5.16	0.87
M Col 66	3.79	M Pan 19 ^a	4.71	3.42	M Col 1912	4.24	2.01
CM 91-3	3.77	M Bra 20 ^a	4.66	6.82	M Col 237 ^a	4.13	6.29
M Col 1857	3.74	M Col 1513	4.50	5.45	M Col 18B	3.75	5.95

a. Cultivares con altos índices de adaptación en ambas siembras en Carimagua.

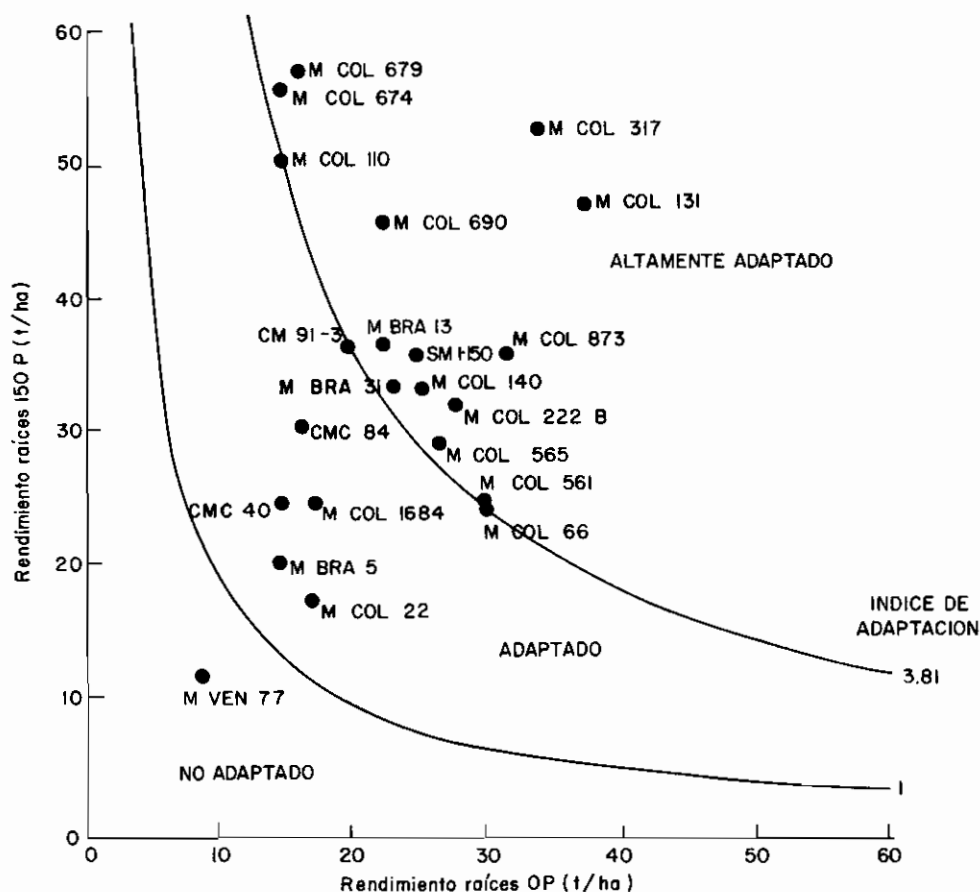


Figura 3. Rendimientos de yuca de cultivares de alto rendimiento cultivados con y sin la aplicación de P en un ensayo de selección por adaptación al bajo P en CIAT-Quilichao.

La línea inferior indica el índice de adaptación 1 correspondiente al producto de los rendimientos promedios a 0 P y alto nivel de P; la línea superior indica el índice de adaptación correspondiente al producto de los rendimientos promedios más dos desviaciones estándar a 0 P y alto nivel de P. En un ensayo con menor variación en rendimiento entre los cultivares, este índice es relativamente bajo (3.81 en CIAT-Quilichao), en tanto que, en aquellos ensayos con mayor variación en el rendimiento, este índice es mucho mayor (7.34 en Carimagua, 1979b). Esto asegura que un porcentaje similar de la población sea clasificada como "altamente adaptada" en todos los ensayos.

Como la mayoría de las accesiones del banco de germoplasma no toleran presiones severas por enfermedades (principalmente, añublo bacteriano común, antracnosis y superalargamiento) en Carimagua, sólo 250 de los cultivares más resistentes a enfermedades pudieron ser evaluados por tolerancia a la acidez del suelo y al bajo nivel de P en dicha localidad. Cada cultivar se sembró en hileras individuales con dos repeticiones en parcelas con tres tratamientos:

1. 4 t de cal/ha + 0 P
2. 0 cal + 220 kg de P/ha
3. 4 t de cal/ha + 220 kg de P/ha

Los mismos cultivares se sembraron a finales (1979B) y principios de la estación lluviosa (1980A). Casi todos los cultivares sembrados en Carimagua se incluyeron también en Quilichao. En la segunda siembra en Carimagua (1980A) se incluyeron en las evaluaciones 57 líneas híbridas adicionales. Los índices de adaptación a bajo nivel de P se calcularon utilizando los rendimientos con 0 P (tratamiento 1) y alto P (tratamiento 3) y los índices de adaptación a la acidez del suelo se calcularon utilizando el rendimiento con 0 cal (tratamiento 2) y alto nivel de cal (tratamiento 3).

El Cuadro 1 presenta una lista de los 20 cultivares con los índices de adaptación más altos a bajos niveles de P como también a la alta acidez en ambas siembras realizadas en Carimagua. En términos generales, los rendimientos fueron mayores en 1979B que en 1980A, lo cual indica que la siembra a finales de la estación lluviosa es mejor que la siembra a principios de la misma, inclusive para aquellos cultivares con la mayor tolerancia a enfermedades. Igualmente, los rendimientos de yuca en condiciones de alta acidez por lo general fueron mayores que los obtenidos con bajos niveles de P, lo cual indica que la falta de P es más limitativa que la falta de cal. Sin embargo, aquellas variedades con buena adaptación a un bajo nivel de P por lo general también se adaptaron a las condiciones de alta acidez. Esto se debe a que el efecto adverso de la toxicidad de Al es parcialmente un obstáculo a la absorción de P; por consiguiente, aquellas variedades con la mayor eficiencia para absorber P (o quizá con la mejor asociación de micorrizas) también son más tolerantes a los suelos ácidos. Sin embargo, como el rendimiento sin estrés por P o acidez (tratamiento 3) se utiliza para calcular ambos índices de adaptación, aquellos cultivares con los mayores potenciales de rendimiento o con mayor adaptación a los factores climáticos y bióticos del ecosistema son los que presentan los índices de adaptación más altos para ambos factores. Por lo tanto, dentro del mismo ecosistema de Carimagua, se observó una correlación altamente significativa ($r = 0.53$) entre los índices de adaptación al P obtenidos en dos siembras diferentes. Ocho cultivares, marcados con asteriscos en el Cuadro 1, se ubicaron entre los 20 mejores en las dos siembras y, por consiguiente, presentan una alta adaptación al ecosistema, incluyendo los factores edáficos limitativos. Sin embargo, no se observó una relación significativa entre los índices de adaptación al P obtenidos en Carimagua con aquellos obtenidos para los mismos cultivares en Quilichao ($r = 0.15$), lo cual indica que la tolerancia a los factores climáticos y bióticos del ecosistema tuvo mayor importancia que la tolerancia al bajo nivel de P en el suelo. Por esta razón la "adaptación" al bajo nivel de P puede ser un término más apropiado que la "tolerancia", puesto que el primero implica una cierta adaptabilidad a la totalidad del ecosistema en el que se evaluó el material.

Las líneas híbridas incluídas en la selección de 1980A presentaron, en promedio, índices de adaptación mucho más altos que las accesiones

del germoplasma. Los índices más altos tanto para la adaptación al bajo nivel de P (38.2) como al alto nivel de acidez (13.9) se calcularon para CM 523-7; esta línea también se ubicó entre las que dieron los rendimientos más altos en el ensayo regional y el ensayo preliminar de rendimiento en Carimagua.

Ensayo de Fertilidad a Largo Plazo

El ensayo de fertilidad a largo plazo, establecido en CIAT-Quilichao en 1977, completó su tercera siembra consecutiva de yuca (M Col 1684). La mayoría de las parcelas habían recibido tres niveles de N, P, y K en todas las combinaciones posibles sólo al inicio del ensayo en 1977 y, por lo tanto, el efecto de estas aplicaciones es de tipo residual. Solamente ocho parcelas adicionales recibieron fertilizantes anualmente antes de cada siembra. La tercera siembra sufrió dos tormentas severas de granizo y aproximadamente cuatro meses de sequía, lo cual resultó en un crecimiento aéreo muy pobre. Sin embargo, este cultivar presenta un alto índice de cosecha (0.80 a 0.85) y logró producir rendimientos de raíces que oscilaron entre 20 y 43 t/ha.

La Figura 4 muestra la respuesta promedio al efecto residual de N, P, y K en términos del rendimiento de raíces y follaje, contenido de almidón y contenidos de nutrimentos en LFMJTE de plantas de cinco meses de edad. No se observó una respuesta significativa en rendimientos de raíces al N, pero sí una respuesta significativa ($P = 0.05$) al P, K y a la interacción $N \times K$. Ninguno de los nutrimentos aplicados tuvo un efecto significativo en el contenido de almidón. Los contenidos de nutrimentos en las hojas presentaron niveles bajos y solamente los contenidos de P y K aumentaron por la aplicación de estos elementos.

La Figura 5 muestra la respuesta a la aplicación inicial y a la anual de los tres niveles de N, P y K. Aunque hubo una respuesta significativa ($P = 0.05$) al efecto residual de la aplicación inicial, la aplicación anual tuvo un efecto mucho más marcado, al lograr mas del doble de los rendimientos (de 20 a 43 t/ha). Aunque durante la primera siembra la yuca respondió principalmente a la aplicación de P, durante la dos siembras posteriores se observó una respuesta mucho mayor a las aplicaciones anuales de K. Debido a la remoción de una gran cantidad de K en cada cosecha de raíces de yuca, este elemento se vuelve más limitativo con el tiempo. Durante cada siembra consecutiva de yuca, la respuesta a la aplicación inicial de fertilizante disminuyó, como lo indicaron los rendimientos relativos ilustrados en la Figura 6.

Los análisis de suelo después de la cosecha indicaron que los niveles de P aprovechable no habían disminuido mas durante la tercera siembra y aumentaron ligeramente cuando se reaplicó P. Sin embargo, los niveles de K intercambiable disminuyeron aún más durante la tercera siembra y variaron entre 0.09 meq/100 g de suelo sin aplicación de K y 0.11 con la aplicación inicial de 250 kg de K/ha. Solamente la aplicación anual de 250 kg de K/ha logró mantener o aumentar ligeramente el nivel de K intercambiable en el suelo por encima del nivel original de 0.2 meq/100 g de suelo.

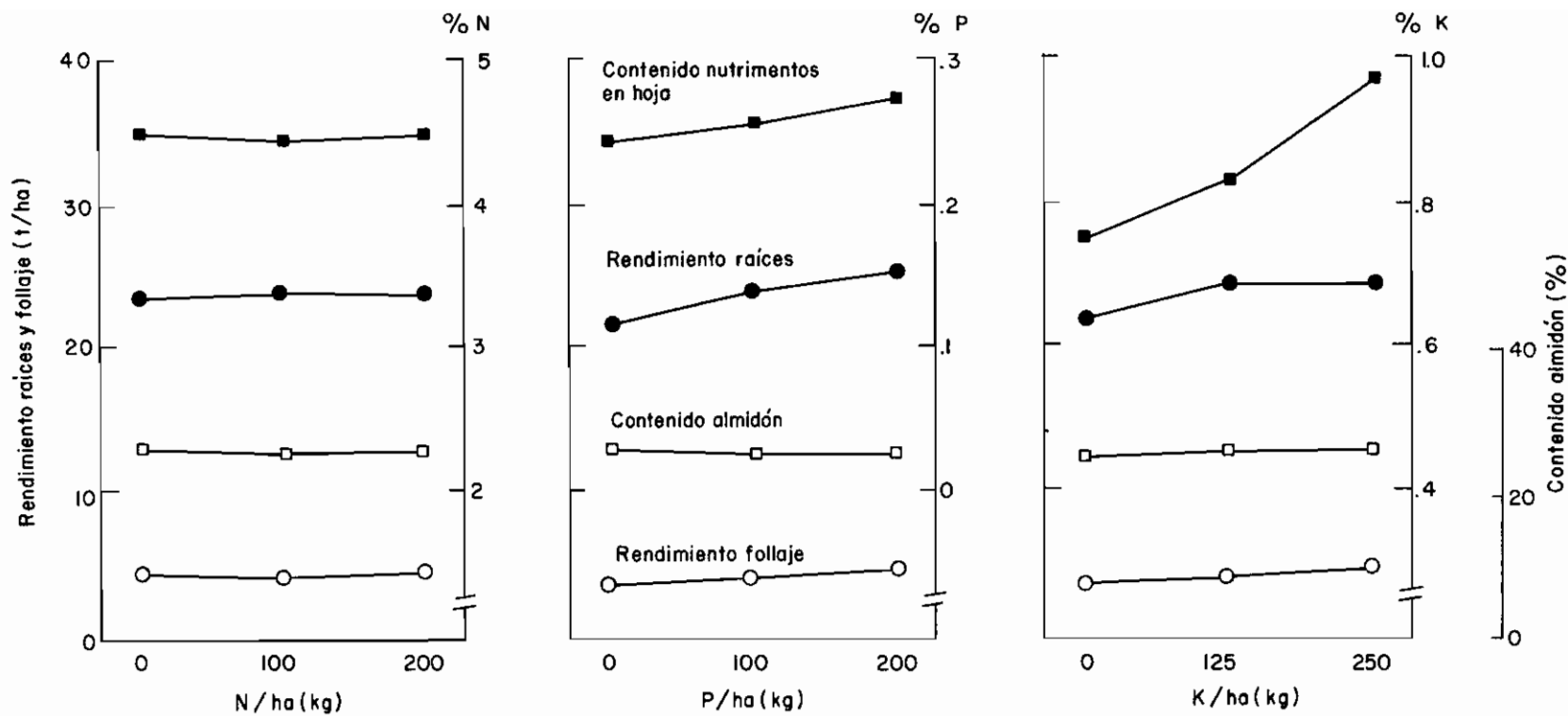


Figura 4. Efecto residual de varios niveles de N, P y K aplicados en 1977, en las concentraciones de N, P o K de LFMJTE a los cinco meses de edad y rendimientos de raíces y follaje y contenido de almidón de las raíces a los 11 meses de edad del cultivar M Col 1684 en Quilichao.

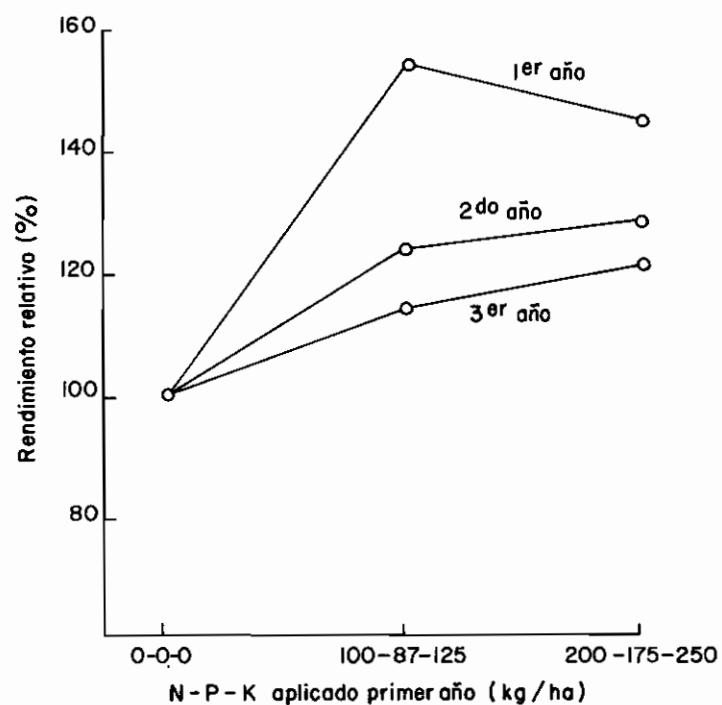


Figura 5. Respuesta de M Col 1684 a la aplicación inicial (1977) y anual de varios niveles de N, P y K en Quilichao.

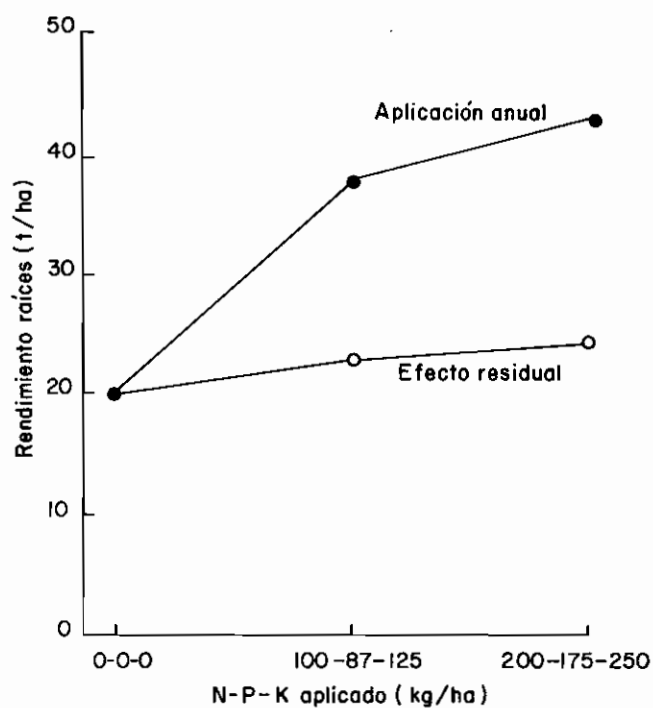


Figura 6. Efecto residual de varios niveles de N, P y K aplicados en 1977 en el rendimiento relativo de raíces de tres cultivos de yuca sembrados consecutivamente en Quilichao.

Dosis y Época de Aplicación del Potasio

En tanto que en la primera siembra las respuestas al K muchas veces no son significativas, tienden a aumentar en las siembras posteriores. Por consiguiente, en 1978 se inició un ensayo en Carimagua para determinar el nivel y la época óptima de aplicación de K. Aunque el nivel original de K intercambiable fue de solamente 0.07 meq/100 g de suelo, no hubo una respuesta significativa al K durante el primer año y los rendimientos de la variedad Llanera sólo fueron de 10 a 12 t/ha.

El ensayo se repitió en 1979 con los cultivares M Ven 77 y M Col 638. A los tres meses, M Ven 77 presentó menores niveles de K y P pero niveles más altos de Ca y Mg en el tejido de las hojas superiores que M Col 638.

La Figura 7 indica que M Ven 77 presentó una respuesta significativa al K en términos tanto del rendimiento de raíces como del contenido de almidón. El rendimiento de raíces más alto se obtuvo con la aplicación de 168 kg de K/ha, mientras que el contenido de almidón más alto se obtuvo con la aplicación de 84 kg de K/ha. Sin embargo, M Col 638 presentó rendimientos extremadamente bajos de 6 a 7 t/ha y no respondió a la aplicación de K.

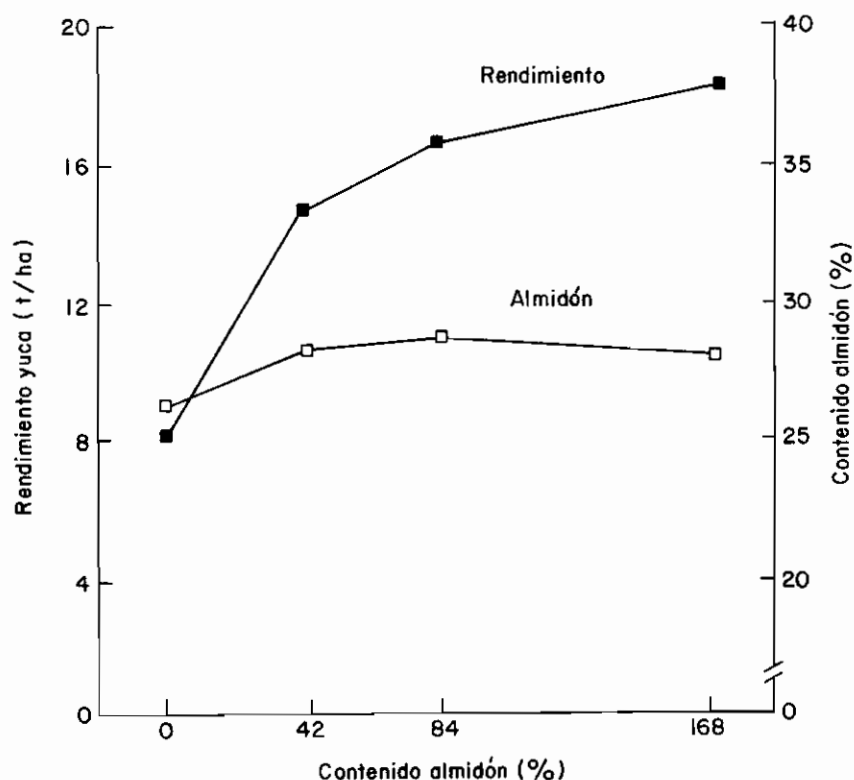


Figura 7. Efecto de cuatro niveles de K aplicados en el rendimiento promedio de raíces y contenido promedio de almidón de M Ven 77 cultivado en Carimagua.

La Figura 8 muestra la interacción entre la dosis y la época de aplicación. En ninguno de los niveles de K aplicados se observó una diferencia significativa entre las épocas de aplicación, pero la aplicación de todo el K a los 30 días (E_4) o en aplicaciones divididas a los 30 y 90 días (E_5) dieron rendimientos ligeramente más altos que en otras épocas de aplicación, especialmente en bajos niveles de K aplicados.

La Figura 9 indica que hubo una buena relación entre el rendimiento de raíces y el contenido de K en LFMJTE en plantas de cinco meses de edad. El nivel crítico de K determinado fue de 1.4%, el cual es ligeramente mayor que el nivel 1.2% indicado para la variedad Llanera en informes anteriores.

Estado de Nutrientes en el Material de Siembra

La calidad del material de siembra de yuca no solamente depende de la "frescura" de las estacas o de la ausencia de enfermedades y plagas, sino también de su contenido de nutrientes. Este contenido varía como resultado del nivel de fertilidad del suelo en el cual se produjo el material de siembra, el régimen de fertilización utilizado, y el tratamiento aplicado a las estacas antes de la siembra.

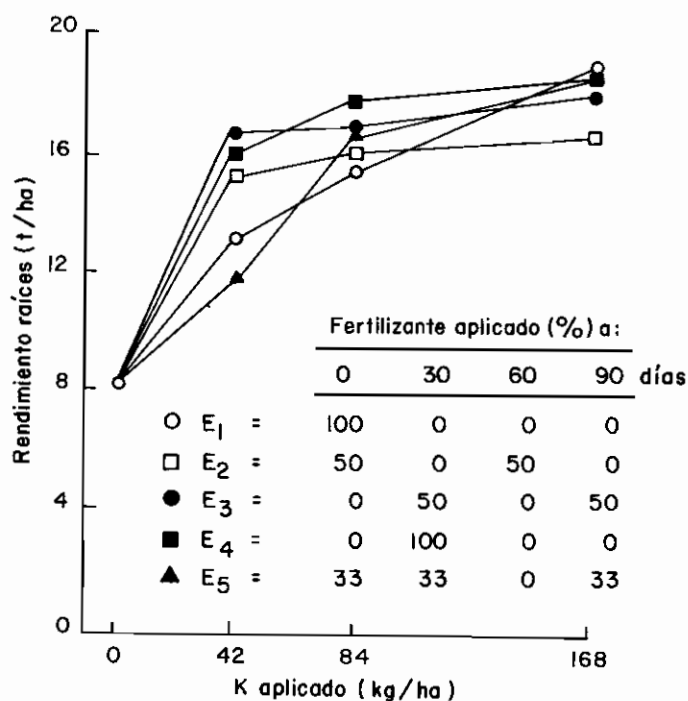


Figura 8. Respuesta de M Ven 77 a varios niveles y épocas de aplicación de K en Carimagua.

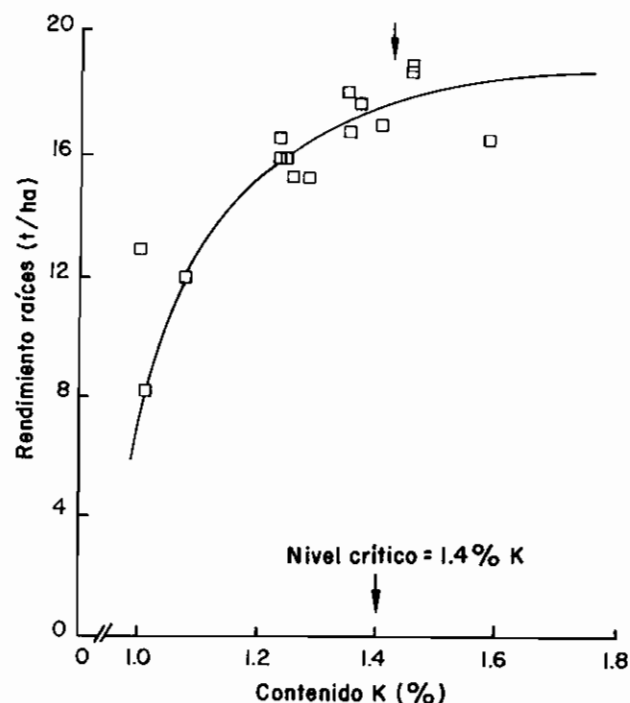


Figura 9. Relación entre el rendimiento de raíces y la concentración de K en LFMJTE de plantas de M Ven 77 de cinco meses de edad en Carimagua, 1980.

Para determinar el efecto del contenido de nutrimentos en el material de siembra en el crecimiento y el rendimiento del siguiente cultivo, se sembró un ensayo en CIAT-Quilichao de la variedad CMC-40 de varios orígenes, historiales de fertilización, y tratamientos de las estacas. El Cuadro 2 muestra el efecto de los tratamientos en el peso seco y el contenido de nutrimentos de las estacas, como también en el rendimiento de raíces de las plantas hijas. Las estacas de Quilichao presentaron menos peso seco y menor contenido de P y K, pero un mayor contenido de Zn, que las estacas provenientes de Palmira. La fertilización previa aumentó el peso de las estacas y tuvo poco efecto en el contenido de N y P, pero aumentó el contenido de K en forma significativa. El tratamiento de las estacas con KH_2PO_4 y ZNSO_4 aumentó marcadamente los contenidos de P, K y Zn en las estacas, respectivamente.

El rendimiento de raíces de las plantas hijas generalmente aumentó al ser mayor el peso seco de las estacas hasta un máximo de 20 a 25 g/estaca, pero disminuyó al provenir de estacas más pesadas. La Figura 10 muestra que el rendimiento de raíces se relacionó cercanamente con el contenido total de P en las estacas, alcanzando un máximo a un nivel de aproximadamente 15 mg de P/estaca. Los bajos rendimientos obtenidos con altos contenidos de P en las estacas no se esperaban, pero pueden deberse a los bajos contenidos de Zn o a una baja infección por micorriza al tener altas concentraciones internas de P. Este aspecto se debe investigar en mayor profundidad.

Cuadro 2. Efecto del peso seco y el contenido de nutrimentos en estacas de yuca (CMC-40) sobre el rendimiento de raíces en CIAT-Quilichao.

Tratamiento	Peso seco (g/estaca)	Nutrimentos en estacas			Rendimiento de raíces (t/ha)
		P (%)	K (%)	Zn (ppm)	
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_0^a$	16	.05	.26	73	19.1
Estacas del tratamiento $N_1P_0K_0$	21	.06	.29	83	26.4
Estacas del tratamiento $N_2P_0K_0$	20	.08	.32	78	23.7
Estacas del tratamiento $N_0P_1K_0$	23	.06	.26	81	29.2
Estacas del tratamiento $N_0P_2K_0$	20	.06	.28	69	29.2
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_1$	17	.05	.46	76	23.7
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_2$	17	.05	.47	67	23.0
Estacas del tratamiento $N_1P_1K_1$	21	.05	.30	77	26.2
Estacas del tratamiento $N_2P_2K_2^b$	28	.07	.37	54	21.7
Tratamiento de las estacas con 10% KH_2PO_4	16	.13	.47	73	20.2
Tratamiento de las estacas con 20% KH_2PO_4	15	.14	.43	61	17.0
Tratamiento de las estacas con 30% KH_2PO_4	13	.13	.38	73	28.4
Tratamiento de las estacas con 5% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	17	.04	.25	614	20.4
Tratamiento de las estacas con 10% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	13	.06	.33	918	20.9
Estacas de Palmira sin tratamiento	35	.13	.85	31	15.0
Estacas de Palmira con 5% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	34	.14	.83	392	21.6

a. Estacas de CIAT-Quilichao:

N_1 = 100 kg N/ha; P_1 = 87 kg P/ha; K_1 = 125 kg K/ha; N_2 = 200 kg N/ha; P_2 = 175 kg P/ha; K_2 = 250 kg K/ha.

b. Estacas del tratamiento $N_0P_0K_0$.

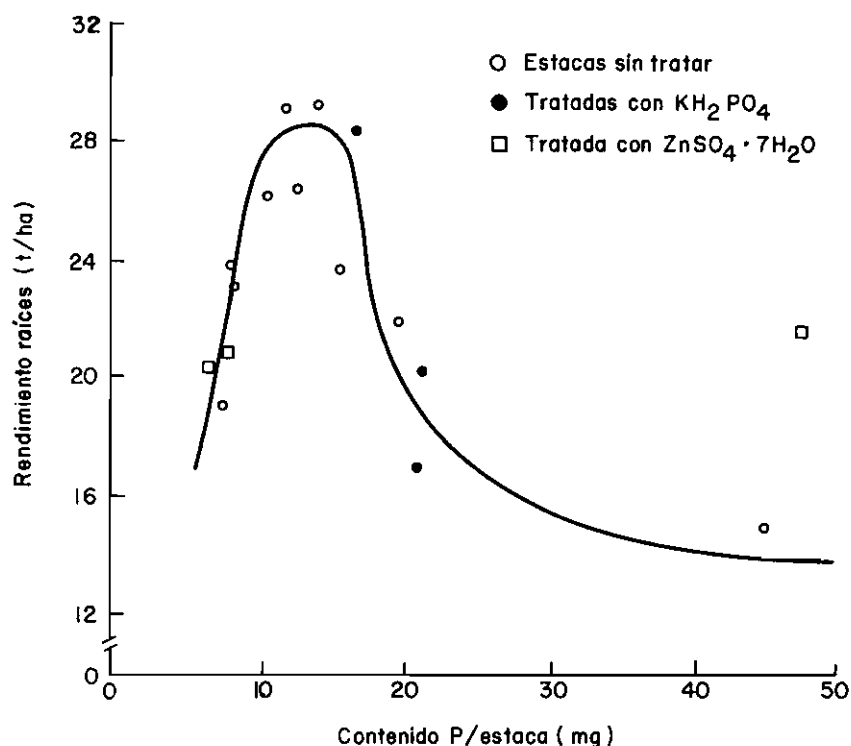


Figura 10. Efectos de las reservas de P en las estacas de siembra en el rendimiento de raíces de CMC-40 cultivado en Quilichao.

Requerimientos Externos de P de la Yuca

En 1977 se inició un ensayo en CIAT-Quilichao para establecer los requerimientos externos de P de la yuca utilizando parcelas a las cuales se les había aplicado SFT en cantidades equivalentes a concentraciones de P en la solución del suelo oscilando entre 0.001 y 0.2 ppm, según las determinaciones hechas por isotermas de absorción de P. Después de la primera cosecha, se estimó que el requerimiento de P era de aproximadamente 0.015 a 0.025 ppm (Informe Anual 1978), en tanto que la segunda cosecha produjo los mayores rendimientos a un nivel de aproximadamente 0.01 ppm de P (Informe Anual 1979). Un ensayo similar adelantado en Carimagua produjo los mayores rendimientos a un nivel de 0.02 ppm de P.

Después de dejar las parcelas en CIAT-Quilichao en rastrojo durante un año, se refertilizaron para subir nuevamente la concentración de P a sus niveles originales y se sembraron los cultivares M Col 1684 y CMC-40. La Figura 11 muestra una respuesta significativa a los mayores niveles de P en la solución del suelo para ambos cultivares. Sus requerimientos externos de P, correspondientes al 95% del rendimiento máximo, se estimaron en 0.027 para CMC-40 y 0.030 para M Col 1684.

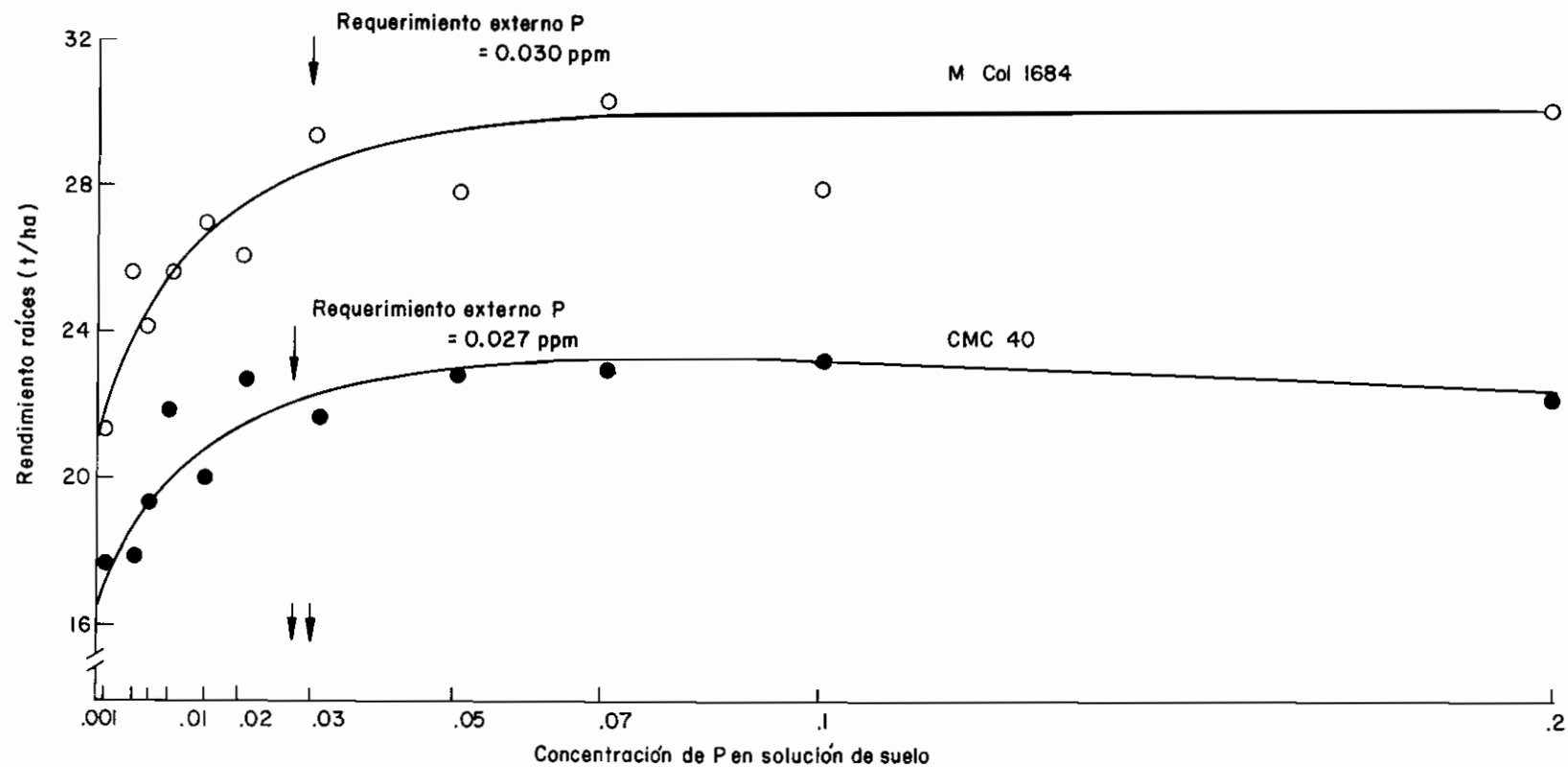


Figura 11. Relación entre el rendimiento de raíces de dos cultivares de yuca y la concentración de P en la solución del suelo según determinaciones hechas por isothermas de absorción de P.

Estos requerimientos son ligeramente superiores que los informados con anterioridad, pero aún son considerablemente inferiores a los encontrados para la mayoría de los otros cultivos, lo cual indica que la yuca se encuentra mejor adaptada a los suelos con bajos niveles de P.

Respuesta a los Fertilizantes en Relación con la Fertilidad del Suelo

Las recomendaciones de fertilizantes generalmente se basan en los análisis del suelo, pero se conoce poco acerca de la relación que existe entre la respuesta a los fertilizantes y los niveles de nutrimentos en el suelo. Para establecer algunos niveles críticos para los nutrimentos, según determinaciones hechas en análisis de suelo, se sembraron ensayos sencillos de N-P-K en 10 localidades de Colombia con diferentes características de fertilidad. En las parcelas principales se utilizó un diseño factorial incompleto con 12 tratamientos conformado con cuatro niveles de N, P, y K y en las sub-parcelas dos cultivares de yuca. Los fertilizantes se aplicaron en bandas a niveles de 0, 50, 100 y 200 kg/ha de N, P y K en varias combinaciones; los cultivares seleccionados para los ensayos estaban adaptados a cada ecosistema. Las fechas de cosecha variaron entre los ocho meses en la costa norte de Colombia y los 15 meses en Agua Blanca, Cauca.

El Cuadro 3 presenta un resumen de las características del suelo en cada localidad, los cultivares utilizados y la respuesta obtenida a los fertilizantes. Se obtuvieron respuestas significativas principalmente a la aplicación de P, excepto en la costa norte (Magdalena) y al K en los Llanos Orientales (Meta). Las respuestas al N se obtuvieron principalmente en los suelos muy arenosos de La Idea en la costa norte y en Alegría en los Llanos. Las mayores respuestas a los tres macronutrimentos se obtuvieron en esta última localidad, como se ilustra en la Figura 12. En Alegría, la fertilización aumentó los rendimientos de raíces de 0.4 a 28 t/ha, en tanto que, en Caribia, no hubo una respuesta significativa a ninguno de los nutrimentos aplicados. La Figura 13 muestra la relación entre el rendimiento relativo de raíces de los testigos de P y K y los niveles de P y K en el suelo, respectivamente. En el caso del P, se observó una relación bastante buena y se determinó un nivel crítico de 8 ppm (Bray II). Este nivel se encuentra dentro del rango de 8 a 10 ppm indicado en la literatura. No hubo una buena relación entre el rendimiento relativo y los contenidos de K intercambiable. Una primera aproximación puede ser un rango crítico entre 0.10 y 0.15 meq de K/100 g de suelo hasta que se disponga de más información. No hubo una relación entre el contenido de materia orgánica y la respuesta al N, de tal manera que las recomendaciones de fertilizantes nitrogenados tendrán que determinarse principalmente mediante experimentos en el campo.

Al trazar una gráfica de los rendimientos relativos contra los contenidos de N, P y K en las LFMJTE de plantas de tres a cinco meses de edad, se observó una variación considerable entre localidades y cultivares (Figura 14). Las condiciones climáticas antes de la toma de muestras probablemente desempeñan una función importante en la determinación de los contenidos de nutrimentos de las hojas, en tanto

Cuadro 3. Respuesta de la yuca a la fertilización con N-P-K en 10 localidades de Colombia.

No.	Localidad	Características del suelo			Variedad	Respuesta al fertilizante (rendimiento relativo %) ^b		
		P		K (meq/100 g)		N	P	K
		O.M. (Bray II) (%)	(ppm)					
1	CIAT-Quilichao (Cauca)	7.1	1.8	0.18	M Col 113	68	44**	88
					M Col 1684	72*	38**	96
2	Mondomito (Cauca)	5.6	1.6	0.14	M Col 113	80	56	74
					CMC 92	79	52**	66
3	Agua Blanca (Cauca)	6.1	0.8	0.16	M Col 113	88	62*	76
					Barranqueña	86	52*	97
4	Caribia (Magdalena)	1.9	107	0.11	M Col 1684	73	88	98
					M Col 22	95	100	100
5	La Idea (Magdalena)	0.6	6.0	0.04	Secundina	70**	97	94
					Venezolana	74*	82	78
6	La Colorada (Magdalena)	0.7	3.9	0.07	Secundina	--	86	92
					Venezolana	79	85	92
7	Carimagua-Alegría (Meta)	1.9	1.3	0.04	M Ven 77	72	12**	10**
					M Col 638	55**	23**	37**
8	Carimagua-Reserva (Meta)	3.2	1.4	0.08	M Ven 77	79	42**	46**
					M Col 638	53	39**	80
9	Las Leonas (Meta)	3.7	2.0	0.11	M Ven 77	61*	36**	28**
10	Puerto Gaitán (Meta)	0.8	2.3	0.05	M Ven 77	79	14**	43**

a. *Significativo a un nivel de $P = 0.05$ en todos los niveles del nutriente bajo estudio;

**Significativo a un nivel de $P = 0.01$ en todos los niveles del nutriente bajo estudio.

b. Rendimiento relativo = rendimiento sin nutriente en comparación con el mayor rendimiento obtenido al aplicar el nutriente.

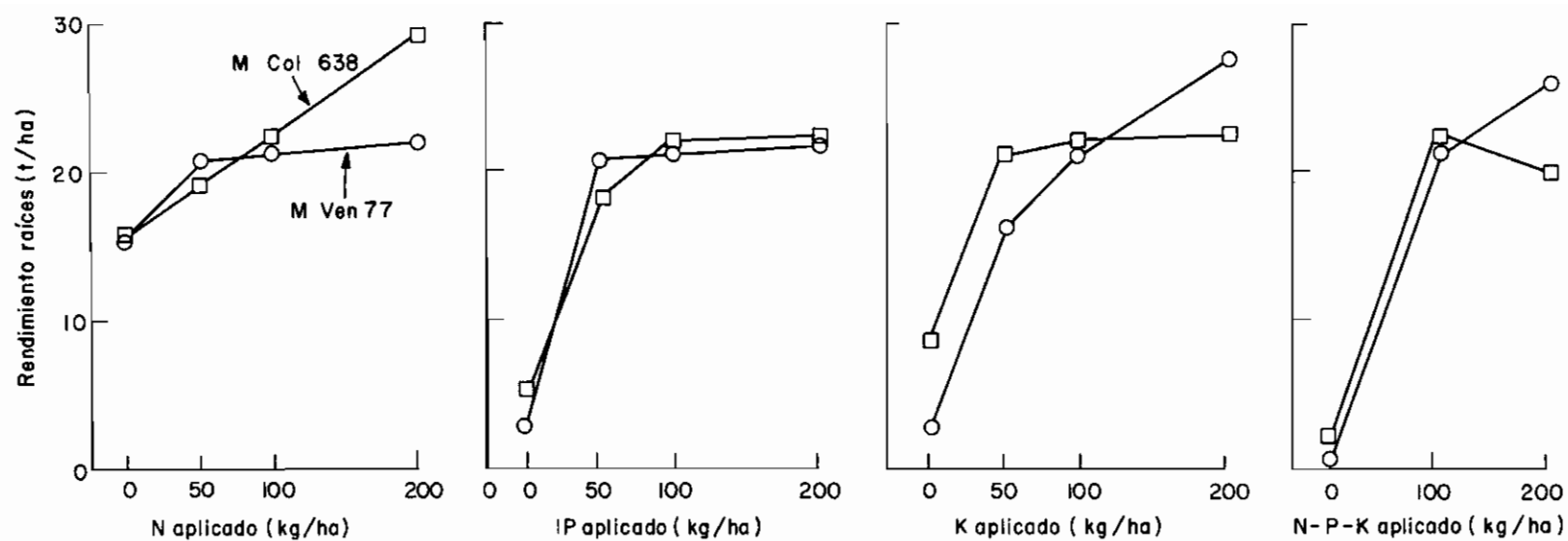


Figura 12. Respuesta de M Ven 77 y M Col 638 a varios niveles de N, P y K aplicados en Alegría-Carimagua.

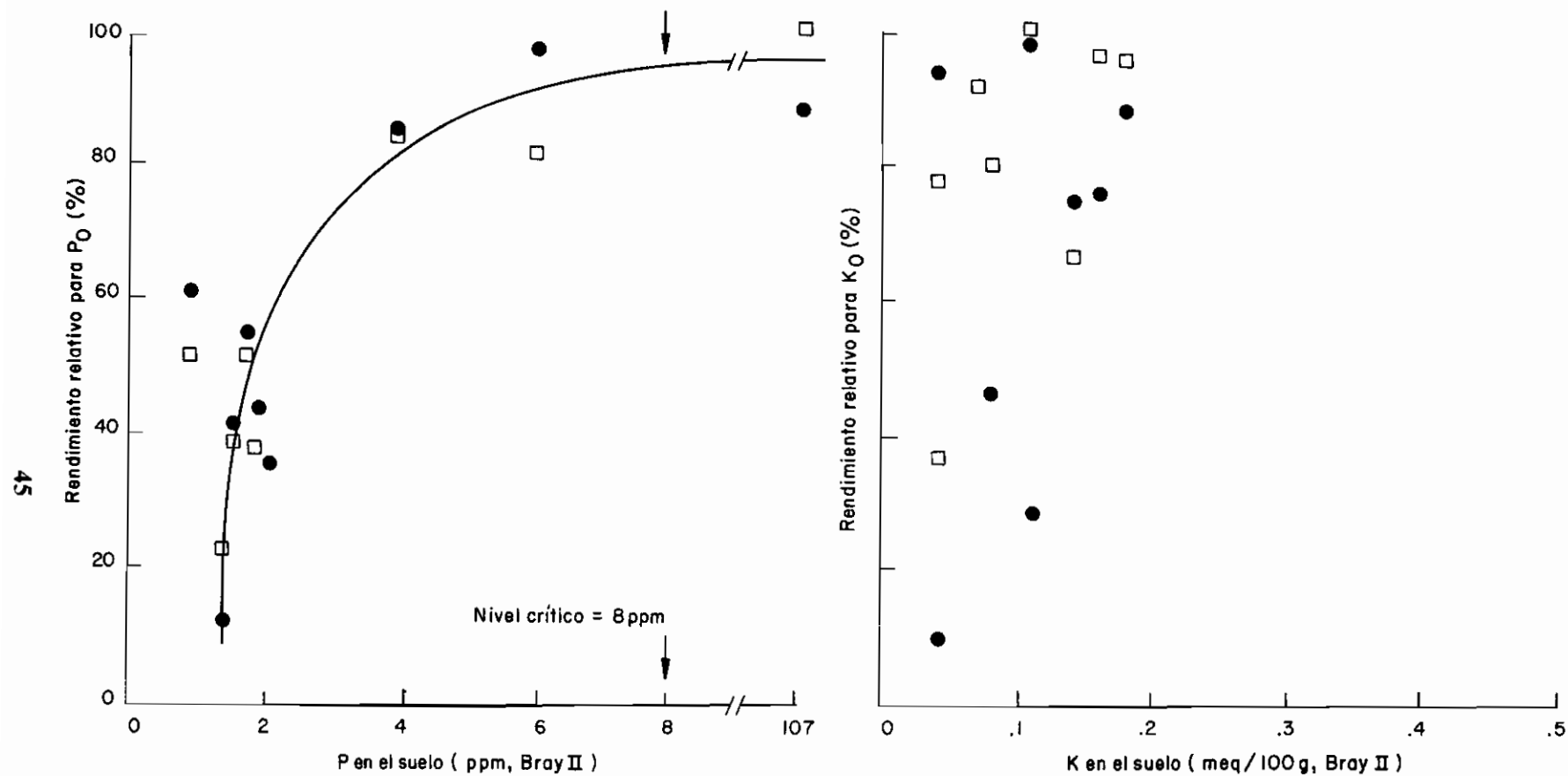


Figura 13. Relación entre el rendimiento relativo de raíces de varios cultivares de yuca y el contenido de P aprovechable o K intercambiable del suelo. Los símbolos indican los dos cultivares distintos en cada localidad.

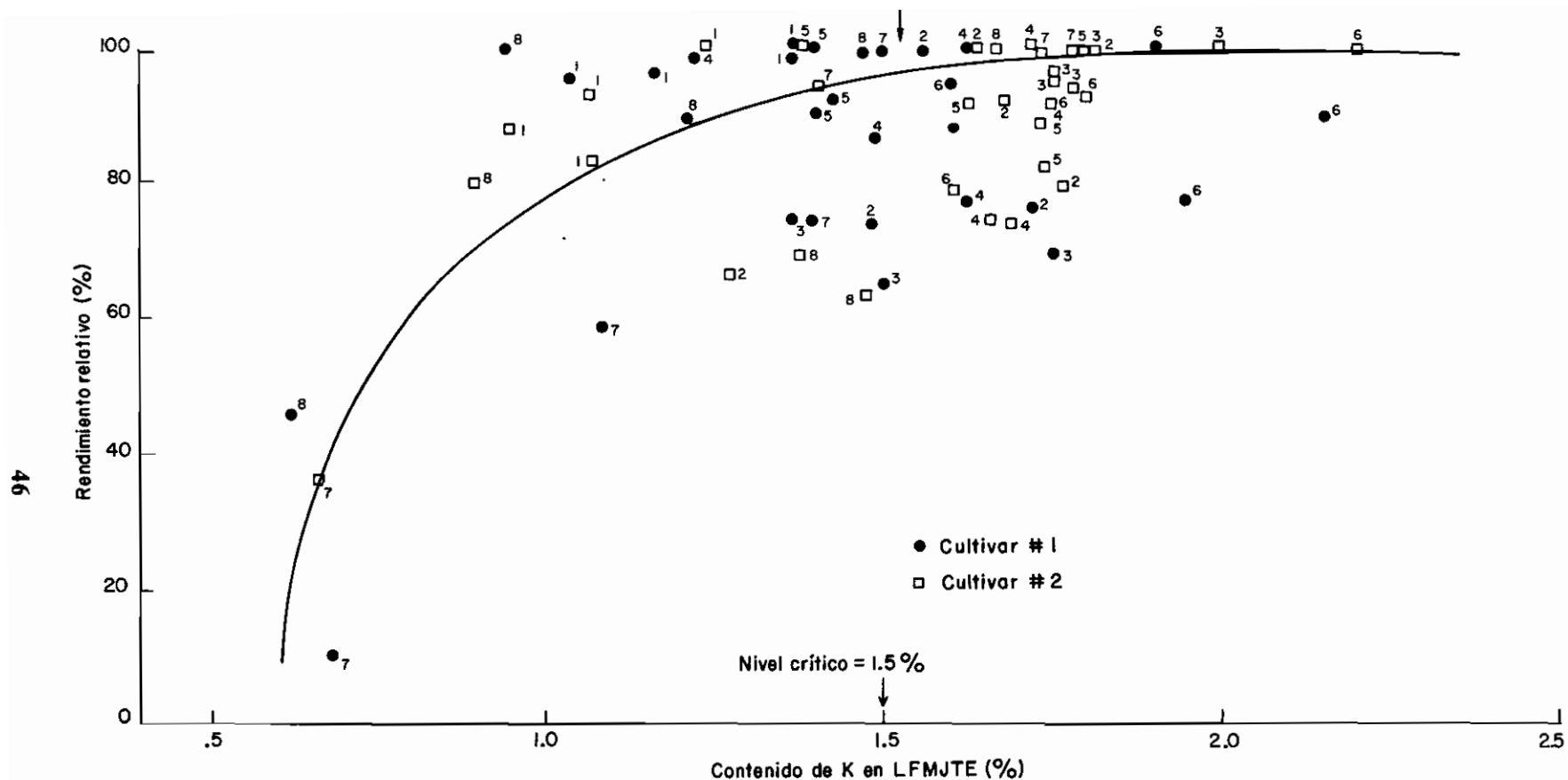


Figura 14. Relación entre el rendimiento relativo de raíces de varios cultivares de yuca y la concentración de K en LFMJTE de plantas de tres a cinco meses de edad. Las flechas indican el nivel crítico estimado y los números en los puntos de datos indican las localidades según el Cuadro 3.

que los cultivares también difieren marcadamente en sus tasas de crecimiento y, por consiguiente, en sus concentraciones de nutrimentos. Se estimaron niveles críticos en las LFMJTE de 5.4% de N, 0.41% de P y 1.5% de K, pero de ninguna manera se deben considerar estos niveles como números absolutos aplicables en todas las condiciones o para todos los cultivares; más bien, sirven como guía en la interpretación de los resultados de análisis de tejido. El efecto de las condiciones climáticas en las tasas de crecimiento y en las concentraciones de nutrimentos se deben investigar en más detalle.

El efecto de la fertilización en el contenido de almidón de las raíces se determinó en cinco localidades. En términos generales, la fertilización no tuvo un efecto significativo en el contenido de almidón y, cuando hubo algún efecto, este siempre fue positivo. En Alegría, la aplicación de P y K, y en Mondomito, la aplicación de N, aumentó marcadamente los contenidos de almidón.

Respuesta a la Inoculación de Micorrizas

Se ha demostrado ampliamente que una asociación de micorrizas es esencial para el crecimiento normal de la yuca en suelos con bajos niveles de P (Informes Anuales 1979 y 1980). Este año se estudió la asociación en más detalle con el fin de determinar los factores que pueden influir en la infección por la micorriza, identificar métodos y fuentes baratas y eficientes para la inoculación y determinar el efecto de la micorriza en condiciones de campo.

La mayoría de los ensayos se realizaron en el invernadero utilizando materos con suelo proveniente de CIAT-Quilichao o Carimagua, ambos muy ácidos y bajos en P aprovechable. Generalmente se aplicaron varios niveles de P en la forma de SFT molido y el suelo se incubó a capacidad de campo durante seis semanas antes de la siembra. El suelo fue esterilizado, cuando era necesario, con bromuro de metilo, y como material de siembra generalmente se utilizaron cogollos enraizados para obtener plantas más uniformes y una respuesta más rápida al P aplicado y/o a la inoculación. El inóculo consistió en 2 g de raíces infectadas, colocadas directamente bajo la plántula o estaca, de tal manera que las raíces nuevas crecieran allí y se infectaran. Las plantas generalmente se cosecharon después de dos o tres meses; las partes aéreas se secaron, se pesaron y analizaron, y de las raíces se tomaron muestras para determinar su grado de infección por micorrizas.

Fuente de inóculo. El año pasado se informó que cuando se inocularon siete especies con raíces de yuca infectadas, todas mostraron un aumento marcado en su peso seco y absorción de P con excepción del arroz. Después de la cosecha, las raíces de estas especies se utilizaron para inocular plantas de yuca en suelo esterilizado al cual se le aplicó P en niveles de 0, 100 y 500 kg de P/ha. Además, se cultivaron plantas de yuca sin inoculación en suelo no esterilizado en el que previamente se habían cultivado las siete especies. La Figura 15 muestra que la inoculación con raíces infectadas de todas las especies fue muy efectiva para aumentar la absorción de P, en comparación con las

plantas no inoculadas. Las raíces de arroz y frijol fueron menos efectivas que las de yuca, maíz, caupí o *Andropogon*, en tanto que la inoculación con raíces de *Stylosanthes* causó una pudrición radical severa en plantas jóvenes de yuca. El cultivo de yuca en suelo infectado de todas las especies fue casi tan efectivo como la inoculación, aunque el suelo de arroz fue nuevamente el menos efectivo. La Figura 16 muestra la respuesta al P aplicado en términos de materia seca y absorción de P. Hubo una respuesta marcada al P en las plantas con micorriza, pero no se observó respuesta y esencialmente no hubo crecimiento en las plantas sin micorrizas. No hubo una diferencia significativa entre la inoculación con raíces o la infección por suelo infectado con micorriza. Por consiguiente, se observó poca especificidad de hospedantes, y tanto el suelo como las raíces de plantas de micorrizas se pueden utilizar como inóculo; la escogencia depende principalmente de la conveniencia de la especie para la producción de grandes cantidades de inóculo.

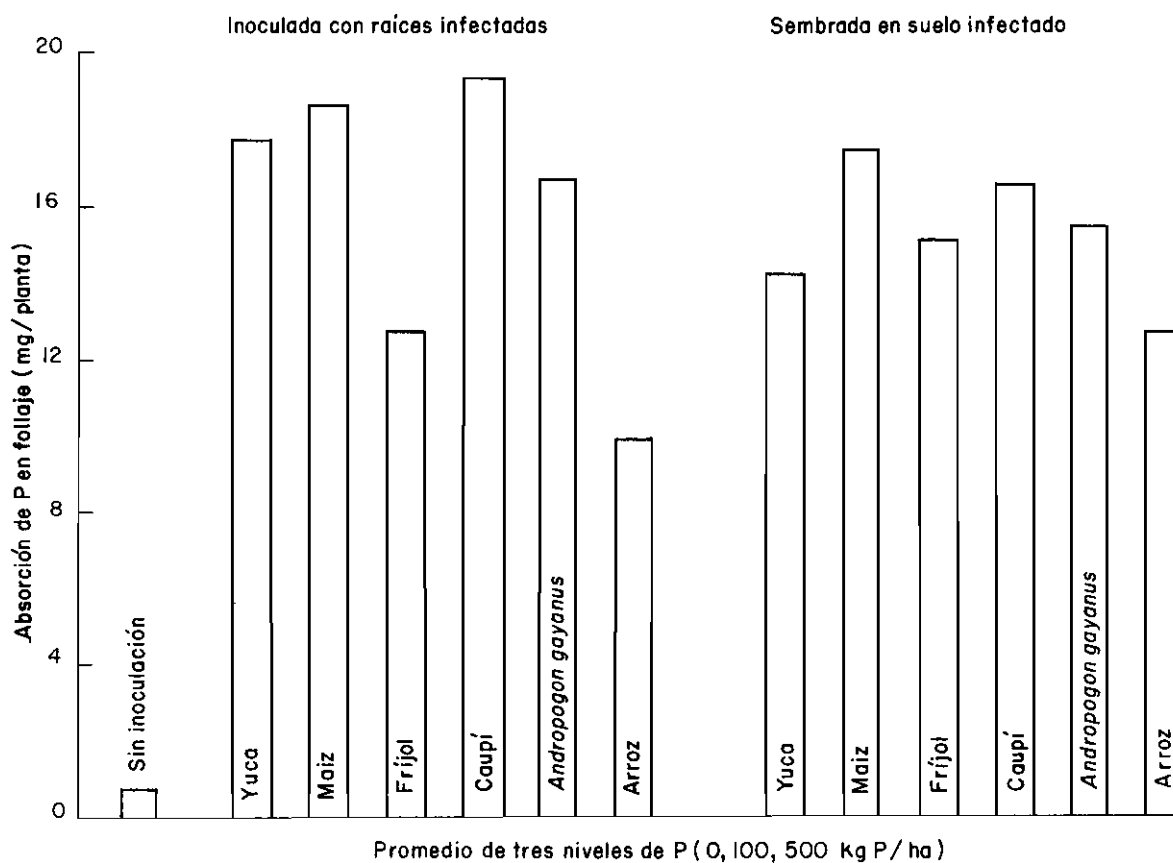


Figura 15. Absorción de P por las partes aéreas de plantas de yuca cultivada sin inoculación con micorrizas o inoculadas con raíces de seis especies en suelo esterilizado, o en suelo no esterilizado infectado por el crecimiento de las mismas especies.

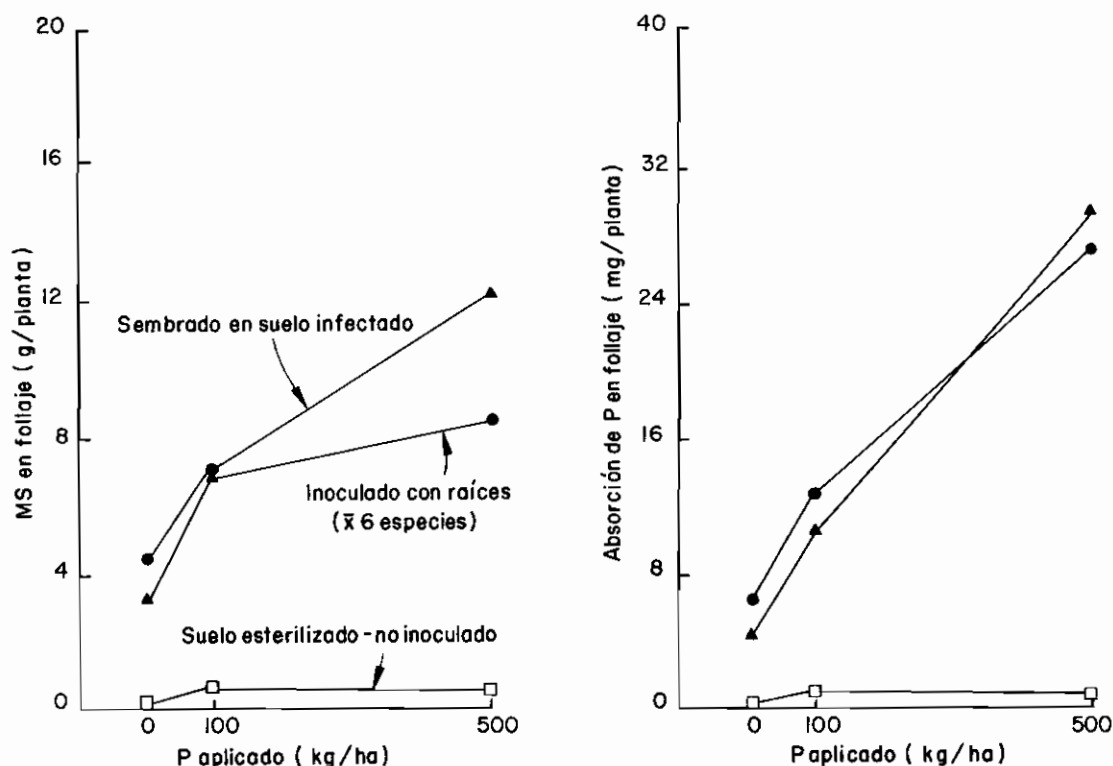


Figura 16. Efecto de la inoculación de micorrizas y la aplicación de P en la producción de materia seca y absorción de P por las partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad cultivadas en suelo de Quilichao. Los datos corresponden al promedio de las seis especies (véase la Figura 15).

Fuente, cantidad y colocación del inóculo. Se inocularon plántulas de yuca con diferentes cantidades de esporas, suelo infectado o raíces de yuca infectadas, que habían sido almacenadas por varios períodos de tiempo en un refrigerador. El Cuadro 4 muestra que todos los métodos de inoculación fueron efectivos para aumentar la producción de materia seca y la absorción de P, pero que la inoculación con esporas fue menos efectiva que con raíces o suelo. El almacenamiento hasta las tres semanas no afectó la eficiencia del inóculo y la cantidad de raíces o suelo utilizado como inóculo no afectó significativamente la respuesta de las plantas. También se inocularon estacas de yuca con diferentes cantidades de suelo infectado o de raíces de yuca infectadas ya sea de CIAT-Palmira o de CIAT-Quilichao utilizando diferentes métodos de colocación. El Cuadro 5 muestra que todos los métodos de inoculación fueron efectivos excepto el uso del inóculo proveniente del suelo alcalino con alto contenido de P proveniente de CIAT-Palmira; es probable que esa cepa no se adaptara a los suelos ácidos. La colocación del inóculo en un hueco directamente debajo de la estaca fue más efectiva que la colocación en un plano horizontal o en mezcla con el suelo debajo de la estaca. No hubo una diferencia significativa entre las diferentes cantidades de inóculo y 1 a 4 g de raíces o 10 a 40 g de suelo infestado fueron cantidades igualmente efectivas; naturalmente, la

cantidad de inóculo que se debe utilizar depende de la calidad de inóculo y de las condiciones del suelo al momento de la siembra. Esto se debe investigar en más detalle, preferiblemente en condiciones de campo.

Efecto de la reserva de P en el material de siembra. Los experimentos en materos con cogollos enraizados (plántulas) generalmente exhiben una respuesta más marcada y rápida a la inoculación que los experimentos en los que se utilizan estacas. Es factible que esto se deba a las mayores reservas de P en las estacas que en las plántulas. El efecto de las reservas de P en el material de siembra se estudió utilizando cogollos enraizados, yemas de pecíolos y estacas de aproximadamente 2, 3, 6 y 20 cm de longitud. Este material varió tanto en su peso seco como en su contenido de P y, por lo tanto, en sus reservas totales de P. Las plantas se dividieron en grupos con o sin inoculación y se cultivaron en suelo esterilizado proveniente de CIAT-Quilichao con aplicaciones de 0, 100, 500 y 2000 kg P/ha. La Figura 17 muestra la producción de materia seca sin y con inoculación en plantas de dos meses de edad producidas a partir de diferentes fuentes de material de siembra. Es claro que las respuestas a las micorrizas

Cuadro 4. Efecto de la fuente y cantidad de inóculo sobre el grado de infección de las raíces por micorrizas, la producción de materia seca, el contenido de P y la absorción total de P de partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad (M Ven 77), cultivadas en suelo de Quilichao esterilizado.

Tratamiento	Grado de infección radical ^a	Producción de materia seca (g/planta)	Contenido de P en parte aérea (%)	Absorción de P de la parte aérea (mg/planta)
Sin inoculación	0	0.54	0.13	0.70
25 esporas	0	1.96	0.36	7.06
50 esporas	1.0	3.22	0.35	11.27
0.5 g raíces--frescas	1.3	12.65	0.35	44.27
1.0 g raíces--frescas	1.6	12.29	0.26	31.95
2.0 g raíces--frescas	2.3	12.59	0.24	30.22
2.0 g raíces--almacenadas 1 semana	2.6	12.44	0.23	28.61
2.0 g raíces--almacenadas 2 semanas	1.6	12.36	0.24	29.66
2.0 g raíces--almacenadas 3 semanas	1.6	11.68	0.23	26.86
2.0 g suelo	1.6	9.80	0.25	24.50
5.0 g suelo	1.8	12.02	0.21	25.24
10 g suelo	1.5	10.43	0.26	27.12

a. El grado de infección se determinó mediante una evaluación visual de hifas y vesículas: 0 = ninguna; 3 = alta infección.

fueron más marcadas cuando se utilizaron plantas enraizadas con pocas reservas de P y que la respuesta disminuyó a medida que aumentó el tamaño de la estaca y por consiguiente la cantidad de reservas de P. Por lo tanto, en condiciones de campo donde los agricultores utilizan estacas relativamente grandes, los efectos de las micorrizas son menos notorios o, por lo menos, rápidos que los producidos en el invernadero con plántulas. Sin embargo, una vez que se hayan agotado las reservas de P en las estacas, las respuestas a las micorrizas también son altamente significativas en las estacas (véase la segunda cosecha, Cuadro 5).

Como se observó en ensayos anteriores, las respuestas a las micorrizas fue mayor a un nivel intermedio de P de 100 kg/ha y disminuyó al aplicar mayores niveles de P, como también al no aplicar P.

Respuesta a la inoculación en suelos esterilizados y no esterilizados. Se tomaron suelos de Carimagua, CIAT-Quilichao y CIAT-Palmira y se fertilizaron con P a niveles de 0, 100, 300, 1000 y 3000 kg/ha. Después de seis semanas de incubación, se esterilizó la mitad de los materos de cada tratamiento con bromuro de metilo. En cada

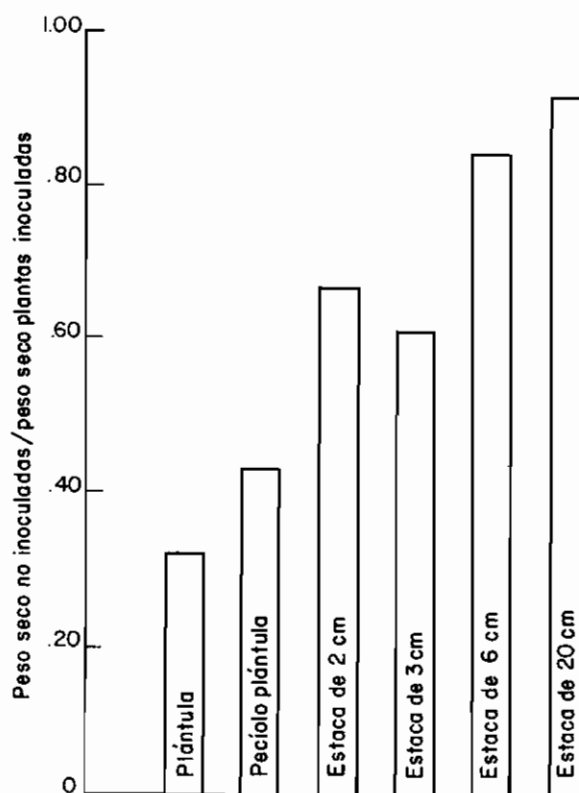


Figura 17. Respuesta relativa a las micorrizas en yuca (CM 91-3) cultivada a partir de plántulas enraizadas o estacas. Los datos corresponden a las medias de cuatro niveles de P aplicados.

Cuadro 5. Efecto de la fuente, cantidad y colocación del inóculo sobre la producción de materia seca, contenido de P y absorción de P de las partes aéreas y grado de infección de raíces de yuca (CM 91-3) cultivada a partir de estacas en suelo esterilizado de Quilichao con 100 kg de P/ha aplicado, y cosechada a los 2 y 4 meses después de la siembra.

Tratamiento de inoculación	Primera cosecha (2 meses)				Segunda cosecha ^c (4 meses)			
	Peso seco (g/planta)	P en parte aérea (%)	Absorción de P (mg/planta)	Grado de infección ^d	Peso seco (g/planta)	P en parte aérea (%)	Absorción de P (mg/planta)	Grado de infección ^d
Sin inoculación	14.75	.08	11.8	0	2.12	.13	2.8	0
2 g raíces de un suelo alcalino con alto P ^a , colocados debajo de la estaca	17.15	.08	13.7	1.3	2.50	.13	3.2	0
1 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b , colocado debajo de la estaca	24.47	.25	61.2	1.3	14.75	.14	20.6	2.0
2 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b , colocados debajo de la estaca	20.35	.26	52.9	1.3	13.18	.15	19.8	2.3
4 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b , colocados debajo de la estaca	20.38	.30	61.1	1.6	13.98	.16	22.4	1.3
2 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b , en plano horizontal bajo la estaca	20.84	.17	35.4	1.3	10.26	.18	18.5	2.0
10 g de suelo infectado ^b , colocados debajo de la estaca	16.69	.26	43.4	1.3	14.83	.15	22.2	1.6
20 g de suelo infectado ^b , colocados debajo de la estaca	25.13	.24	60.3	0.3	12.60	.17	21.4	1.0
40 g suelo infectado ^b , colocados debajo la estaca	22.59	.26	58.7	3.3	6.46	.19	12.3	2.3
20 g de suelo infectado ^b , más 2 g de raíces de un suelo ácido								

a. Raíces de yuca de un suelo de CIAT-Palmira: 50 ppm P, pH = 7.5.

b. Raíces de yuca de un suelo de CIAT-Quilichao: 4 ppm P, pH = 4.5.

c. Después del rebrote de las estacas originales.

d. Evaluación visual de vesículas e hifas: 0 = sin infección; 3 = altamente infectadas.

matero se cultivaron plántulas inoculadas o sin inocular. Después de dos semanas se logró observar una respuesta clara al P, incluso en el suelo de Palmira con 58 ppm de P aprovechable (Bray II). Se observó respuesta a las micorrizas a las cuatro semanas, pero principalmente en el suelo esterilizado de Carimagua y Quilichao y solamente sin la aplicación de P en el suelo de Palmira. La esterilización del suelo tuvo un efecto positivo muy marcado a niveles altos de P aplicado tanto en los suelos de Quilichao como de Palmira, ya sea con o sin inoculación. Es posible que esto se deba a la presencia de microorganismos patogénicos en estos suelos o a la liberación de algunos nutrimentos, posiblemente Zn, durante la esterilización del suelo. En el suelo de Palmira sin esterilizar, las aplicaciones de altos niveles de P ejercieron un efecto negativo en el crecimiento de las plantas. Estas se cosecharon después de dos meses.

La Figura 18 muestra la respuesta en crecimiento al P y a los tratamientos con micorrizas en los suelos de Carimagua y Quilichao. En el suelo de Palmira, el crecimiento fue relativamente variable; sólo hubo una respuesta significativa a la inoculación sin aplicar P al suelo esterilizado. En el suelo de Quilichao hubo una respuesta al P a un nivel de aproximadamente 1000 kg/ha; la inoculación en suelo esterilizado tuvo un efecto muy marcado, resultando en un aumento en la materia seca de 30 veces al nivel intermedio de 100 kg de P/ha. Las curvas de respuesta fueron similares en forma a las indicadas el año pasado (Informe Anual 1980). Sin embargo, en el suelo no esterilizado no hubo una respuesta significativa a la inoculación; los rendimientos de materia seca fueron inferiores a los obtenidos en los tratamientos esterilizados con inoculación en todos los niveles de P aplicados, posiblemente debido a la ausencia de competencia entre micorrizas introducidas y microorganismos nativos. En el suelo de Carimagua hubo una respuesta significativa al P hasta los 3000 kg de P/ha, pero no hubo respuesta a las micorrizas a niveles de P por encima de 1000 kg/ha. En el suelo esterilizado, la inoculación aumentó la producción de materia seca hasta un máximo de 15 veces a un nivel de 100 kg de P/ha, pero con una respuesta mucho menor a 300 kg de P/ha. Sin embargo, en el suelo de Carimagua sin esterilizar, también hubo una respuesta significativa a la inoculación a los niveles intermedios de P (a 100 kg de P/ha la inoculación aumentó la producción de materia seca 3.2 veces), pero las respuestas fueron menores que en suelo esterilizado.

Por consiguiente, en un suelo con alto nivel de P como el de CIAT-Palmira, solamente hay una respuesta pequeña a las micorrizas en suelos esterilizados al no aplicar P; en CIAT-Quilichao, las respuestas a las micorrizas del suelo son marcadas pero solamente en suelo esterilizado puesto que el suelo sin esterilizar contiene una población de micorrizas altamente efectivas. En el suelo de Carimagua hay una respuesta significativa a las micorrizas tanto en suelos esterilizados como en suelos sin esterilizar (a niveles intermedios de P) puesto que la población nativa de micorriza es menos efectiva que la introducida.

Respuesta a las micorrizas en condiciones de campo. Aunque la importancia de las micorrizas en plantas cultivadas en condiciones de invernadero se ha demostrado ampliamente, aún permanece el interrogante

de si en condiciones de campo las micorrizas desempeñan una función de igual importancia, considerando que los agricultores (1) siembran estacas y no plántulas, (2) siembran en suelo no esterilizado y (3) cosechan las raíces generalmente después de 10 a 12 meses. Para estudiar el efecto de la inoculación en condiciones de campo se sembró un ensayo en CIAT-Quilichao en una parcela que, en 1977, había recibido 11 niveles de P que oscilaron entre 0 y 1131 kg de P/ha. El campo se había sembrado una vez con frijol y había permanecido con rastrojo desde entonces. Antes de la siembra de yuca, el contenido de P aprovechable (Bray II) osciló entre 1.8 ppm en los testigos de P y 117 ppm en donde se habían aplicado los mayores niveles de P. La mitad de cada parcela se esterilizó con bromuro de metilo dos semanas antes de la siembra. En cada subparcela esterilizada y sin esterilizar se inoculó la mitad de las plantas con 2 g de raíces infectadas más 100 g de suelo infectado.

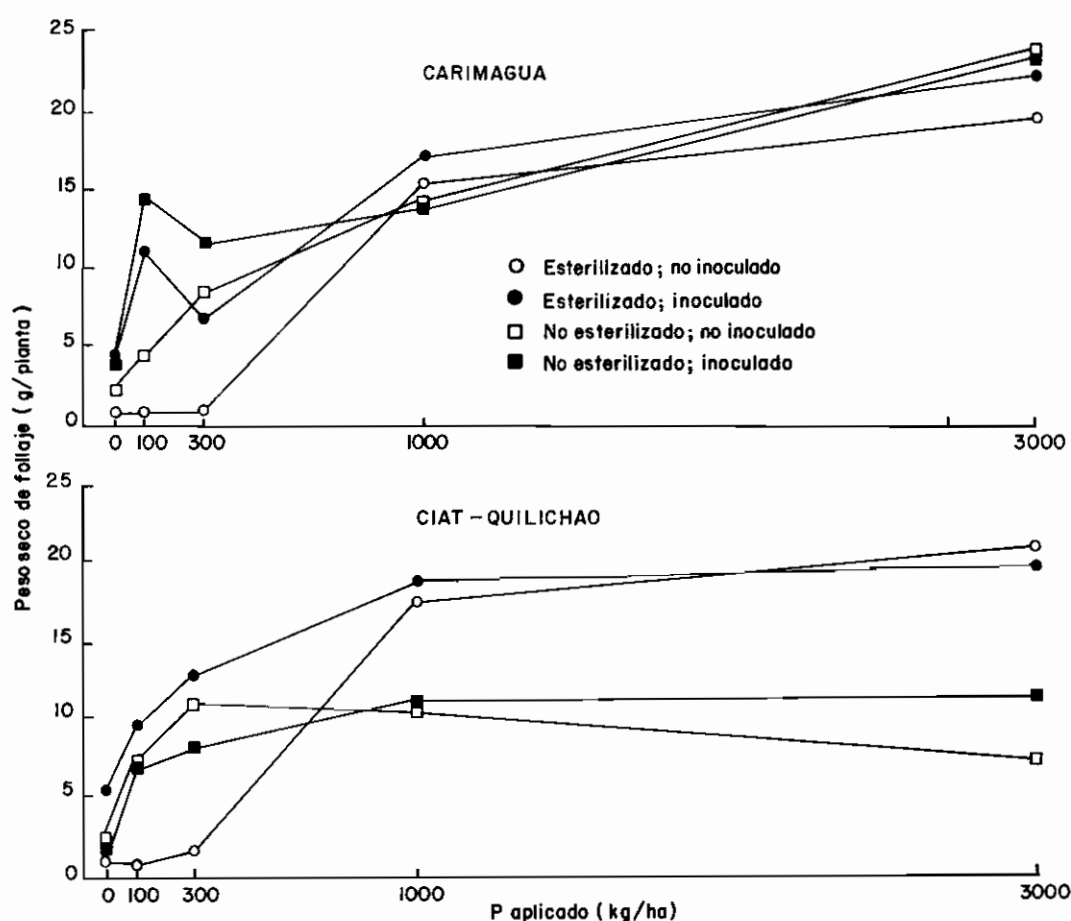


Figura 18. Peso seco de las partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad cultivadas a partir de plántulas inoculadas o no inoculadas en suelo esterilizado o sin esterilizar de Carimagua y Quilichao a los cuales se les había aplicado varios niveles de P.

Las plantas no inoculadas recibieron la misma cantidad de inóculo muerto (esterilizado), colocado directamente debajo de la estaca al momento de la siembra de la línea CM-91-3. El inóculo de raíces se recolectó de los cultivares más altamente infectados de un ensayo recientemente cosechado en CIAT-Quilichao. El suelo infectado consistió en arena infectada con una alta población de esporas de cepas de micorrizas provenientes de Quilichao.

A pesar de que las plantas fueron afectadas por dos tormentas severas de granizo durante los dos primeros meses después de la siembra, se recuperaron rápidamente y crecieron vigorosamente. A los tres meses hubo una clara respuesta a la inoculación, pero solamente en el suelo esterilizado en donde las plantas sin inocular presentaron una altura promedio de 44 cm y las plantas inoculadas 55 cm; en el suelo sin esterilizar la altura fue de 48 cm tanto para las plantas inoculadas como para las plantas sin inocular. A los cuatro meses, los contenidos de P de las hojas superiores fueron significativamente más altos en las plantas inoculadas que en las plantas sin inocular tanto en suelo esterilizado como en suelo sin esterilizar especialmente en los menores niveles de P aplicado. En los meses siguientes, las plantas en los tratamientos de suelo esterilizado sin inocular se recuperaron lentamente de su deficiencia inicial de P debido al crecimiento radicular hacia parcelas y pasillos vecinos infectados con micorrizas como también hacia subsuelo no esterilizado. El ensayo se cosechó a los 11 meses.

No hubo una respuesta significativa en rendimiento de raíces al P de tal manera que la Figura 19 solamente muestra la respuesta promedio a la esterilización e inoculación. En el suelo sin esterilizar no hubo efecto de la inoculación, pero en el suelo esterilizado la inoculación aumentó en rendimiento promedio de 38 a 53 t/ha. En el tratamiento esterilizado con inoculación, las plantas que crecieron en la parcela testigo de P (con solamente 1.8 ppm de P aprovechable) produjeron 50 t/ha, en tanto que las plantas en los tratamientos correspondientes sin inoculación solamente produjeron 31 t/ha. Este aumento en el rendimiento del 40 al 60% debido a la inoculación en condiciones de campo, aunque es altamente significativo, aún subestima la importancia de la micorriza, debido a que las plantas no inoculadas se re infectaron por parcelas vecinas o subsuelo y finalmente produjeron el mismo rendimiento que las plantas cultivadas en suelo no esterilizado. El mayor rendimiento obtenido en las plantas inoculadas en el suelo esterilizado que en el suelo sin esterilizar probablemente se debe a la falta de competencia por micorrizas nativas y otros microorganismos. Este efecto benéfico de la esterilización se ha observado en numerosos ensayos de invernadero y de campo.

La ausencia de una respuesta a la inoculación en suelos no esterilizados no significa que en condiciones naturales de campo la inoculación no tenga algún efecto. Solamente indica que el suelo en Quilichao presenta una alta población de micorrizas eficientes; en efecto, la cepa de Quilichao es la más efectiva hasta ahora identificada en Colombia (véase el Proyecto de Micorrizas en la siguiente sección).

En este suelo sólo se puede esperar un efecto significativo al introducir cepas más eficientes. Sin embargo, en otros suelos con poblaciones de micorrizas más bajas o ineficientes, tales como en los suelos erosionados o altamente infértiles, la inoculación con las cepas de Quilichao puede tener un efecto significativo en los rendimientos y en la disminución del alto requerimiento de fertilizantes fosforados. Aún en los casos en los que la inoculación no sea efectiva o práctica, el reconocimiento de que las micorrizas juegan un papel tan importante en la absorción de P en suelos con bajo nivel de P debe conducir al desarrollo de prácticas que maximicen el efecto benéfico de poblaciones nativas de micorrizas.

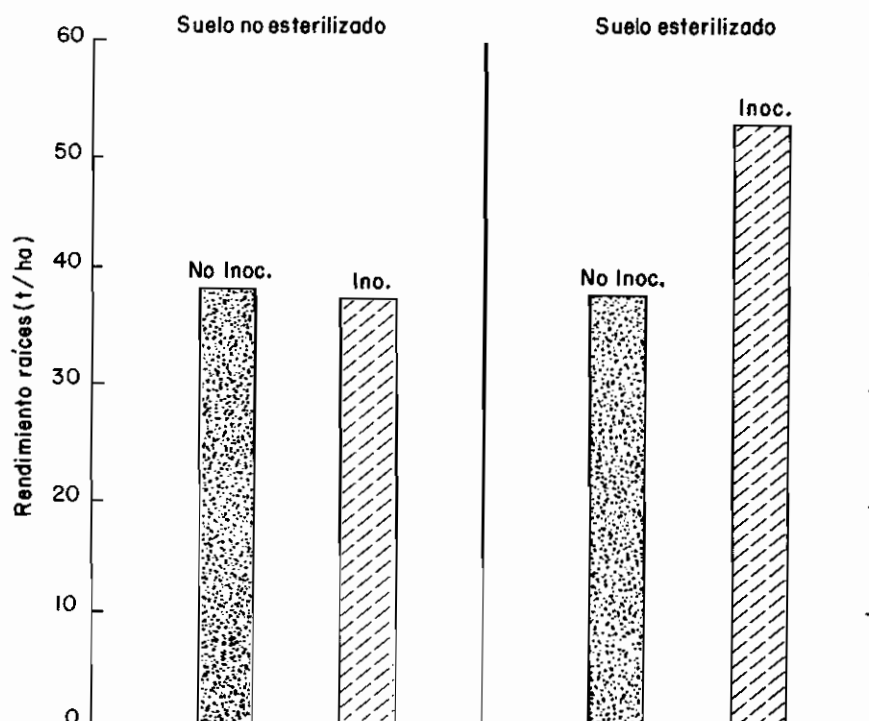


Figura 19. Rendimiento de raíces de plantas de yuca de 11 meses de edad (CM 91-3) cultivadas en CIAT-Quilichao a partir de estacas inoculadas o no inoculadas en suelo esterilizado o sin esterilizar. Los rendimientos de raíces corresponden al promedio de 11 niveles de P aplicado.

Proyecto Micorriza

Las estrategias para la utilización de hongos micorrizogésicos vesico-arbusculares (VA) en la nutrición de la planta de yuca se centran en su utilización en suelos ácidos de baja fertilidad, sin esterilizar. Estas estrategias incluyen la inoculación de plantas en el campo con cepas de micorrizas VA efectivas y el mantenimiento de una alta población de micorrizas VA nativas en el campo mediante prácticas agrícolas.

Los objetivos de la investigación actual incluyen la recolección, el mantenimiento, la multiplicación y la evaluación de cepas de micorrizas, y la determinación de prácticas culturales favorables para mantener una actividad de la micorriza altamente efectiva durante la totalidad del período de crecimiento de la yuca y la preservación de altas poblaciones de esporas en el suelo.

Colección

En diferentes suelos y climas de Colombia se recolectaron y aislaron 25 especies de micorrizas VA de los géneros Glomus, Gigaspora, Acaulospora, y Entrophospora (Cuadro 1). Las cepas se catalogaron con información acerca de la localidad de recolección y especie de planta y con datos de análisis de los suelos. Se mantuvieron en cultivos en materos de Pueraria phaseoloides o Andropogon gayanus cultivados en dos suelos ácidos con bajos niveles de P. Para preservar las cepas en cultivos puros libres de organismos fitopatógenos, las esporas de las micorrizas se aislaron de los cultivos de materos cada medio año y se multiplicarán nuevamente. Aún falta desarrollar métodos para almacenar cepas por períodos largos.

Evaluación de las Cepas

El primer proceso de selección se hizo con plántulas de yuca cultivadas en dos suelos esterilizados con bajos niveles de P. Además de otros nutrimentos básicos, se aplicó P en solución en una dosis de 12.5 kg de P/ha en la forma de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Se encontró que la variación en la efectividad de las cepas de micorrizas para estimular el crecimiento de las plantas era alta y dependía del tipo de suelo (Figura 1). Las cepas C-1 y C-17 (ambos Glomus sp.) parecen ser las que presentan la mejor adaptación a ambos suelos. Algunas otras cepas (C-6 y C-19) fueron más efectivas en el suelo de Quilichao que en el suelo de Carimagua. La eficiencia de las cepas en absorber P puede ser alta, pese a que solamente hubo un estímulo menor a la producción de materia seca.

En el segundo proceso de selección, se hizo la evaluación de la habilidad competitiva de las cepas seleccionadas con las micorrizas nativas, y otros microorganismos del suelo, en suelo no esterilizado al

cual se le adicionó 50 kg de P/ha en la forma de roca fosfórica del Huila. La Figura 2 muestra claramente que el crecimiento de las plantas en suelo sin esterilizar con una cantidad alta de micorrizas nativas (125 esporas/100 g de suelo) dependió de la cepa de micorriza y del cultivar de yuca. Los estudios de competencia todavía tienen que ser estandarizados y el germoplasma de yuca aún tiene que ser evaluado para buscar asociaciones competitivas de cultivares y hongos en diferentes suelos. Se requieren ensayos de campo para verificar las observaciones hechas en el invernadero.

Cuadro 1. Origen y clasificación de las cepas de micorrizas de Colombia.

Cepa	Origen	Género especie ^a
C-1	CIAT-Quilichao/Cauca	<u>Glomus</u> sp.
C-2	Desconocido/ensayo de invernadero	<u>Glomus</u> sp.
C-3	Popayán/Cauca	<u>Glomus</u> sp.
C-4	Mondomo/Cauca	<u>Acaulospora</u> sp.
C-5	Carimagua ^a /Meta	<u>Glomus</u> sp.
C-6	Carimagua/Meta	<u>Glomus</u> sp.
C-7	Carimagua/Meta	<u>Glomus</u> sp.
C-8	Carimagua/Meta	---
C-9	Carimagua/Meta	<u>Gigaspora heterogama</u>
C-10	Carimagua/Meta	<u>Entrophospora</u> sp.
C-11	Carimagua/Meta	<u>Glomus</u> sp.
C-12	Carimagua/Meta	<u>Acaulospora</u> sp.
C-13	Carimagua/Meta	<u>Acaulospora</u> sp.
C-14	Carimagua/Meta	--- ^b
C-15	Carimagua/Meta	---
C-16	Carimagua/Meta	<u>Acaulospora</u> sp.
C-17	Media Luna/Magdalena	<u>Glomus</u> sp.
C-18	Agua Blanca/Cauca	<u>Glomus</u> sp.
C-19	Agua Blanca/Cauca	<u>Glomus</u> sp.
C-20	Carimagua/Meta	<u>Glomus</u> sp.
C-21	Rothamsted/England	<u>Gigaspora margarita</u>
C-22	Bitaco/Valle del Cauca	<u>Glomus</u> sp.
C-23	Caucasia/Antioquia	<u>Acaulospora</u> sp.
C-24	Puerto Asís/Putumayo	--- ^b
C-25	San José del Palmar/Chocó	---

a. Agradecimiento a la Sra. de Spain por la taxonomía de esporas de Carimagua.

b. Especies aún sin identificar.

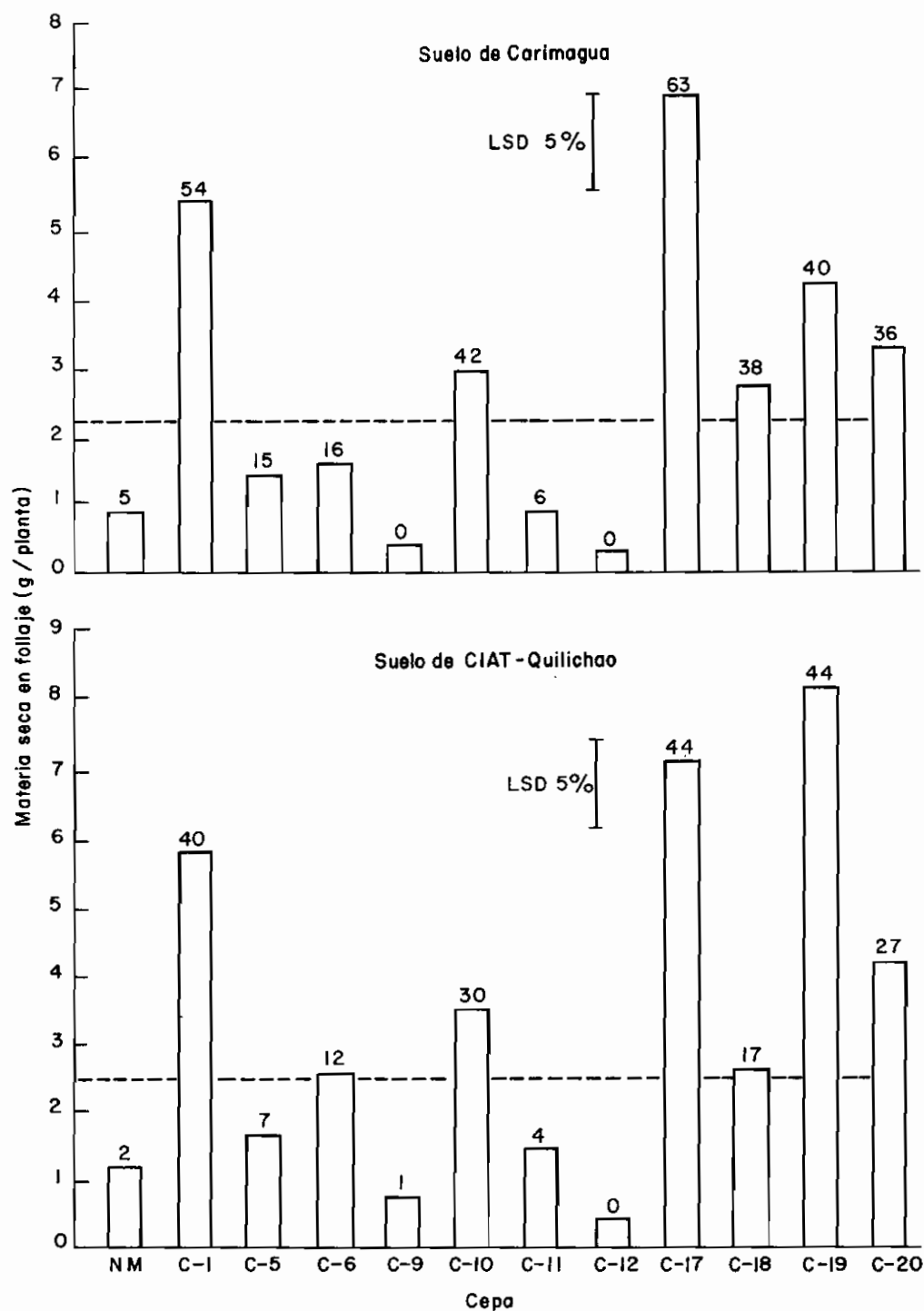


Figura 1. Peso seco de yuca (M Mex 59) no inoculada (NM) o inoculada con diferentes cepas de micorrizas (C-no) en suelos esterilizados de Carimagua y CIAT-Quilichao. Las líneas punteadas indican límites de significancia ($P = 0.05$) a las plantas no inoculadas. Los números en las partes superiores de las columnas corresponden a la absorción de P en el folioje (% de P adicionado).

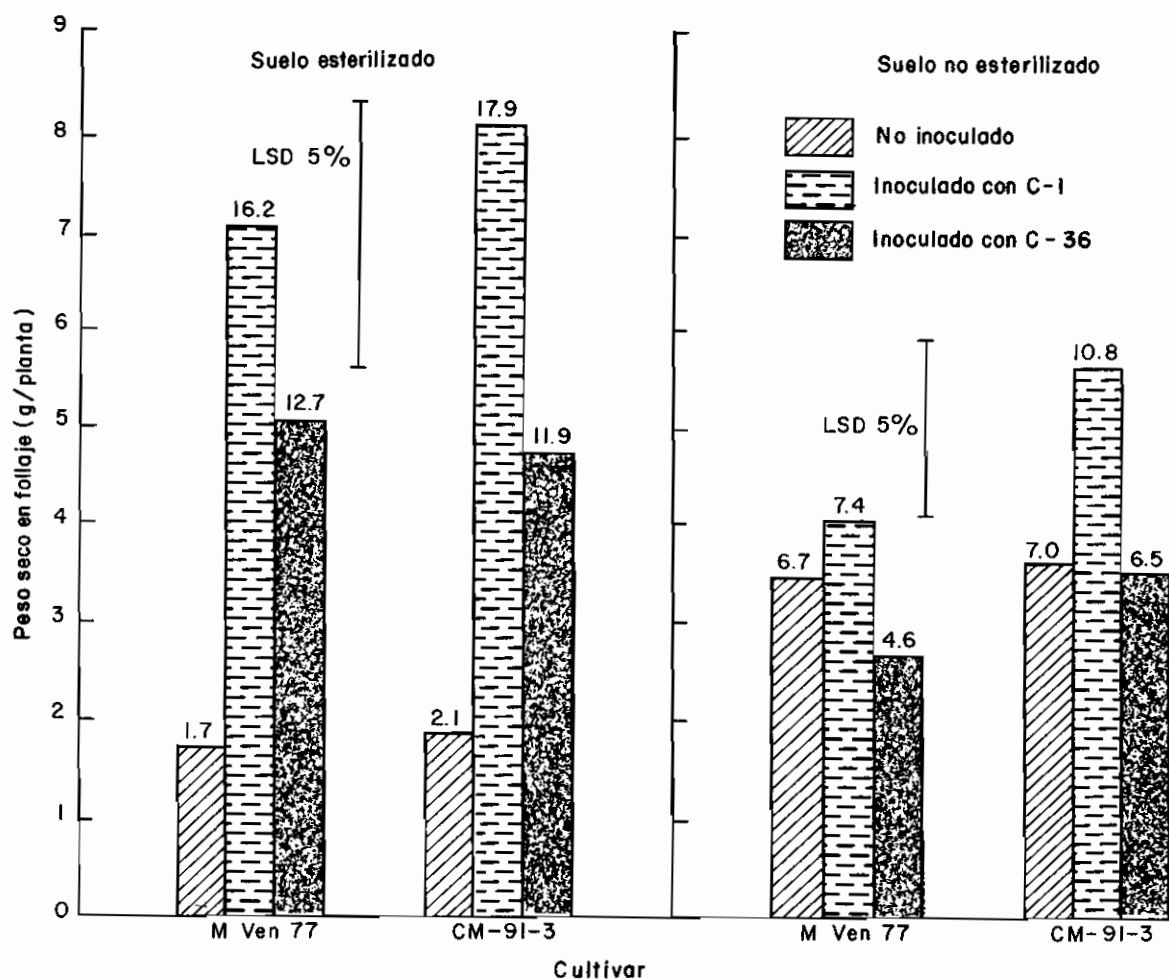


Figura 2. Producción de materia seca de yuca (M Ven 77 y línea CM 91-3) no inoculada o inoculada con las cepas de micorrizas C-1 y C-36 en suelos esterilizados y sin esterilizar de CIAT-Quilichao. Los números en la parte superior de las columnas indican la absorción de P en el follaje (g P/planta).

Fuentes de P

De interés económico para el cultivo de la yuca es la utilización de P de bajo costo y de baja solubilidad en combinación con micorrizas. Se evaluó la eficiencia de tres cepas diferentes de micorrizas para absorber P de superfosfato triple (SFT), roca fosfórica del Huila (RFH) o roca fosfórica de Pesca (RFP), en dos suelos esterilizados a los cuales se le incorporaron 0 ó 50 kg de P/ha. Para efectos de comparación, se incluyó un suelo con un alto contenido de P proveniente de CIAT-Palmira. Para el caso de la yuca sin micorrizas, no hubo una diferencia entre los suelos o niveles de aplicación de P (Cuadro 2). En el suelo de Carimagua, sin la aplicación de P, las cepas C-1 y C-2 aumentaron el crecimiento, pero solo se observó un estímulo marcado si

se adicionó P. En el suelo de Carimagua las fuentes de fertilizante fosfatado no fueron importantes para la efectividad de la cepa. Sin embargo, en el suelo de Quilichao, la cepa C-1 fue altamente efectiva solamente con SFT. La baja efectividad de las micorrizas en el suelo de Palmira probablemente se debió a la falta de adaptación de las cepas al alto nivel de P y a la alcalinidad y posiblemente al pobre crecimiento en este suelo compactado.

Cuadro 2. Efecto de las cepas de micorrizas y fuentes de P en el contenido de materia seca en follaje (g/planta) de la línea yuca CM 342-55.

Suelo ^a	Cepa ^b	Fuente de P ^c			
		No P	SFT (50 kg P/ha)	RFH (50 kg P/ha)	RFP (50 kg P/ha)
Carimagua (4.5 ppm P)	NM	0.20	0.25	0.25	0.31
	C-1	2.69	8.17	8.08	9.36
	C-10	2.17	7.89	8.22	6.97
	C-21	0.58	2.47	3.10	2.52
Quilichao (1.9 ppm P)	NM	0.31	0.27	0.35	0.28
	C-1	1.10	7.67	4.71	3.67
	C-10	0.75	7.78	6.18	4.89
	C-21	0.44	1.57	1.35	1.18
Palmira ^d (45 ppm P)	NM	0.32			
	C-1	1.73			
	C-10	0.50			
	C-21	1.46			

a. Los datos entre paréntesis indican el P extraído por Bray II antes de la fertilización.

b. NM = no micorriza; C-1 = inoculación con Glomus sp.; C-10 = inoculación con Entrophosphora sp.; C-21 = inoculación con Gigaspora margarita.

c. SFT = superfosfato triple; RFH = roca fosfórica de Huila; RFP = roca fosfórica de Pesca.

d. Sin tratamientos con P debido al alto nivel de P en el suelo.

Nivel Crítico de la Eficiencia de Micorrizas Nativas

La alta población y eficiencia de micorrizas nativas con frecuencia hacen innecesaria la inoculación de tierras agrícolas. En un experimento de invernadero se determinó un nivel crítico de esporas de micorrizas efectivas, mediante el establecimiento de varias cantidades de esporas efectivas de Glomus sp., cepa C-1 (0 a 108 esporas/100 g de suelo seco). Al transplantar estacas apicales enraizadas se inocularon además en el hueco de siembra con 1000 esporas/matero de la misma cepa de micorriza. La Figura 3 muestra claramente que la inoculación de las

plantas solamente fue efectiva cuando el suelo contenía menos de 12 esporas/100 g de suelo seco. Sin embargo, los niveles críticos pueden variar para las distintas cepas de micorrizas o cultivares de yuca y se deben determinar en estudios de compatibilidad.

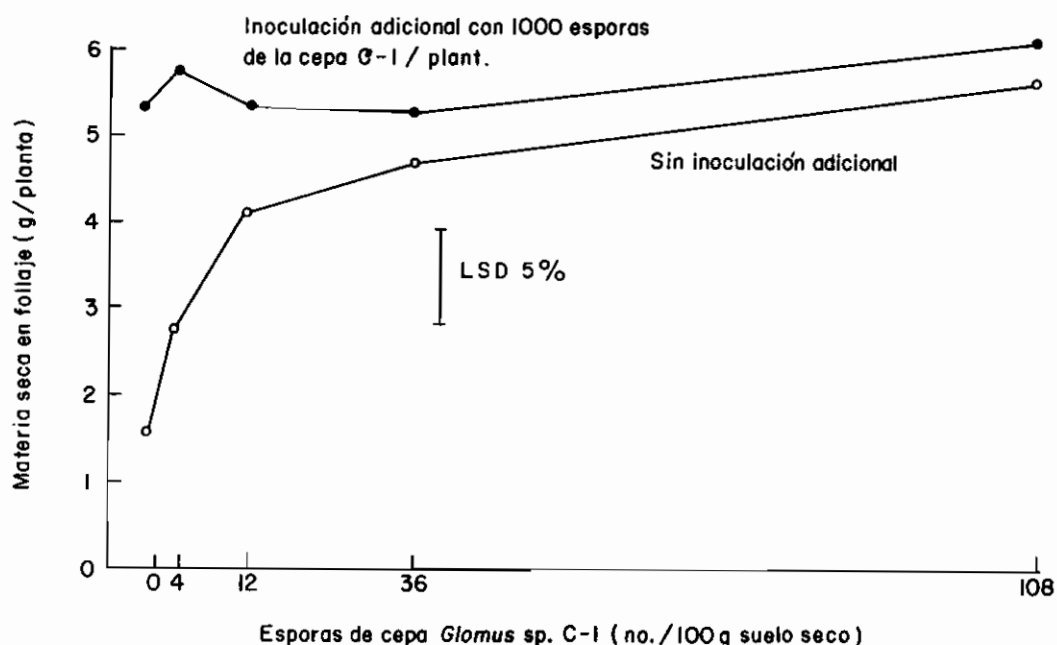


Figura 3. Efecto de la inoculación adicional con micorrizas de las cepas C-1 sobre el peso seco del follaje de yuca (M Ven 77) en un suelo esterilizado de CIAT-Quilichao, al cual previamente se la había adicionado varias concentraciones de esporas.

Evaluación de Prácticas Agrícolas

Fertilización. De un ensayo de N-P-K realizado en Carimagua se tomaron muestras de raíces de plantas de yuca (M Ven 77) de seis meses de edad para determinar el nivel de infección con hongos nativos de micorrizas. La Figura 4 muestra que las aplicaciones de N y P disminuyeron la infección, en tanto que la fertilización con K la aumentaba. La incidencia de vesículas, que son los órganos de reserva del hongo, fue favorecida por niveles más altos de P y K. Sin embargo, las observaciones en otras localidades indican que existen diferencias entre los suelos y los cultivares debido a diferencias en la composición de la población nativa de micorrizas. Por consiguiente, las recomendaciones de fertilización con N-P-K no solamente deben considerar los altos rendimientos sino también una buena infección con micorrizas.

Las aplicaciones de cal y P son benéficas para el crecimiento de la yuca en Carimagua (Informa Anual 1980). Sin embargo, las poblaciones nativas de micorrizas expresadas en términos de número de esporas/5 g de

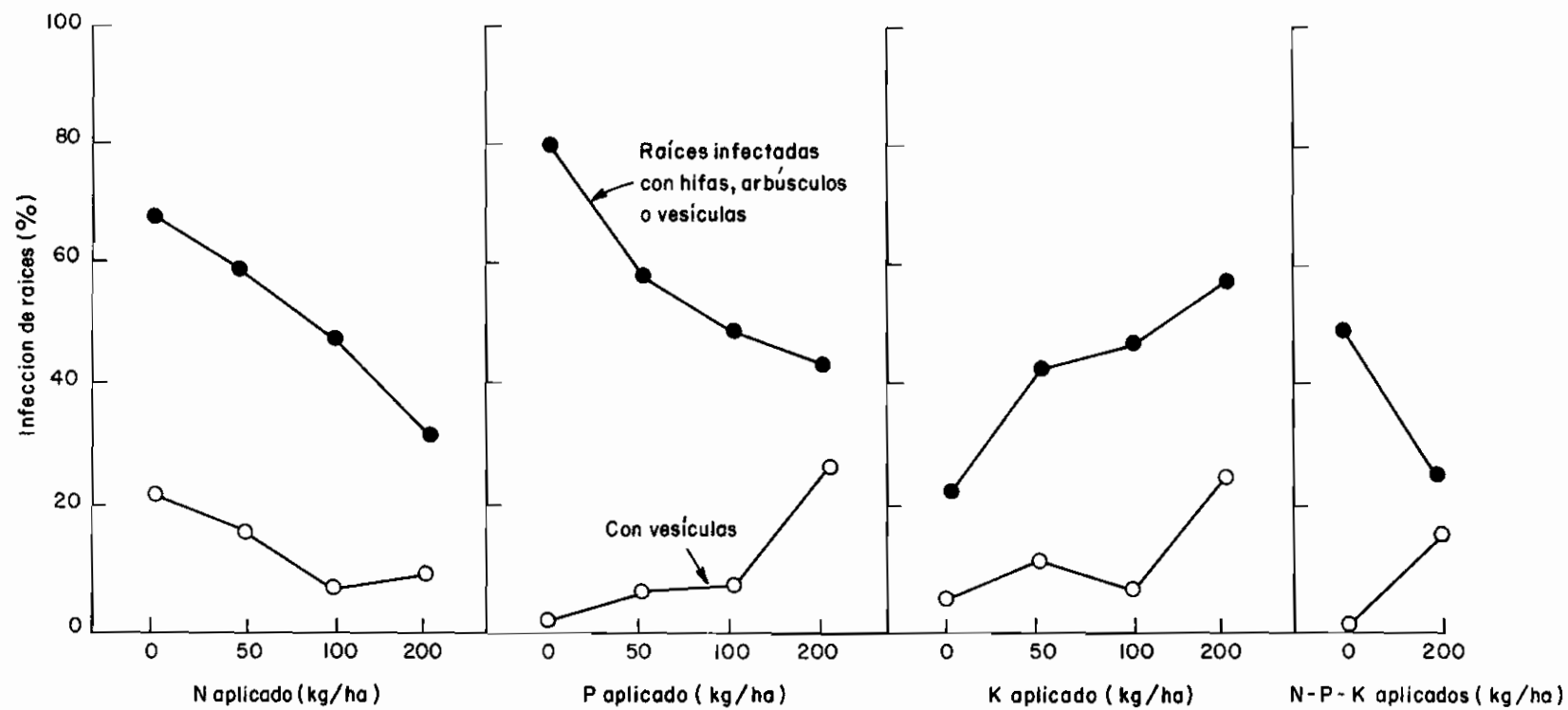


Figura 4. Infección de micorrizas nativas en raíces de yuca (M Ven 77) a diferentes niveles de N, P y K aplicados.

suelo, disminuyeron marcadamente por la fertilización con 4 t de cal/ha y la disminución fue aún más pronunciada por la aplicación de 220 kg de P/ha (Figura 5). Sin embargo, la incidencia de micorrizas en las raíces no se correlacionó bien con el número de esporas, lo cual indica que la reproducción de esporas no necesariamente depende de una alta infección de micorrizas. Aún no está clara cuál es la concentración de esporas efectivas que da un suficiente potencial de infección para el siguiente ciclo de cultivo. Por las aplicaciones repetidas de fertilizantes fosforados solubles puede haber una pérdida de ciertas cepas de micorrizas. Esto puede causar detrimentos a otras especies de cultivo o durante situaciones especiales de estrés durante el ciclo del cultivo. En este caso, podría ser necesario hacer una nueva introducción de esporas efectivas.

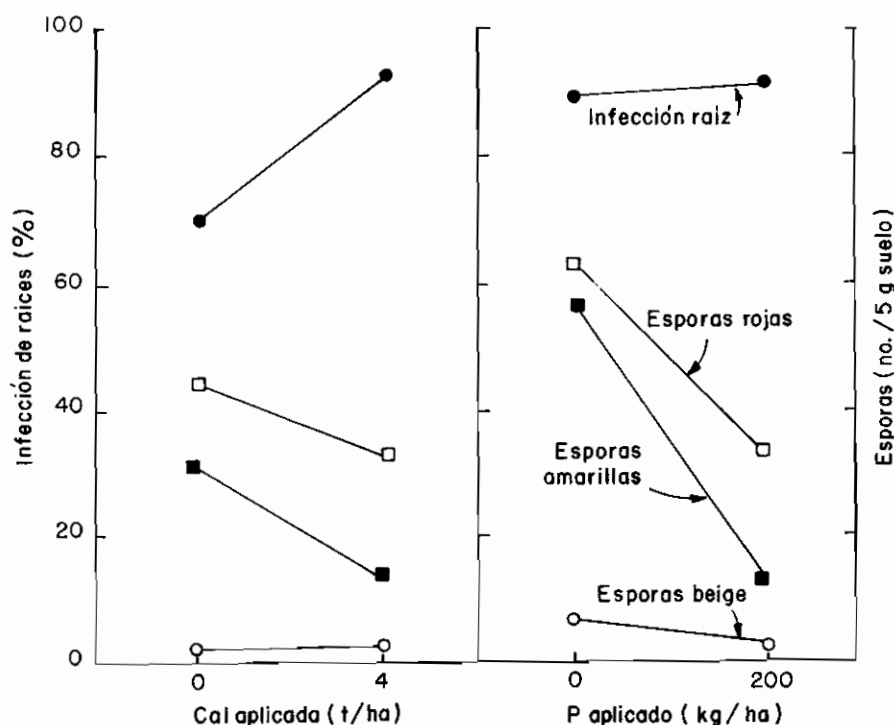


Figura 5. Efecto de la aplicación de cal y P sobre la asociación de micorrizas nativas con raíces de yuca (M Pan 12-B) y número de esporas en el suelo.

Pesticidas. Se adelantó un ensayo de invernadero para evaluar el efecto de varios tratamientos de las estacas en el desarrollo de las cepas de micorrizas C-1 (*Glomus* sp.) en plantas de yuca (M Col 113) inoculadas y cultivadas en un suelo esterilizado. La longitud de las raíces infectadas con micorrizas fue afectada negativamente por todos los tratamientos (Figura 6). Los tratamientos de las estacas también ejercieron un efecto negativo en la reproducción de esporas durante los

primeros 60 días de crecimiento, especialmente cuando los fungicidas se combinaron con insecticidas. Sin embargo, después de dos meses, se puso de manifiesto un aumento en la producción de esporas en casi todos los tratamientos de estacas con mezclas de fungicidas e insecticidas, incluyendo sulfato de zinc (Figura 7). Esto se puede deber a la descomposición de los pesticidas después de dos meses, en condiciones de invernadero en este suelo. Se sugiere continuar las investigaciones con otras cepas de micorrizas y en otras condiciones edáficas o climáticas. Actualmente, se está determinando el efecto de los tratamientos de las estacas en el desarrollo de micorrizas en condiciones naturales.

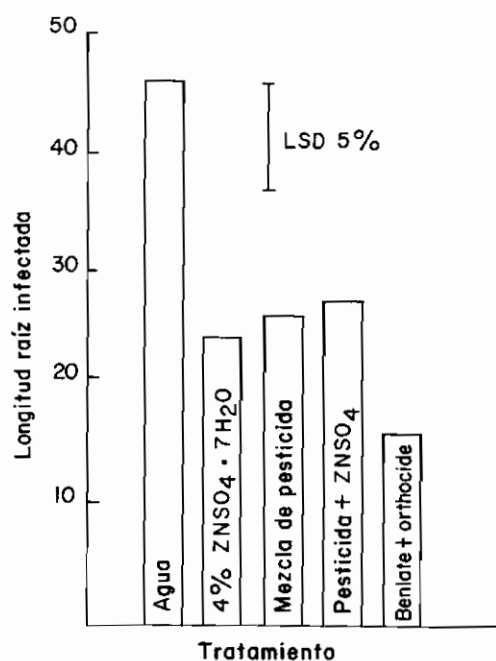


Figura 6. Efecto del tratamiento de las estacas sobre la longitud de raíces infectadas de yuca (M Col 113) inoculadas con *Glomus* sp. (cepa C-1) después de 78 días de crecimiento. Mezcla de pesticida = dithane + manzate + vitigran + malathion.

En algunos casos la tecnología de producción de yuca recomienda el control de malezas con herbicidas (Informe Anual 1980). En un ensayo en materos con suelo esterilizado se evaluó el efecto de los herbicidas preemergentes diuron/alachlor, oxifluorfen, oxadiazon y trifluralina en el desarrollo de la cepa de micorriza C-1. Todos los herbicidas se aplicaron a la superficie después de la siembra de estacas de 20 cm, excepto la trifluralina, la cual se incorporó en los primeros 5-8 cm del suelo antes de la siembra. El inóculo de micorrizas (40 g de una mezcla de suelo/raíces con 1800 esporas) se colocó en los huecos de siembra de las estacas. Al momento de la cosecha después de 77 días de crecimiento, no se encontraron diferencias en el crecimiento de la parte

aérea entre los tratamientos, pero el oxifluorfen (0.75 kg i.a./ha) y oxadiazon (0.75 kg de i.a./ha) inhibieron la infección de las raíces significativamente más que el suelo no tratado (Figura 8). La producción de esporas durante los primeros dos meses de crecimiento fue casi totalmente inhibida por la aplicación de la mezcla diuron/alachlor (0.8 kg i.a./ha y 1 kg i.a./ha, respectivamente) como también por el oxadiazon; a los 77 días, el único herbicida que no tuvo un efecto negativo en la reproducción de esporas fue la trifluralina (1.5 kg i.a./ha) (Figura 9). Continuarán los ensayos de observación de la influencia de los herbicidas en la población de micorrizas nativas en condiciones de campo.

Algunos pesticidas en concentraciones relativamente altas pueden afectar el desarrollo de micorrizas. Sin embargo, pueden existir diferencias entre cepas de esporas y grandes diferencias debido a condiciones edáficas y climáticas. Si el objetivo es introducir nuevas cepas de micorrizas en un campo, el uso de pesticidas puede afectar la habilidad de aquellas para competir con las micorrizas nativas.

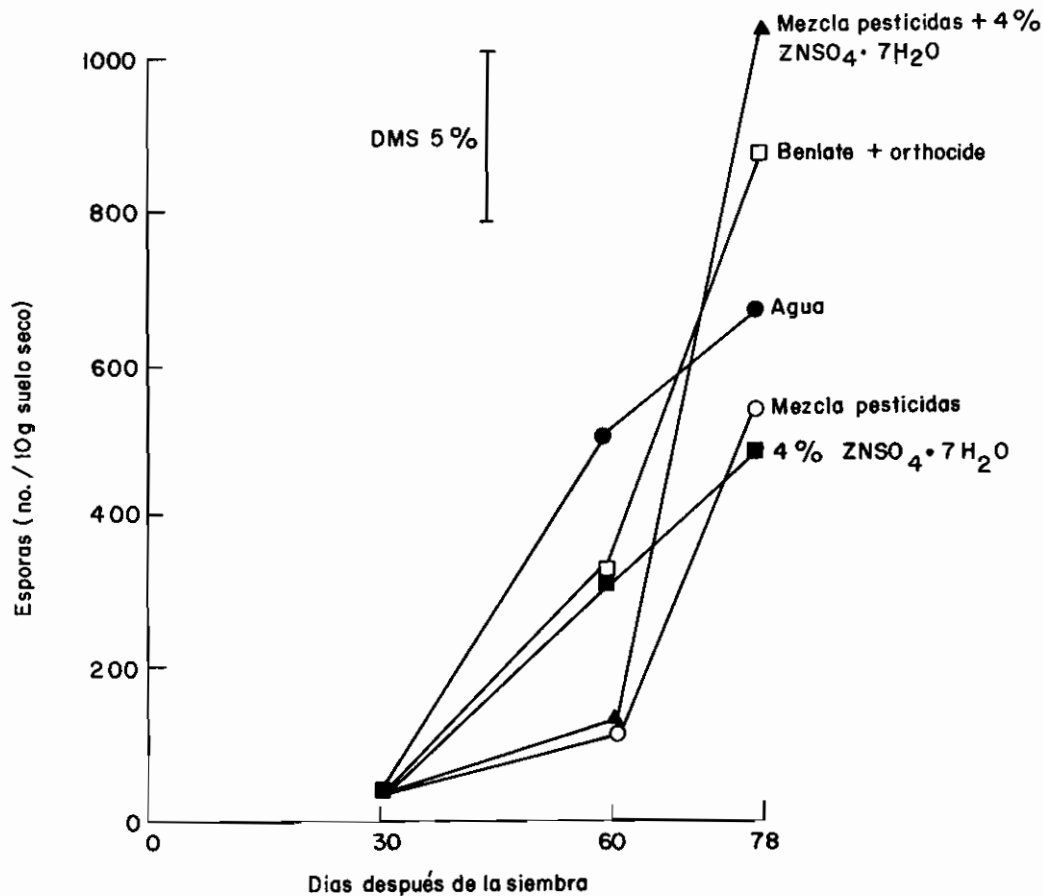


Figura 7.

Producción de esporas de micorrizas de *Glomus* sp. (cepa C-1) en yuca (M Col 113). Las estacas de yuca fueron tratadas con la fórmula indicada en la Figura 6.

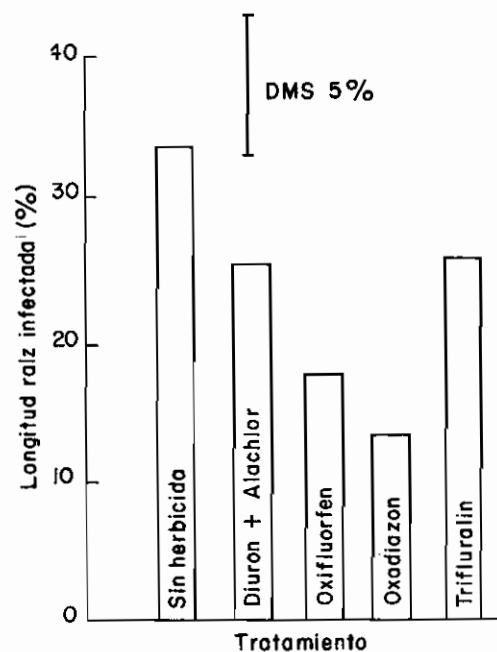


Figura 8. Efecto de los herbicidas sobre la longitud de raíces infectadas de yuca (M Col 113) inoculadas con Glomus sp. (cepa C-1) después de 77 días de crecimiento.

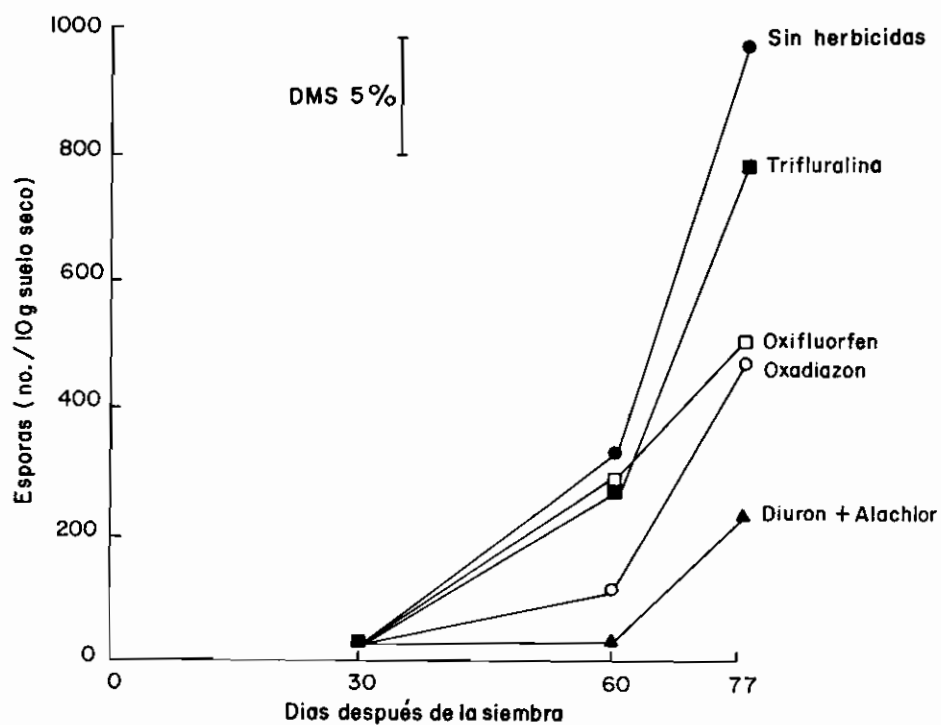


Figura 9. Efecto de los herbicidas sobre la producción de esporas de micorrizas de Glomus sp. (cepa C-1) con yuca (M Col 113).

Entomología

Los estudios recientes en entomología de yuca hacen énfasis en evaluaciones de las pérdidas en la producción de raíces y material de siembra causadas por los complejos de plagas. Continuaron los estudios sobre el control biológico de piojos harinosos, ácaros y chinches de encaje. Se iniciaron estudios biológicos básicos sobre los chinches de encaje, barrenadores del tallo y de Cyrtomenus bergi, de la familia Cydnidae, que daña las raíces. Continuaron los estudios sobre preferencia de oviposición del gusano cachón de la yuca. Se estimaron las pérdidas en rendimiento de raíces y producción de material de siembra por moscas blancas, barrenadores del tallo, mosca del cogollo, el gusano cachón de la yuca y complejos de plagas. En colaboración con la sección de utilización del Programa de Yuca del CIAT se iniciaron estudios sobre las plagas que dañan la yuca seca en almacenamiento.

Barrenadores del Tallo (Lagochirus sp.)

En varios países de América se ha encontrado que los barrenadores del género Lagochirus (Coleoptera: Cerambycidae) atacan la yuca. En el CIAT se han identificado dos especies: Lagochirus rogersi Bates y Lagochirus araneiformis L. Las poblaciones de esta última especie han aumentado en los últimos años. También se le ha encontrado atacando Jatropha sp., una euforbiacea arborea ornamental. El barrenador daña principalmente los tallos de plantas más viejas, pero también se ha observado en raíces y trozos de tallo de yuca dejados en el campo después de la cosecha. Los barrenadores también atacan material de siembra almacenado en el campo. Este modo de ataque resulta en la pérdida de material de siembra como también en la muerte de plantas jóvenes provenientes de material de siembra infestado.

La hembra oviposita el huevo por debajo de la corteza o en las yemas laterales. Los huevos tienen una dimensión de 2.5 x 0.7 mm y son de color blanco a crema. El estado de huevo dura entre cinco y seis días. La larva comienza a alimentarse por debajo de la corteza y penetra el tallo hacia la región de la médula. El estado de pupa se desarrolla dentro del tallo. El período larval y pupal oscila entre 50 y 60 días. Los adultos pueden variar en tamaño debido al alimento disponible (las larvas que se han encontrado atacando estacas de 20 cm presentan un suministro limitado de alimento y generalmente son más pequeñas); el tamaño longitudinal promedio fue de 1.5 cm (rango de 1.1 a 2.3 cm).

En un estudio preliminar se dejaron 80 estacas de la variedad CMC-40 en el campo durante ocho días, lo cual resultó en un 80% de estacas infestadas con Lagochirus. Los estudios iniciales muestran que las estacas tratadas con Aldrex no presentan ataque por este barrenador.

El barrenador lepidóptero Chilomima clarkei ataca a la yuca en varias regiones de Colombia y Venezuela. Su ciclo de vida y modo de

ataque se describieron en el Informe Anual del CIAT de 1980. Se continuaron los estudios para determinar la relación existente entre el daño por el barrenador y las pérdidas en rendimiento de raíces y producción de material de siembra. El daño por los barrenadores se manifiesta por las galerías que hace dentro del tallo, las cuales resultan, con frecuencia, en tallos rotos.

En un ensayo realizado en Carimagua se infestaron artificialmente plantas de yuca (CMC-40) con larvas del barrenador entre los cuatro y nueve meses de su ciclo de crecimiento. Las plantas se agruparon según el nivel de daño medido según el número de perforaciones por planta y el número de tallos rotos (Cuadro 1). No se observó reducción en el rendimiento de raíces entre el testigo (sin daño) y las plantas moderadamente dañadas (8-12 perforaciones por planta); sin embargo, hubo una reducción significativa en el rendimiento de raíces cuando los niveles de daño alcanzaron 16 a 20 perforaciones por planta o cuando los tallos se rompieron a los cinco meses. También hubo diferencias significativas entre los tratamientos en lo relacionado con el peso del follaje, número de raíces por planta y porcentaje de raíces comerciales, contenido de almidón y producción de material de siembra.

Al agrupar los datos según el porcentaje de tallos rotos, resultaron diferencias significativas en rendimiento y en producción de estacas cuando el nivel de daño excedió al 35% de tallos rotos (Cuadro 2). También hubo diferencias significativas en el número de raíces comerciales, número de estacas y peso del follaje. Estos resultados indican que la yuca puede tolerar un daño considerable por barrenadores sin que ocurra reducción en rendimiento y que la reducción en rendimiento depende más del número de tallos rotos que del número de perforaciones hechas por el barrenador.

En un segundo ensayo se compararon distintas variedades de yuca durante un ataque natural de barrenadores para evaluar las pérdidas en material de siembra. Las variedades Llanera y M Ven 77, ambas nativas del ecosistema, presentaron el mayor número de perforaciones por planta pero el porcentaje más bajo de tallos rotos (Cuadro 3). M Ven 77 también produjo un número significativamente mayor de estacas sanas por planta. Estos resultados señalan la tolerancia de M Ven 77 al ataque del barrenador puesto que el potencial de rendimiento se relaciona con la habilidad de la planta para resistir el rompimiento de los tallos debido al ataque por el barrenador.

Moscas del Cogollo

La mosca del cogollo, Silba pendula, se ha descrito como una plaga de la yuca en muchas regiones productoras de yuca en América. Se desarrolló un método para simular el daño por moscas del cogollo matando las yemas terminales. Se iniciaron estudios para determinar el efecto de este daño en el rompimiento de raíces y en la producción de material de siembra.

Cuadro 1. Influencia de tres niveles de ataques del barrenador Chilomima clarkei en los rendimientos y la producción de material de siembra de yuca (CMC-40) en Carimagua.^a

Tratamiento ^b	Peso del follaje (kg/planta)	Raíces (no./planta)	Peso de raíces (kg/planta)	Raíces comerciales (%)	Contenido almidón (%)	Tallos		Estacas	
						Total (no./planta)	Partidos (%)	no./planta	no. sanas
1	1.4 ab	7.2 a	1.1 a	29.8 a	28.2 a	2.1 a	36.5 b	5.2 b	1.8 b
2	0.9 bc	6.2 b	0.7 b	21.0 b	25.4 b	2.3 a	66.4 c	3.5 c	0.8 bc
3	0.7 c	6.1 b	0.7 b	17.2 b	25.0 b	2.0 a	100.0 d	0.3 d	0.2 c
4	1.9 a	8.3 a	1.2 a	33.3 a	29.4 a	2.4 a	4.0 a	7.1 a	6.4 a

a. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

b. Tratamiento: 1 = 8-12 perforaciones por planta e infestadas con tres larvas por planta a los 4, 5, 7 y 9 meses.
 2 = 16-20 perforaciones por planta e infestadas con cinco larvas por planta como en el caso anterior.
 3 = daño simulado, infestado con larvas a los cuatro meses y tallos partidos a propósito a los cinco meses.
 4 = plantas testigo, sin infestación artificial o daño.

Cuadro 2. Análisis de la cosecha de plantas de yuca (CMC-40) atacadas por Chilomima clarkei, agrupadas según el porcentaje de tallos rotos.^a

Tallos partidos (%)	Peso del follaje (kg/planta)	Raíces (no./planta)	Peso de raíces (kg/planta)	Raíces comerciales (no./planta)	Estacas (no./planta)
0	1.8 a	7.7 a	1.3 a	2.6 a	6.8 a
35	1.6 b	7.8 a	1.3 a	2.6 a	6.7 a
35 65	1.0 c	6.4 a	0.7 b	1.4 b	3.5 b
65	0.7 d	6.3 a	0.7 b	1.3 b	1.3 c

a. Los valores dentro de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

72

Cuadro 3. Influencia de un ataque natural del barrenador del tallo Chilomima clarkei en la producción de material de siembra de seis variedades de yuca^a.

Variedad	Tallos (no./planta)	Perforaciones (no./planta)	Tallos rotos (%)	Estacas (no./planta)		Sin ataque (no. de estacas/planta)
				Total	Sanas	
CMC-40	2.0 a	4.9 bc	76.2 a	2.9 c	1.2 c	6.8 b
HMC 2	1.7 bc	4.6 cd	66.5 a	3.4 bc	1.8 b	5.3 c
Llanera	1.5 d	5.5 b	31.7 d	3.8 b	1.8 b	4.6 d
M Col 638	1.6 cd	3.8 de	54.1 b	3.5 bc	1.9 b	5.2 c
M Col 1684	1.8 ab	3.5 e	48.2 bc	2.2 d	1.2 c	4.2 d
M Ven 77	1.9 ab	7.1 a	38.6 cd	6.5 a	3.5 a	8.4 a

a. Los valores dentro de una misma columna seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

En el primer experimento el ataque de moscas del cogollo se simuló mediante la eliminación continuada del 100% de las yemas terminales, comenzando a partir del mes 1, 2, 3, 4 y 5 del ciclo de cultivo, continuando hasta el quinto mes, lo cual resultó en una serie de ataques de 5 a 1 mes de duración. En el segundo experimento, el ataque simulado solamente ocurrió una vez durante el ciclo de crecimiento ya sea en el mes 1, 2, 3, 4, ó 5.

Los resultados del primer ensayo muestran que la mayor reducción en la producción de material de siembra seleccionado ocurrió cuando el ataque de moscas se presentó durante los primeros dos meses del ciclo de crecimiento (Cuadro 4). Los resultados del segundo ensayo apoyan esta evidencia. Una reducción significativa del material de siembra seleccionado coincidió con el ataque de mosca durante los primeros tres meses del ciclo de crecimiento (Cuadro 5). El ataque de moscas durante estos meses condujo a una ramificación excesiva, lo cual resultó en una producción considerable de estacas delgadas, que no son aceptables como material de siembra. El ataque continuado por las moscas (Experimento 1) resultó en una menor producción de estacas, como también en un menor porcentaje de estacas aceptables, que un solo ataque (Experimento 2).

No hubo reducción en rendimiento en ninguno de los ensayos cuando las parcelas dañadas se compararon con las testigo sin daño (Cuadros 4 y 5). Además, no se observó una pérdida significativa en el contenido de almidón entre los tratamientos en ninguno de los ensayos.

Estos resultados indican que el ataque por mosca del cogollo pueden reducir la producción de material de siembra cuando el ataque ocurre durante los primeros dos a tres meses del ciclo de crecimiento. Aparentemente, el ataque por moscas del cogollo no causa reducción en el rendimiento de raíces.

Complejos de Plagas

La información reunida en el ensayo de entomología de yuca en ecosistemas indica que cada ecosistema tiene su propio complejo de insectos que atacan al cultivo de yuca. Hay varias plagas que pueden aparecer en distintos ecosistemas; sin embargo, sus niveles de población e intensidades de ataque pueden variar de un ecosistema a otro. Se han iniciado estudios para medir el efecto de estos complejos de plagas en el rendimiento de raíces de yuca y en la producción de material de siembra.

En CIAT se montó un ensayo con las variedades CMC-40 y M Col 113, ambas de crecimiento vigoroso y de buena producción en condiciones del CIAT. Treinta y seis parcelas de plantas individuales de cada variedad se trataron cada 15 días con Sistemín y cuatro parcelas de cada variedad se dejaron sin tratamiento.

Cuadro 4. Influencia del daño continuo simulado producido por un ataque de Silba pendula en el rendimiento de raíces y la producción de material de siembra de yuca (M Col 22).^a

Tratamiento ^b	Meses del ataque ^c	Rendimiento de raíces (kg/ha)	Contenido de almidón en raíces (%)	Producción de material de siembra por planta		
				Total	No. seleccionado	(%) seleccionado
Testigo	0	29.7 a	31.1 a	11.4	4.5	39.5 a
1	1 a 5	27.1 a	31.9 a	15.2	2.2	14.5 b
2	2 a 5	28.2 a	30.8 a	13.6	2.1	15.4 b
3	3 a 5	31.8 a	31.9 a	12.2	4.2	34.4 a
4	4 a 5	27.5 a	31.9 a	11.6	4.3	37.1 a
5	5 solamente	31.1 a	31.2 a	15.3	6.1	39.9 a
Total (promedio)		29.2	31.5	13.2	3.9	30.1

a. Los valores dentro de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

b. Se refiere a los meses de ataque.

c. Daño simulado al eliminar el 100% de las yemas terminales cada mes desde el primer mes hasta el quinto mes (tratamiento 1), del segundo mes hasta el quinto (tratamiento 2), etc.

Cuadro 5. Influencia de un daño simulado causado por *Silba pendula* durante un ataque de un mes en el rendimiento de raíces y producción de material de siembra de yuca (M Col 22).^a

Tratamiento ^b	Meses del ataque ^c	Rendimiento de raíces (kg/ha)	Contenido de almidón en raíces (%)	Producción de material de siembra por planta		
				Total	No. seleccionado	(%) seleccionado
Testigo	0	29.5 a	33.9	12.6	6.6	52.4
1	Primero	27.0 a	31.5	18.9	3.9	20.6
2	Segundo	26.0 a	32.9	11.4	1.9	16.7
3	Tercero	26.9 a	33.6	8.8	3.4	38.6
4	Cuarto	27.4 a	33.7	8.8	5.0	56.8
5	Quinto	26.6 a	33.7	9.2	5.9	64.1
Total (promedio)		27.2	33.2	11.6	4.5	41.5

a. Los valores dentro de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

b. Se refiere a un mes de ataque.

c. Daño simulado al eliminar el 100% de las yemas terminales durante un mes del ciclo de crecimiento de la planta.

El complejo de insectos que atacó las parcelas durante su ciclo de 10 meses incluyó trips (Frankliniella williamsii), tres especies de ácaros (Mononychellus tanajoa, Oligonychus peruvianus y Tetranychus urticae), el chinche de encaje (Vatiga manihotae), moscas blancas (Aleurotrachelus socialis) y piojos harinosos (Phenacoccus herreni). Debido a las condiciones ambientales favorables, principalmente la precipitación, las poblaciones de las plagas no aumentaron a niveles severos. El nivel de daño por los trips en CMC-40, una variedad susceptible, no fue superior a 3. Del complejo mencionado anteriormente, las principales plagas observadas fueron M. tanajoa y O. peruvianus (Figuras 1 y 2). Las poblaciones de trips fueron mayores en CMC-40 que en M Col 113, una variedad resistente a los trips, en tanto que las poblaciones de ácaros fueron mayores en M Col 113.

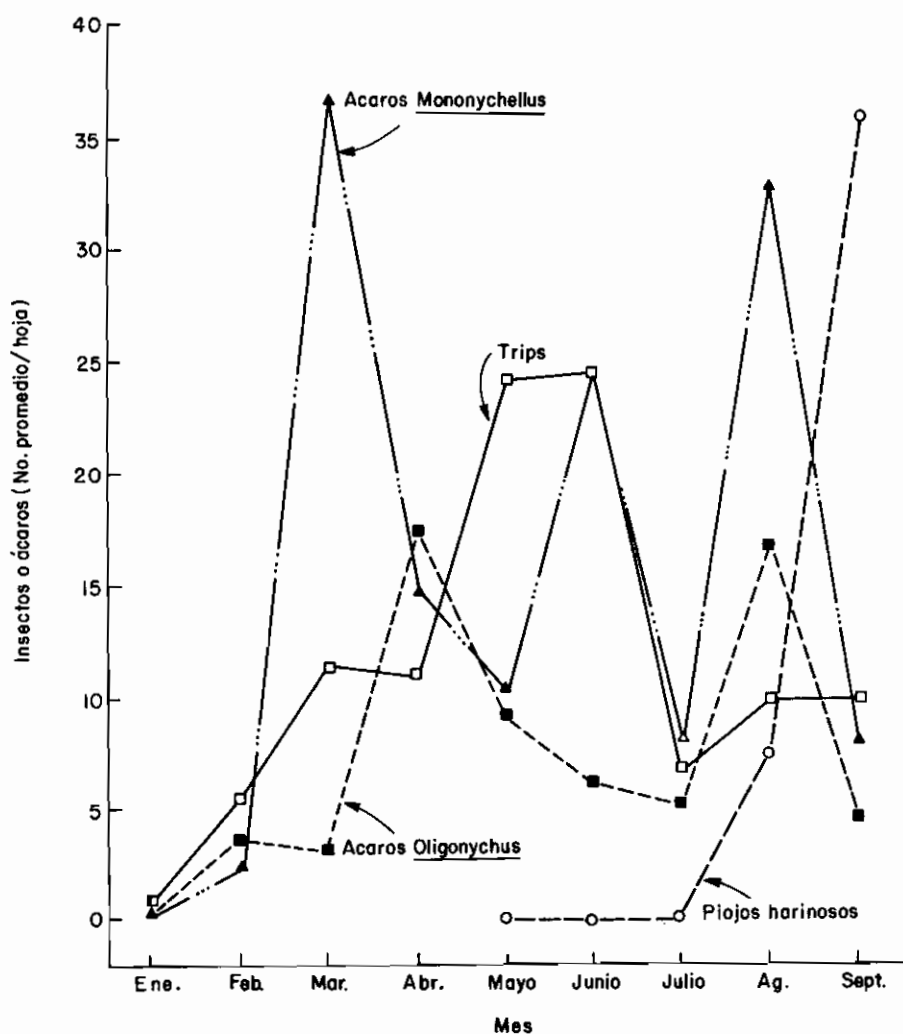


Figura 1. Fluctuación de la población de insectos y ácaros que atacaron la yuca (CMC-40) en el CIAT cuando no se hizo control con pesticidas.

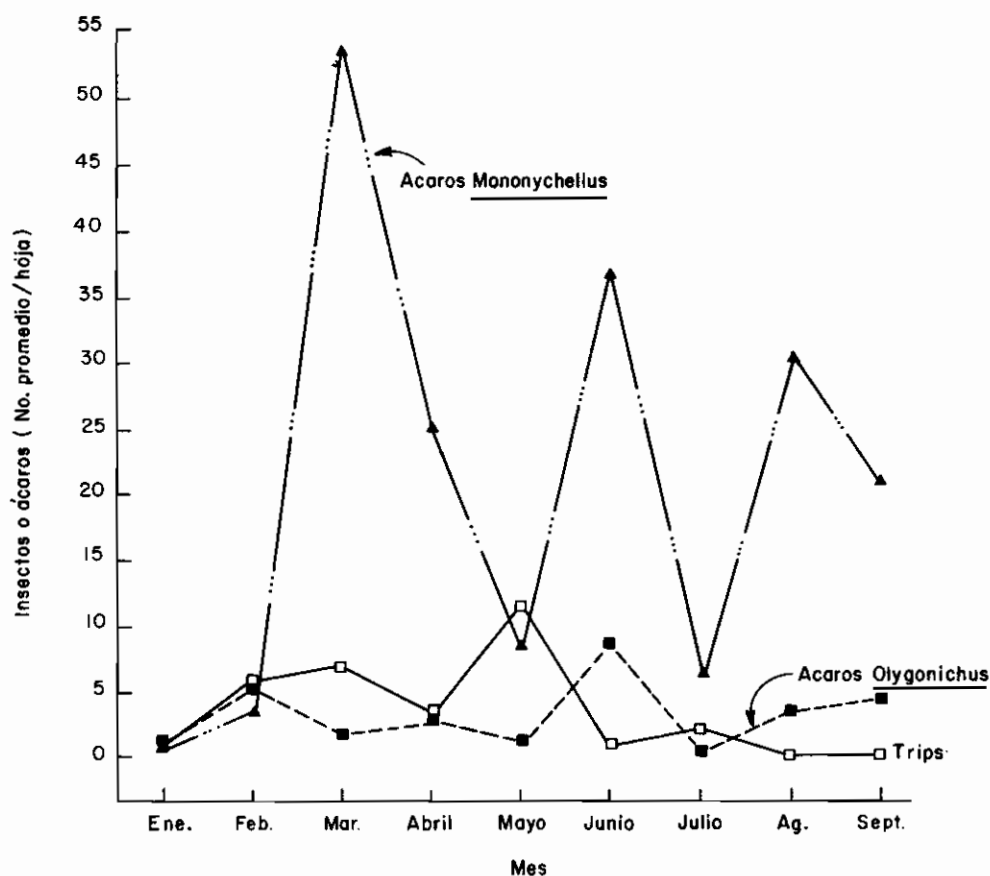


Figura 2. Fluctuación de la población de insectos y ácaros que atacaron la yuca (M Col 113) en el CIAT cuando no se hizo control con pesticidas.

No hubo una reducción significativa en rendimiento entre las parcelas tratadas y no tratadas de ambas variedades (Cuadro 6). Esto indica que, o las poblaciones de plagas no fueron suficientemente altas para causar una reducción significativa en rendimiento o que ambas variedades presentan alguna resistencia al complejo de plagas. Se observó una ligera pérdida en la producción de material de siembra de CMC-40 pero no en M Col 113.

Cydnidae

Las ninfas y adultos de *Cyrtomenus bergi* Froechner se alimentan de las raíces engrosadas de yuca, reduciendo su valor comercial (Informe Anual 1980). Las observaciones de laboratorio muestran que las manchas cafés a negras inducidas por *C. bergi* al alimentarse comienzan a aparecer a las 12-24 horas después de haberse iniciado la alimentación.

Cuadro 6. Efecto del complejo de plagas de la yuca en el CIAT en el rendimiento de raíces y producción de material de siembra de dos variedades de yuca.

Variedad	Tratamiento ^a	Rendimiento de raíces		Producción de material de siembra	
		Total (t/ha)	Diferencia en rendimiento (%)	Estacas seleccionadas (%)	Diferencia en producción de estacas (%)
CMC-40	Con pesticida	18.1	5.0	72.7	6.7
CMC-40	Sin pesticida	17.4		66.0	
M Col 113	Con pesticida	17.4	4.6	41.3	0.0
M Col 113	Sin pesticida	16.6		41.4	

a. Tratadas cada 15 días con Sistemín a razón de 2 cc i.a./litro de agua.

Se realizaron estudios utilizando suelos esterilizados y raíces de yuca esterilizadas vs. suelo y raíces no esterilizadas para determinar si los patógenos causantes de las manchas radicales estaban presentes en el suelo o en los estiletes. Se hicieron observaciones cada 24 horas cuando las raíces viejas se reemplazaron por raíces frescas. Después de 16 días de alimentación continua, C. bergi habitando en suelo y raíces estériles causó el mismo porcentaje de heridas que contenían patógenos que los especímenes habitando medios no esterilizados (89.0 vs. 81.7%, respectivamente). Esto indica que los patógenos presentes en el tejido herido pueden estar contenidos dentro del tracto digestivo de los insectos. El tamaño del tejido herido infestado por patógenos fue mayor en el medio sin esterilizar que en el medio esterilizado (6.52 mm^2 de superficie x 4.74 mm^2 de área vertical en comparación con 5.23 mm^2 x 4.51 mm^2 , respectivamente), lo cual indica que la concentración de patógenos puede haber sido mayor en insectos habitando el medio no estéril.

Se realizaron estudios en el laboratorio con raíces de yuca (CMC-40) sobre la duración y las dimensiones de los estados del insecto. El huevo es translúcido, de color crema y forma oval, con una superficie suave y brillante. El período de incubación dura en promedio 13.6 días. El estado de ninfa presenta cinco instares con una duración promedio total de 111.15 días (Cuadro 7). El primer par de patas son del tipo excavador con la presencia de espinas en la tibia, lo cual le facilita el movimiento en el suelo. Los adultos recién emergidos son de color crema y cambian gradualmente a su color característico marrón oscuro o negro. Aún falta determinar la duración del estado adulto; sin embargo, los adultos han sobrevivido en el laboratorio por más de 235 días. Por consiguiente, el ciclo de vida resultante es de más de un año, durante el cual C. bergi puede sobrevivir alimentándose solamente de raíces de yuca. Esto indica que esta plaga puede mantener y aumentar su población en campos de yuca sin la necesidad de un hospedante alternante. La

rotación de la yuca con una especie no hospedante puede ser una práctica importante en regiones con alta infestación de esta plaga. Algunos hospedantes adicionales registrados incluyen maní, cebolla, pastos, papa, café y maíz.

Chinches de Encaje

Los chinches de encaje, Vatiga manihotae y V. illudens, se han encontrado en varios países de América alimentándose en yuca. El ataque por estos chinches se manifiesta principalmente durante la estación seca cuando las poblaciones altas pueden causar defoliación considerable a las plantaciones de yuca. En condiciones de laboratorio y de campo en el CIAT se adelantaron estudios sobre el ciclo de vida de esta plaga y sobre sus enemigos naturales.

Los huevos son translúcidos y de forma ovoide. El período de incubación dura en promedio 12.6 días. Presenta cinco instares ninfales, con una duración total promedio de 17.3 días (Cuadro 8).

Cuadro 7. Dimensiones y duración de las etapas del ciclo de vida de Cyrtomenus bergi alimentándose en raíces de yuca (CMC-40) en condiciones de laboratorio (22°C y 56% de humedad relativa).

Estado	No. de observaciones	Dimensiones promedio (mm)		Duración (días)		Desviación estándar
		Longitud	Anchura	Rango	Promedio	
<u>Huevo</u>	89	1.35	0.92	11-18	13.60	1.79
<u>Ninfa</u>						
Instar						
I	85	1.70	1.18	12-18	13.76	1.31
II	86	2.76	1.64	15-22	17.80	1.83
III	75	3.45	2.13	19-26	21.09	1.73
IV	98	4.60	2.92	19-30	24.95	2.20
V	103	6.15	3.88	26-38	33.55	2.61
Total				91-134	111.15	
<u>Adulto</u>						
Hembra		7.30	4.44	182+		
Macho		7.00	4.06	182+		

Cuadro 8. Duración y dimensiones de los estados del ciclo de Vatiga manihotae alimentándose en hojas de yuca (CMC-40) en condiciones de campo.

Estado	No. de observaciones	Duración días		Dimensiones (longitudes mm)	
		Rango	Promedio	Rango	Promedio
<u>Huevo</u> (incubación)	30	8-15	12.6	0.3 -0.5	0.4
<u>Ninfa</u>					
Instar					
I	30	2-7	2.9	0.51-0.62	0.55
II	30	2-5	3.1	0.81-0.93	0.89
III	30	2-5	3.5	1.11-1.17	1.12
IV	30	2-6	2.9	1.52-1.92	1.62
V	30	2-11	4.9	2.20-2.40	2.30
Total			17.3		
<u>Adulto</u>					
Macho	30	24-56	38.9	3.15-3.20	3.19
Hembra	30	27-60	42.3	3.04-3.10	3.05

Aunque las ninfas son móviles, tienden a mantenerse en un área confinada para alimentarse. Los adultos recién transformados son casi de color blanco y cambian gradualmente a su color cenizo normal. Los adultos machos y hembras duran en promedio 38.9 y 42.3 días, respectivamente. El ciclo de vida completo es de 68.8 días para los machos y 72.2 para las hembras.

La especie Zelus nугax Stal. (Reduviidae), se ha identificado como depredador principal de V. manihotae. En condiciones de laboratorio se estudió su ciclo de vida y su capacidad de depredación en V. manihotae, como también en hospedantes adicionales. El estado de huevo dura en promedio 14.6 días; los huevos son de color marrón oscuro y de forma cilíndrica. Presenta cinco estados ninfales con una duración total promedio de 56.8 días (Cuadro 9). Los machos adultos sobreviven durante un promedio de 36 días y las hembras, 49 días. Las hembras ovipositan 5 a 6 masas de huevos; cada masa contiene aproximadamente 31 huevos.

Z. nугax es un depredador voraz tanto de ninfas como de adultos del chinche del encaje. Puede depredar chinches durante la totalidad de su ciclo de vida, comenzando desde el primer instar ninfal. Los resultados de experimentos de laboratorio indican que las ninfas de Zelus prefieren alimentarse de chinches adultos (191 adultos vs. 133.9 ninfas). Los cinco instares ninfales de Z. nугax consumieron en promedio 324.9 ninfas

y adultos de chinche (Cuadro 10); la capacidad combinada de ninfas y adultos de Z. nugax fue 536 chinches consumidos. Estos resultados indican que Z. nugax es un depredador valioso de V. manihotae. Como es un depredador general y se ha observado depredando en otras especies de insectos, debe presentar una capacidad excelente de supervivencia en los campos aun en condiciones de bajas poblaciones de chinche.

Cuadro 9. Duración y dimensiones de los estados del ciclo de Zelus nugax, un depredador de Vatiga manihotae, en condiciones de laboratorio (22°C y 67% de humedad relativa).

Estado	No. de observaciones	Duración días		Dimensiones (longitudes mm)	
		Rango	Promedio	Rango	Promedio
<u>Huevo</u> (incubación)	30	11-17	14.6	1.28-1.44	1.42
<u>Ninfa</u>					
Instar					
I	30	4-12	10.7	1.45-1.6	1.57
II	30	5-11	7.2	1.90-2.4	2.0
III	30	6-18	8.4	4.80-5.3	4.9
IV	30	6-25	11.0	6.80-7.2	6.9
V	30	10-43	19.5	7.70-8.9	8.8
Total			56.8		
<u>Adulto</u>					
Macho	20	21-70	36.3	*9.92-10.08	10
Hembra	20	12-69	49.0	10.40-11.36	11

Cuadro 10. Capacidad depredadora de Zelus nugax durante sus cinco instars alimentándose en Vatiga manihotae en condiciones de laboratorio (22°C y 67% de humedad relativa).

Instar	No. promedio de <u>V. manihotae</u> consumidos		
	Ninfas	Adultos	Total
I	5.5	6.2	11.7
II	9.6	13.6	23.2
III	15.0	24.1	39.1
IV	28.3	43.0	71.4
V	75.4	104.0	179.4
Total	133.9	191.0	324.9

Moscas Blancas

La mosca blanca, Aleurotrachelus socialis, causa pérdidas considerables en rendimiento de yuca (Informes Anuales 1978, 1979 y 1980). El modo de alimentación de la mosca blanca ocasiona una secreción azucarada que se deposita en las hojas de yuca; sobre ésta secreción azucarada generalmente se encuentra un hongo causal de fumagina. Se ha planteado la hipótesis de que esta fumagina interfiere con la fotosíntesis de las plantas y contribuye a reducir el rendimiento. Se diseñó un ensayo para probar esta hipótesis en la estación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Nataima. La metodología empleada incluyó cuatro tratamientos en la variedad de yuca CMC-40:

1. Sin moscas blancas ni fumagina; aplicaciones bimensuales de Dimethoato (0.8 g i.a./litro de agua).
2. Sin moscas blancas y con la presencia de fumagina; aplicaciones bimensuales de Dimethoato (0.8 g i.a.) más azúcar (41 g/litro de agua).
3. Con la presencia de moscas blancas y sin fumagina; aplicaciones bimensuales de oxicloruro de cobre al 35% (1.0 g i.a./litro de agua).
4. Con la presencia tanto de moscas blancas como de fumagina; sin control químico y población natural de mosca blanca.

Los resultados muestran que tanto las moscas blancas como la presencia de la fumagina contribuyen a reducciones en el rendimiento de raíces (Cuadro 11). Entre los tratamientos 1 y 4 (sin moscas blancas y sin fumagina vs. con moscas blancas y con fumagina) hubo una reducción en rendimiento de 16.4 t/ha o equivalente al 49%. La reducción en rendimiento causada por moscas blancas solamente (tratamiento 1 vs. 3) fue del 35%, en tanto que la reducción debido a la presencia de fumagina (tratamiento 1 vs. 2) fue del 10.5%. Sumando los tratamientos 2 y 3, es decir, los efectos de moscas blancas y de fumagina, resulta una reducción en el rendimiento del 45.5%, nivel muy similar a los resultados del tratamiento 4. En esta pérdida en rendimiento del 45.5%, el 77% se debe al efecto de la alimentación directa de las moscas blancas y el 23% a la fumagina. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en lo que respecta al contenido de almidón.

El Gusano Cachón

En el CIAT se ha investigado extensivamente el control biológico del gusano cachón de la yuca, Erinnyis ello (Informes Anuales 1973 a 1980). Además, las observaciones de campo han indicado que existe una preferencia varietal por la hembra del gusano cachón en lo que respecta a la oviposición. Para probar esta hipótesis, se cultivaron diversas variedades de yuca en bolsas de polietileno y se colocaron al azar en jaulas grandes de malla en el campo (jaulas de 3 x 3 x 2.5 m).

Cuadro 11. Medidas de los efectos de la mosca blanca (Aleurotrachelus socialis) y la presencia de la fumagina en el rendimiento de yuca (CMC-40).

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Pérdida en rendimiento (%)	Contenido de almidón (%)
1 Sin moscas blancas, sin fumagina	33.5	0	23.6
2 Sin moscas blancas, con fumagina	30.0	10.5	24.8
3 Con moscas blancas, sin fumagina	21.8	35.0	22.3
4 Con moscas blancas, con fumagina	17.1	49.0	24.0

En cada jaula se liberaron tres a cinco parejas de adultos de gusano cachón. Los huevos se recolectaron diariamente en las jaulas. Se realizaron tres ensayos durante un período de tres años.

Los resultados de los tres ensayos indican que existe una preferencia varietal de E. ello en lo que respecta a la oviposición. En el primer ensayo se compararon cuatro variedades (M Mex 59, CMC 57, M Col 1684 y M Col 72). De los 6111 huevos ovipositados, sólo un 7% se encontró en M Col 72, pero en M Mex 50 ovipositaron hasta un 55% (Cuadro 12). En el segundo ensayo, en el cual se compararon las mismas cuatro variedades, nuevamente M Col 72 fue la menos preferida con 13.8% de oviposición. En ambos ensayos M Col 1684 fue la segunda variedad menos preferida en tanto que las dos restantes presentaron los mayores porcentajes de oviposición. Al combinar los datos de dos años se obtienen los siguientes resultados: M Mex 59, 44.2%; CMC 57, 30.7%; M Col 1684, 14.8%; y M Col 72, 10.3%. En el tercer ensayo se compararon seis variedades (CMC-40, Brasil 12, M Mex 59, M Col 22, CMC 57 y M Col 1684). Las variedades menos preferidas para oviposición fueron M Col 1684 y CMC 57 con solamente 2.8 y 4.8%, respectivamente. Las variedades nuevas CMC-40, Brasil 12 y M Col 22, fueron más preferidas que CM 57, la cual fue preferida en los ensayos anteriores. Estos resultados significan que la preferencia por oviposición se puede utilizar como herramienta adicional para controlar al gusano cachón de la yuca, pero se requieren mayores investigaciones.

Cuadro 12. Preferencia de oviposición del gusano cachón de la yuca, Erinnyis ello, en distintas variedades de yuca en jaulas en el campo.

Ensayo	Variedad	Huevos ovipositados (no.)	Oviposición (%)
1	M Mex 59	3382	55.3
	CMC-57	1725	28.2
	M Col 1684	558	9.1
	M Col 72	446	7.3
	Total	6111	99.9
2	M Mex 59	1637	31.1
	CMC-57	1764	33.6
	M Col 1684	1129	21.5
	M Col 72	723	13.8
	Total	5253	100.0
3	CMC-40	778	28.0
	Brasil 12	644	23.1
	M Mex 59	584	21.0
	M Col 22	567	20.4
	CMC-57	133	4.8
	M Col 1684	77	2.8
	Total	2783	100.0

Los estudios anteriores han demostrado que el gusano cachón de la yuca puede causar reducciones en rendimiento, especialmente cuando el ataque ocurre durante los primeros meses del crecimiento de las plantas (Informe Anual 1977). Se realizaron estudios utilizando la técnica de simulación del daño para determinar el efecto de la defoliación causada por el gusano cachón en la calidad de las raíces de yuca. Se aplicaron niveles de defoliación de 0, 40, y 100% a los 7, 8, 9, y 10 meses del ciclo de crecimiento del cultivo. Las raíces se cosecharon 15, 30, y 60 días después de ocurrido el daño. La calidad de las raíces se determinó según su contenido de almidón y calidad culinaria.

Los resultados solamente mostraron una reducción estadísticamente significativa en el contenido de almidón cuando la defoliación del 100% ocurrió a los siete y nueve meses (Cuadro 13). La defoliación no causó una reducción significativa en el rendimiento global. La calidad culinaria solamente fue adversamente afectada cuando la defoliación fue del 100% y las raíces se cosecharon a los 60 días después del daño. Cuando las raíces se cosecharon 30 días después de la defoliación, la calidad culinaria permaneció aceptable para la mayoría de los tratamientos. Estos resultados indican que si el ataque del gusano cachón ocurre cuando el cultivo se encuentre próximo a la cosecha, causando un 100% de defoliación, se recomienda adelantar la cosecha entre los primeros 30 días después de la defoliación para evitar una pérdida en la calidad culinaria.

Cuadro 13. Efecto del daño simulado causado por el gusano cachón, Erinnyis ello, en el rendimiento, contenido de almidón y calidad culinaria de la yuca (CMC-40).^a

Edad del cultivo al defoliarlo (meses)	Nivel de defoliación (%)	Contenido de almidón (%)	Calidad culinaria	Rendimiento (t/ha)
7	0	28.7 ab	1.1 b	19.5 a
	40	29.5 a	1.1 b	16.5 a
	100	28.3 b	2.2 a	15.5 a
8	0	29.2 a	1.1 b	13.8 b
	40	29.2 a	1.2 b	19.0 a
	100	27.1 a	1.6 a	20.6 a
9	0	30.4 ab	2.0 b	26.2 a
	40	31.1 a	1.7 b	24.4 a
	100	29.7 b	2.6 a	23.0 a
10	0	31.4 a	2.6 ab	32.9 a
	40	30.2 a	2.3 b	27.0 a
	100	31.8 a	2.7 a	26.5 a

a. Los valores dentro de una misma columna seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$).

b. Escala de calificación: 1 = buena calidad culinaria; 3 = mala calidad culinaria.

Piojos Harinosos

El piojo harinoso predominante en yuca en Colombia se ha identificado como Phenacoccus herreni (Informes Anuales 1978, 1979 y 1980). En campos de yuca en el CIAT se estudiaron las poblaciones naturales de este piojo harinoso. Se hicieron evaluaciones sistemáticas de la población de sus enemigos naturales mediante la colección de partes de plantas infestadas provenientes de 13 sitios en el CIAT y la identificación de los parásitos y depredadores emergentes. Las colecciones se hicieron durante julio, agosto y septiembre, cuando las poblaciones del piojo fueron las más altas.

Se identificaron cinco enemigos principales en los campos evaluados (Cuadro 14). Ocyptamus fue el depredador más predominante, con un 68% del total observado y encontrado en casi un 85% de los campos estudiados. Otros enemigos naturales colectados incluyeron Cleothera, Anagyrus, Simpherobius y Chrysopa.

Cuadro 14. Población y distribución de enemigos naturales del piojo harinoso Phenacoccus herreni en 13 campos de yuca del CIAT.

Enemigos naturales	Enemigos recolectados (%)	Distribución en campos estudiados (%)
<u>Ocyptamus</u>	68.3	84.6
<u>Cleothera</u>	14.6	46.1
<u>Anagyrus</u>	9.2	61.5
<u>Sympherobius</u>	4.4	38.4
<u>Chrysopa</u>	3.3	30.8

Acaros

En el CIAT se ha encontrado una especie no identificada de ácaros pertenecientes a la familia Eriophidae atacando a la yuca (Informe Anual 1980). Se han observado altas poblaciones de este ácaro alimentándose de la superficie foliar superior. Los niveles de población del ácaro se estudiaron en la variedad M Col 22 mediante la remoción de discos foliares de 2.54 cm² de las hojas infestadas. Se encontró un promedio de 99.2 ácaros por disco. Los discos de 1.53 cm² resultaron en un promedio de 60.1 ácaros por disco. Estas observaciones indican que esta especie de Eriophidae puede alcanzar altas poblaciones en el campo, lo cual sugiere que este ácaro puede convertirse en una plaga seria para la yuca.

Se han observado varios enemigos naturales de este ácaro; el más importante es el hongo identificado como Hirsuthella tompsonii. El hongo aparece principalmente durante la estación lluviosa cuando las condiciones climáticas son favorables para su desarrollo. Los estudios de parasitismo utilizando el método de los discos foliares descrito anteriormente resultó en una mortalidad de ácaros de más del 95%. Los ácaros parasitados son más oscuros en color y sus movimientos son más lentos. Estos resultados indican que este hongo desempeña una función importante en el control de las poblaciones de ácaros.

Plagas de la Yuca Seca

En colaboración con la sección de utilización de yuca, se iniciaron este año estudios sobre las plagas de la yuca seca almacenada. Se encontraron 15 especies de insectos alimentándose de yuca seca almacenada (Cuadro 15).

Las plagas más frecuentemente encontradas fueron Araecerus fasciculatus y Lasioderma serricorne. En ambas especies se encontró un parásito himenóptero, Anisopteromalus sp. (Pteromalidae).

Cuadro 15. Coleoptera y Lepidoptera encontrados en yuca seca almacenada.

Familia	Especie
<u>Coleoptera</u>	
Arthribidae	<u>Araecerus fasciculatus</u> De Geer
Anobiidae	<u>Lasioderma serricorne</u> Fab.
Bostrichidae	<u>Rhyzopertha dominica</u> F.
Curculionidae	<u>Sitophilus</u> sp.
Cucujidae	<u>Ahasverus</u> sp.
Languriidae	<u>Cryptophilus</u> sp.
Mycetophagidae	<u>Litargus balteatus</u> Le Conte
	<u>Typhaea stercorea</u> L.
Nitidulidae	<u>Carpophilus dimidiatus</u> F.
	<u>C. pilosellas</u> Mots
Tenebrionidae	<u>Alphitobius diaperinus</u> Panzer
	<u>Triboilium castaneum</u> Herbst
Trogositidae	<u>Corticotomus</u> sp.
	<u>Tenebroides</u> sp.
<u>Lepidoptera</u>	
Pyrilidae	(Sin identificar)

Patología

En 1981 se hizo énfasis en el estudio de algunos factores epidemiológicos, etiológicos y fisiológicos relacionados con la ocurrencia de la enfermedad del superalargamiento en yuca y en estudios etiológicos sobre los agentes causales de la enfermedad cuero de sapo y un mosaico de la yuca (del Caribe). Se adelantó un estudio de seguimiento de los niveles de añublo bacteriano común de la yuca (CBB) en genotipos resistentes, intermedios y susceptibles en tres localidades distintas; además, se evaluó la erradicación del CBB de semilla verdadera mediante el tratamiento con calor seco. Se realizaron estudios ecológicos sobre la pudrición radical por Diplodia, su incidencia y su efectos en la germinación de estacas. Se iniciaron investigaciones sobre la erradicación del patógeno tanto del suelo como del material de siembra. Se registraron las reacciones de campo de diferentes genotipos sembrados en distintas regiones del añublo foliar causado por Choanephora y antracnosis, como también a otros problemas patológicos que ocurren en cinco condiciones ambientales diferentes. Estos estudios fueron complementarios de aquellas investigaciones realizadas durante una evaluación de segundo ciclo de los ensayos de interacción genotipo/ambiente iniciados en 1979 (Informes Anuales 1979 y 1980).

Añublo Bacteriano Común

Durante 1981, los niveles de CBB en Carimagua fueron menores que en 1979 y 1980 y muy similares a los obtenidos en Media Luna. En contraposición a los años anteriores, los niveles de CBB en 1981 en Caribia fueron mayores que en Media Luna. Esta variabilidad en la severidad del CBB en diferentes localidades y épocas enfatiza la necesidad de obtener buenos niveles de resistencia a esta enfermedad en áreas que presentan típicamente una baja severidad y, por consiguiente, por lo menos varios ciclos de evaluación (véase Informe Anual 1980).

Los informes del año pasado (Informe Anual, Desarrollo de Germoplasma, 1980) trataron sobre el rompimiento de la dormancia de la semilla mediante tratamientos con calor seco (60°C) durante 14 días. Ahora se ha encontrado que dichos tratamientos también pueden erradicar al patógeno Xanthomonas campestris pv. manihotis, agente causal del CBB, de semillas botánicas infestadas o infectadas. Esto puede resolver un problema anterior en la diseminación de semilla verdadera de yuca: el peligro de difundir el CBB por medio de semillas botánicas infectadas.

Enfermedad Cuero de Sapo

La enfermedad cuero de sapo (FSD) ha estado afectando una amplia región en Quilcacé, al sur de Colombia, en donde las pérdidas en rendimiento de yuca son de casi un 100%. La FSD es en gran parte responsable de una reducción de casi el 80% en las 7000 ha sembradas en

la región en 1975. Se considera que la FSD constituye uno de los problemas más severos del cultivo de la yuca en otras regiones. El programa de patología está actualmente haciendo énfasis en el control de la FSD mediante prácticas culturales y la detección de la enfermedad en el material de siembra.

En 1981 continuaron los intentos por identificar y aislar el agente causal de la FSD. Los experimentos de injertos mostraron que, para la transmisión de la enfermedad, los tejidos injertados deben estar en contacto por un mínimo de cinco días. El porcentaje de transmisión aumentó con el tiempo en que los tejidos permanecieron en contacto (Cuadro 1). Los resultados de experimentos realizados con Cuscuta sp. fueron muy variables.

Cuadro 1. Tiempo de contacto entre tejidos requeridos para la transmisión de la enfermedad cuero de sapo en experimentos de injerto.

No. de días de contacto entre injerto y patrón	No. de plantas infectadas/ no. de plantas utilizadas	Transmisión (%)
1	0/13	0.0
5	1/13	7.6
15	5/10	50.0
30	7/9	77.0
60	4/5	80.0

Los experimentos realizados con cuchillos desinfectados para cortar estacas enfermas y sanas, al azar, no mostraron transmisión de la enfermedad cuando se utilizaron los genotipos CMC-40 y QPR (M Col 2062) como materiales enfermos y sanos, respectivamente. Se están adelantando experimentos para determinar si la transmisión mecánica se puede lograr utilizando estacas sanas y enfermas de la misma variedad. El tratamiento de estacas enfermas con calor a 55°C por 10 minutos y 45°C por 90 minutos en un baño de agua caliente no logró eliminar el agente causal. Experimentos preliminares realizados para identificar los vectores de la enfermedad indicaron que los insectos que se alimentan de las raíces, tales como Aonidomytilus albus y Cyrtomenus bergi, no transmiten la enfermedad.

El injerto natural de raíces entre plantas enfermas y sanas causa la transmisión de la enfermedad (Informe Anual 1980). En el mismo experimento, repetido en otra localidad, en Quilichao, Cauca, ocurrió un 50% menos de transmisión. Se están adelantando trabajos para aislar el agente causal de la FSD de hojas y raíces de plantas de yuca infectadas.

La abundancia de latex y compuestos fenólicos en estos tejidos ha sido un obstáculo en los intentos iniciales de purificación. Sin embargo, los análisis espectrofotométricos y electroforéticos de extractos concentrados de tejidos de yuca indicaron la presencia de nucleoproteína y proteína que no están presentes en extractos obtenidos de plantas de yuca libres de la FSD. Estos resultados han sido consistentes en todos los aislamientos de raíces u hojas y para los diferentes genotipos de yuca afectados por FSD que se han evaluado: M Col 33, Quilcacé y Secundina (Figuras 1 y 2). La demostración de estas proteínas únicas también ha sido posible en tejidos infectados por FSD obtenidos de plantas cultivadas en el campo. El valor de esta técnica como herramienta de diagnóstico se está explorando.

En el banco de germoplasma, el número de clones afectados por esta enfermedad se redujo de 13.4 a menos de 4.0% como resultado de las medidas de control practicadas (desinfección de herramientas y erradicación de plantas enfermas) durante la selección y propagación del material de siembra.

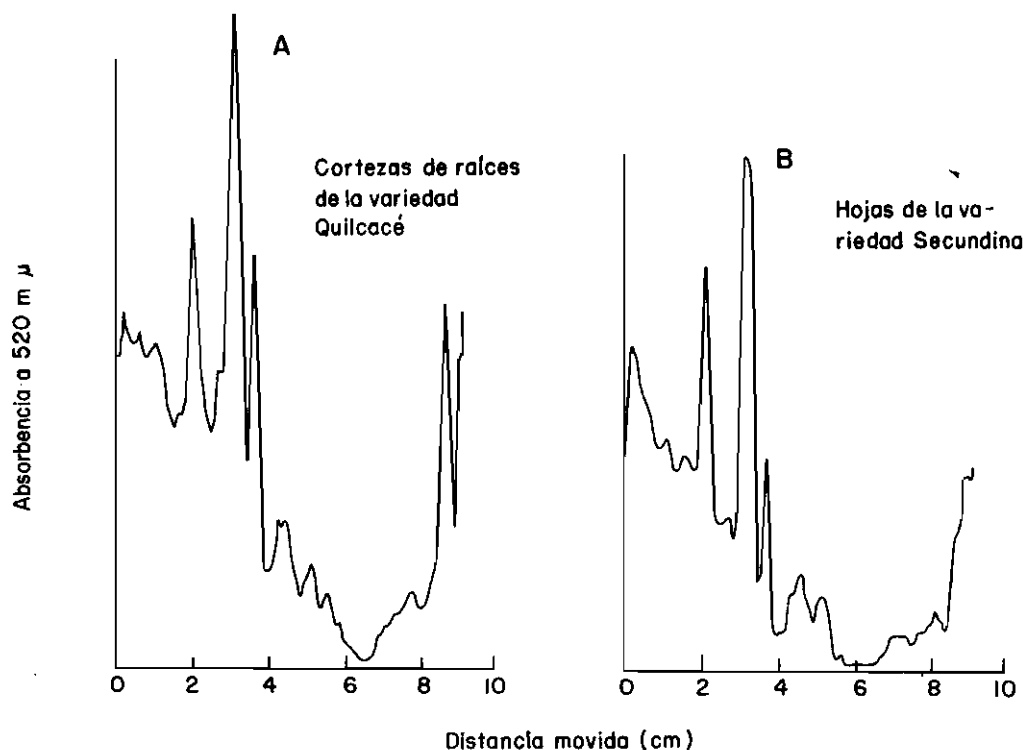


Figura 1. Densimetría de proteínas asociadas con la enfermedad cuero de sapo en yuca, separadas mediante SDS-PAGE. Las muestras fueron preparaciones parcialmente purificadas a partir de cortezas de raíces de la primera variedad (A) y hojas de la segunda (B) afectadas por el cuero de sapo. Los testigos de las muestras libres de cuero de sapo no mostraron absorbencia.

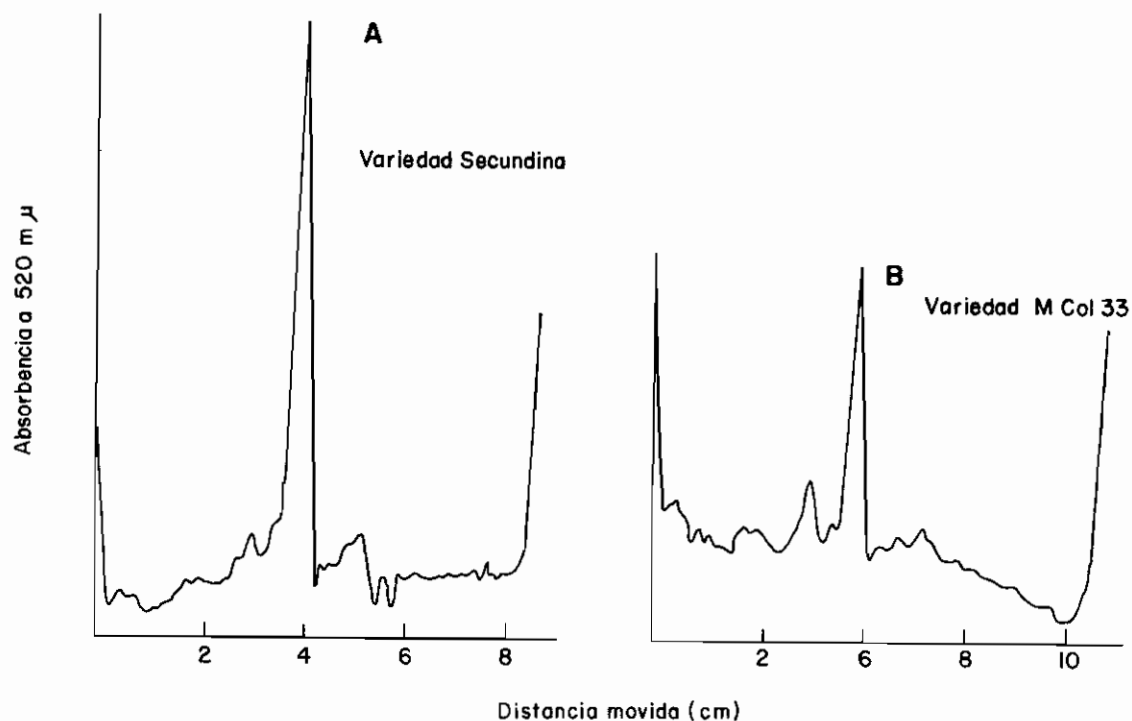


Figura 2. Densimetría de proteínas predominantes asociadas con el cuero de sapo en hojas de yuca afectadas por la enfermedad, según aislamientos hechos mediante doble precipitación de extractos parcialmente purificados.

Mosaico Caribeño de la Yuca

Recientemente, se observó en la costa norte de Colombia un mosaico endémico de la yuca en la variedad Secundina. Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por amarillamiento de las venas y mosaico clorótico (Figura 3); ocasionalmente, las plantas infectadas presentan crecimiento retardado. No se han observado síntomas en las raíces de plantas infectadas de Secundina en esta localidad. Sin embargo, en CIAT Palmira y Santander de Quilichao, las plantas cultivadas a partir de estacas enfermas provenientes de Media Luna mostraron síntomas similares a los de la FSD en las raíces, además de síntomas de mosaico.

En condiciones de campo se ha observado que la expresión de los síntomas del mosaico en plantas afectadas aumenta durante la estación lluviosa, cuando las temperaturas son bajas y disminuye durante el período caluroso y seco del año. Los estudios realizados en condiciones controladas en el invernadero mostraron que las plantas enfermas exhibían un mosaico severo entre 20 y 30°C; síntomas moderados entre 20 y 35°C; y sin síntomas entre 20 y 39°C (temperaturas mínima y máxima). Los estudios realizados en condiciones controladas indican que, a temperaturas mayores de 31°C, los síntomas desaparecen completamente, pero reaparecen a medida que la temperatura disminuye. Otros estudios con relación a la variabilidad de los síntomas indican que la severidad

de la enfermedad aumenta en plantas "escapadas" obtenidas de estacas tratadas con calor o de cultivos de meristemos.

La transmisión mecánica del agente causal aún no se ha logrado. Sin embargo, el patógeno se transmite muy eficientemente a plantas de yuca sanas mediante injerto, apareciendo los síntomas a los 15-20 días después de injertado. Estos experimentos también revelaron que las variedades M Col 33 y Quilcacé, que se consideraban resistentes a la enfermedad, son realmente portadoras del patógeno sin presentar síntomas (Figura 4).

Como en el caso de la FSD, fue difícil hacer los intentos de purificación utilizando hojas afectadas por mosaico. Sin embargo, los extractos concentrados de hojas enfermas siempre presentan una curva típica de absorción de ultravioleta de una nucleoproteína, en tanto que no se observa curva para las muestras testigo (Figura 5). Hasta el momento no se ha observado que estos extractos contengan partículas similares a virus según determinaciones hechas con microscopio electrónico.



Figura 3. Secundina, variedad de yuca que muestra los síntomas del mosaico de yuca del Caribe.



Figura 4. Injerto "sano" de Secundina y patrón "sano" de Quilcacé que presentan mosaico en Secundina un mes después del injerto (izquierda). Los experimentos testigo (derecha) muestran tanto el injerto sano como el patrón sano de la variedad de yuca Secundina.

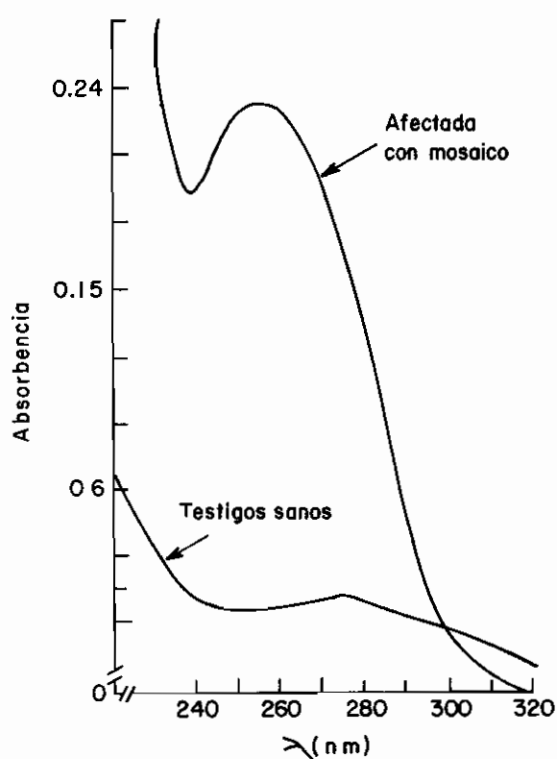


Figura 5. Curva de absorción de ultravioleta de preparaciones parcialmente purificadas de la variedad de yuca Secundina.

Superalargamiento

Los estudios sobre el superalargamiento (Sphaceloma manihoticola) se continuaron siguiendo los mismos patrones presentados en el Informe Anual de 1980. Las principales áreas de investigación incluyeron la identidad del patógeno y su rango de hospedantes, su especialización patogénica y la epidemiología de la siembra multiclonal/monoclonal.

Identidad del patógeno y rango de hospedantes. Los estudios en cultivo en una serie de aislamientos monospóricos de ascosporas y conidias obtenidos de yuca y varios hospedantes de la familia Eupobiaceae indicaron un amplio rango de características morfológicas de las colonias, sin características particulares únicas para los aislamientos de un hospedante particular. El color y la morfología de las colonias es inestable en la mayoría de los aislamientos monospóricos. No se logró inducir la formación del estado sexual de S. manihoticola en cultivo en varios medios diferentes.

La clasificación original en 1950 de las especies de Sphaceloma spp. como especie distinta, S. manihoticola Bitancourt y Jenkins, se basó en muy poca información. Los autores consideraron que esta era una especie provisional cuya clasificación taxonómica dependía de otros estudios. El descubrimiento reciente del estado sexual del patógeno Elsinoë (Informe Anual 1980) ha permitido hacer una comparación del complejo Elsinoë/Sphaceloma en yuca con el de otros hospedantes euforbiáceos en América Latina.

Durante este estudio se encontraron dos hospedantes de Sphaceloma spp., de los cuales aún no se había informado: Manihot cartagenensis y Jatropha longipes. Aislamientos de una serie de estas especies de Elsinoë/Sphaceloma y/o sus hospedantes se han recolectado para evaluar la patogenia cruzada y adelantar estudios de morfología. El Cuadro 2 presenta un resumen de los resultados de los estudios de inoculación.

De los resultados obtenidos se estableció claramente que, en términos morfológicos, existe muy poca evidencia para justificar la creación de una nueva especie para incluir a Elsinoë en yuca, ya que es indistinguible de la descripción publicada de Elsinoë spp. en Euphorbia hypericifolia y Jatropha curcas. Los patrones de patogenia de los aislamientos del CIAT demuestran que estas especies no son patogénicamente distintas. De todas maneras, la patogenia no se debe utilizar como característica principal para la separación taxonómica a nivel de especie. Sin embargo, es interesante anotar que los aislamientos de S. brasiliensis provenientes de E. hypericifolia y reaislados de planta de yuca inoculada muestran una mayor virulencia en yuca.

S. poinsettiae y S. krugii probablemente se deben considerar como la misma especie y distinta de la especie en yuca. Sus conidias son hialinas típicas que no sólo son significativamente más grandes que las de S. manihoticola, sino que también ambas producen conidias pigmentadas de mayor tamaño. Dadas las diferencias en las dimensiones de las ascosporas de E. venezuelensis y E. hevae, y la no patogenicidad de

Cuadro 2. Susceptibilidad de varios hospedantes de la familia Euphorbiaceae a aislados de Sphaceloma spp.^a

Hospedante	<u>S. manihoticola</u> ^b	<u>Sphaceloma</u> sp. ^c	<u>Sphaceloma</u> sp. ^d	<u>S. brasiliensis</u> ^e	<u>S. poinsettiae</u> ^f
<u>Manihot esculenta</u>	3	3	3	1	1
<u>M. cartagenensis</u>	3	2	3	1	1
<u>Jatropha longipes</u>	2	2	3	1	0
<u>J. curcas</u>	1	1	1	Sólo síntomas foliares	0
<u>J. nudans</u>	0	0	0	0	0
<u>Euphorbia hirta</u>	0	0	0	1	0
<u>E. hypericifolia</u>	1	1	1	3	0
<u>E. pulcherrima</u>	0	0	0	0	3
<u>E. heterophylla</u>	1	1	Sólo síntomas foliares	0	3
<u>E. prunifolia</u>	1	1	Sólo síntomas foliares	0	3
<u>Euphorbia</u> sp. ^g	0	0	0	0	0
<u>Croton</u> sp.	0	0	0	0	0

a. Los valores son: 0 = sin síntomas; 1, 2, 3 = niveles crecientes de síntomas en pecíolos de hojas y en tallos.

b. Aislado único de ascosporas de M. esculenta.

c. Aislado de M. cartagenensis.

d. Aislado de J. longipes.

e. Aislado de E. hypericifolia.

f. Aislado de E. pulcherrima.

g. Cercanamente relacionado con E. hypericifolia.

ninguno de los aislamientos en consideración en el hospedante reportado o miembro del género hospedante de estas especies, deben continuar considerándose como distintas.

Si las similitudes y diferencias descritas con anterioridad siguen siendo válidas después de una serie final de experimentos y exámenes de los especímenes, los cambios taxonómicos resumidos en el Cuadro 3 se propondrán formalmente. El rango de hospedantes relativamente amplio E. jatrophae y S. manihoticola sensu largo y la diseminación por el viento de las ascosporas implica que la erradicación o exclusión de los patógenos constituyen medidas de control imprácticas. E. hypericifolia es una maleza común en plantaciones de yuca y Jatropha spp. se encuentra frecuentemente como planta ornamental o cerco vivo a lo largo de los caminos. Estos hospedantes alternantes también pueden servir como filtros por los cuales se puede estimular la diversidad patogénica de la población del patógeno.

Variabilidad patogénica. Las investigaciones sobre la existencia de especialización patogénica continuaron durante 1981. Fue extremadamente difícil obtener una respuesta varietal más o menos uniforme a la inoculación de aislamientos monoconidiales del patógeno.

Cuadro 3. Organización taxonómica propuesta para Sphaceloma y Elsinoë en hospedantes de la familia Euphorbiaceae.

Especie propuesta	Especie anterior	Hospedantes
<u>Elsinoë jatrophae</u> ^a	<u>E. jatrophae</u> , <u>E. brasiliensis</u>	<u>Jatropha curcas</u> , <u>J. longipes</u> , <u>M. esculenta</u> , <u>M. glaziovii</u> , <u>M. cartagenensis</u> , <u>Euphorbia hypericifolia</u>
<u>Elsinoë hevae</u>	<u>Elsinoë hevae</u>	<u>Hevae brasiliensis</u>
<u>Elsinoë venezuelensis</u>	<u>Elsinoë venezuelensis</u>	<u>Croton glandulosus</u>
<u>Elsinoë antidesmae</u>	<u>Elsinoë antidesmae</u>	<u>Antidesma</u> sp.
<u>S. manihoticola</u> ^a	<u>S. manihoticola</u> , <u>S. jatropha</u> , <u>S. brasiliensis</u>	
<u>S. poinsettiae</u> ^a	<u>S. poinsettiae</u> , <u>S. krugii</u>	<u>Euphorbia pulcherrima</u> , <u>E. prunifolia</u> , <u>E. heterophylla</u>

a. Nombres seleccionados según las Reglas Botánicas de Nomenclatura, 1978.

Es imposible determinar cuánta de la variabilidad encontrada resulta de la variabilidad patogénica. Sin embargo, la tinción nuclear de cinco aislamientos variables indicaron un núcleo por célula hifal y conidia, lo cual indica que una condición multinucleada no es responsable de la variabilidad.

Después de un número considerable de experimentos en condiciones de "ambiente mínimo" se desarrolló un método para la inoculación uniforme confiable (Cuadro 4). Durante el desarrollo de una técnica satisfactoria de inoculación se identificaron por lo menos dos factores de la planta, distintos a la compatibilidad hospedante-patógeno, que influyen en el grado de la enfermedad de un individuo. Estos factores son la cutícula del tallo y la edad del tejido.

Las plantas a las que se les rompió la cutícula del tallo con una escobilla de algodón impregnada con agua antes de la inoculación fueron afectadas más uniformemente por la enfermedad en una mayor longitud del tallo que aquellas plantas con cutícula intacta. Todos los cultivares probados (25), sin considerar la susceptibilidad de los cultivos jóvenes, desarrollan resistencia completa a la enfermedad del superalargamiento en tejidos mayores de 10 días de edad. En plantas con cutícula rota primero es evidente que más tejido en maduración es afectado que en plantas con cutícula intacta; y, segundo, en tejido resistente más viejo, ocurren infecciones seguidas por una reducción marcada en el desarrollo y sin que se presente esporulación. Por consiguiente, por lo menos una parte de la resistencia al superalargamiento puede ser atribuible a una resistencia fisiológica adquirida, siendo los tejidos jóvenes fisiológicamente susceptibles protegidos por una capa cuticular.

Los resultados de inoculaciones de cultivares seleccionados con aislamientos provenientes de diversos orígenes geográficos, aunque significativos, no demuestran inequívocamente la existencia de especialización patogénica. Todos los cultivares probados fueron fisiológicamente susceptibles a todos los aislamientos, a pesar de la susceptibilidad de campo al superalargamiento. Se han registrado interacciones cultivar/aislamiento estadísticamente significativas; sin embargo, aún no se ha determinado si presentan suficiente intensidad o estabilidad para ser de importancia agronómica y epidemiológica.

Se realizaron experimentos para determinar si las variedades diferían en sus respuestas a la hormona GA_4 (véase Informe Anual 1979) producida por el patógeno. Se encontraron respuestas estadísticamente diferentes a la hormona, según mediciones hechas por la longitud de los entrenudos (Figura 6); sin embargo, parece haber poca relación entre esta respuesta y la susceptibilidad de campo.

Por lo tanto, el tratamiento de plantas con ácido giberélico no se debe considerar como una herramienta de selección por resistencia al superalargamiento. La inoculación de los tejidos alargados indicó que el tejido joven es relativamente susceptible al patógeno. Por consiguiente, las plantas alargadas presentan más tejido disponible para ciclos secundarios del patógeno.

Cuadro 4. Condiciones establecidas para la inoculación de yuca con Sphaceloma manihoticola. Las concentraciones de inóculo y el período de humedad relativa son mínimas y pueden ser cambiadas según las exigencias experimentales.

Plantas	Inóculo	Pretratamiento	Inoculación	Incubación	Evaluación
66 Retoños de 21-28 días de edad; un retoño/estaca; plantas seleccionadas por uniformidad en los genotipos.	10^5 conidias/ml en 0.15% de agua-agar y 0.01% de cultivos de aislados de monosporas de 21-18 días de edad.	Rotura de la cutícula del tallo con un tapón de algodón.	Aspersión hasta que la planta esté totalmente mojada.	36 h a humedad de 100% y 25-28°C; fotoperíodo de 12 h; el mismo régimen de luz y temperatura después del tratamiento de humedad relativa.	10-14 días después de la inoculación.

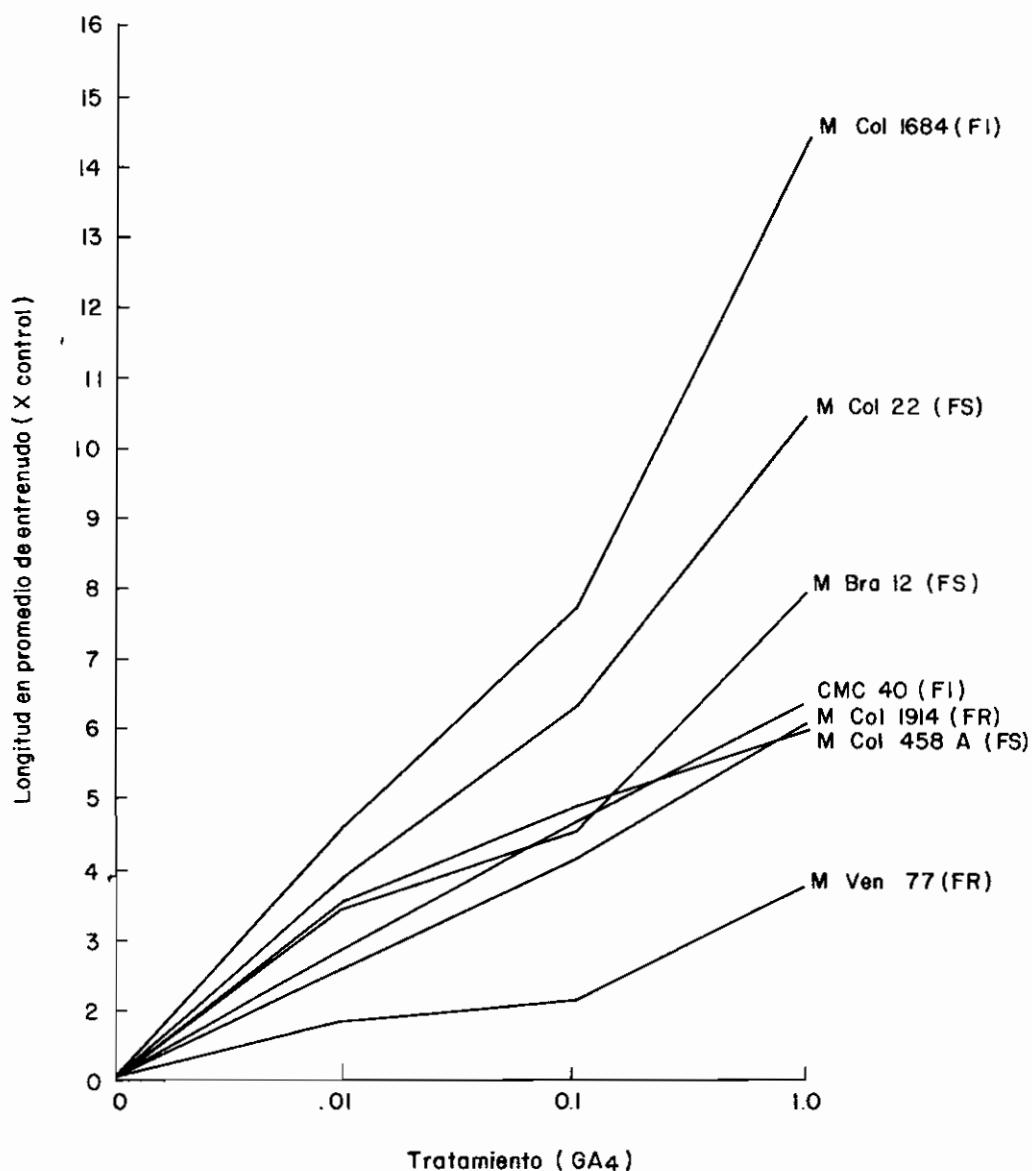


Figura 6. Cambio en la longitud del primer entrenudo en variedades seleccionadas en comparación con el testigo, 14 días después del tratamiento con diferentes concentraciones de Giberlina (A_a) (GA_4).

Ensayos multiclonales. Durante la estación lluviosa en Carimagua se observó el progreso de una epidemia de superalargamiento en siembras multi- y monoclonales (Informe Anual 1980). Los niveles de la enfermedad se transformaron ($\text{logit} = \log x/1 - x$) y se ubicaron en una gráfica en función del tiempo (Figura 7). Las tasas aparentes de infección (r) son iguales para cada sistema de siembra. Un modelo de covarianza utilizando los datos transformados en función del tiempo, la variedad y el sistema de siembra, no mostró interacción variedad/sistema

de siembra. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de raíces frescas entre los dos sistemas según observaciones hechas con base en variedades o parcelas completas.

En términos generales, los valores de $\underline{r}$ fueron muy similares entre variedades y entre sistemas (Cuadro 5). Sin embargo, CMC-40 y M Col 638 presentaron valores de $\underline{r}$ considerablemente diferentes, lo cual indica que la naturaleza de la resistencia en estas variedades puede diferir entre ellas y entre las demás variedades del grupo.

Añublo Foliar por Choanephora

En Cuba, Brasil (1973) y Colombia (Informe Anual 1978), se registró una enfermedad causal de añublo foliar inducida por Choanephora curcubitarum (Berk and Rev.), casi siempre asociada con lesiones de añublo bacteriano común. Sin embargo, su incidencia durante los últimos años ha aumentado en forma continua; durante 1981, este añublo se registró como enfermedad foliar importante en Caribia y Media Luna y fue moderadamente severa en Carimagua (Cuadro 6).

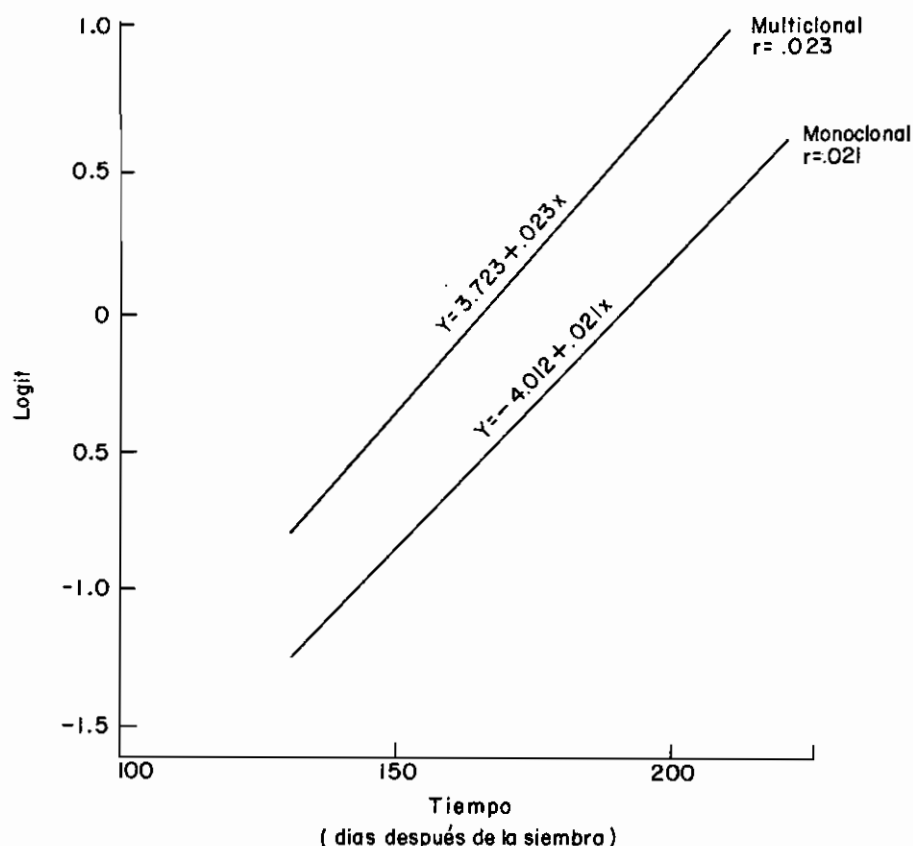


Figura 7. Logit en función del tiempo para el superalargamiento en siembras multiclinales y monoclonales (logit = $\log \frac{\text{enfermedad}}{1 - \text{enfermedad}}$). ($\underline{r}$ = tasa aparente de infección y no es equivalente al coeficiente de variación).

Cuadro 5. Tasas aparentes de la infección (r) de superalargamiento en ocho variedades en el experimento mono/multiclonal.

Variedad	Monoclonal	Multiclonal
M Col 638	0.008	0.015
M Col 1914	0.015	0.022
M Col 1916	0.018	0.022
M Ecu 82	0.019	0.023
M Ven 77	0.017	0.023
M Pan 19	0.025	0.024
M Pan 12B	0.020	0.023
CMC-40	0.045	0.030

Cuadro 6. Evaluación de campo de algunos genotipos de yuca por su nivel de respuesta a *Choanephora curcubitarum* en tres localidades diferentes. La evaluación se registró al final de la estación lluviosa y cuando las plantas tenían seis meses de edad.

Grupo de genotipos	Localidad y evaluación de la enfermedad ^a		
	Carimagua	Media Luna	Caribia
I	Baja	Baja	Baja
II	Alta	Intermedia	Baja
III	Intermedia	Alta	Baja
IV	Alta	Alta	Baja
V	Intermedia	Alta	Alta

a. Puntajes de evaluación de la enfermedad: Baja = lesiones localizadas solamente en las puntas de las hojas más viejas; Intermedia = lesiones en las hojas más viejas presentando añublo foliar total; y Alta = añublo foliar y defoliación hasta en un 90% de las hojas.

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por un añublo foliar muy similar al añublo bacteriano común, pero se distingue por el micelio algodonoso que crece en las superficies foliares. Los síntomas se inician como lesiones grandes de color oliva con bordes indefinidos y localizadas en los márgenes de láminas foliares maduras. Las hojas se queman totalmente, toman un color verde oscuro y se caen. Los ataques fuertes pueden resultar en una defoliación total durante la estación lluviosa.

El agente causal presenta micelio blanco, el cual crece extensiva y rápidamente en PDA (papa-dextrosa-agar) a 25°C. Las esporangiosporas son largas, agrandadas y ramificadas en el ápice. Son unicelulares, de color café o morado y se forman en cultivo.

Las evaluaciones de campo de diferentes genotipos sembrados en Carimagua, Media Luna y Caribia mostraron grupos de genotipos con diferentes niveles de severidad de la enfermedad. De manera similar, también se identificaron genotipos con bajos niveles de la enfermedad en las tres localidades en donde se presentó la enfermedad (Cuadro 6).

Antracnosis

La antracnosis, causada por especies de Colletotrichum, es una enfermedad encontrada en todas las localidades en donde se están realizando estudios sobre las interacciones genotipo/ambiente (véase la la sección sobre Estudios Genotipo/Ambiente). A pesar de que anteriormente se habían registrado varias especies de Colletotrichum patógenas de la yuca (Informe Anual 1976), los estudios taxonómicos realizados este año indicaron que C. manihotis y C. gloeosporioides son las más prevalecientes en 1981 y que ambas especies estaban presentes en altos niveles en CIAT y Carimagua, pero en Popayán, Caribia, Media Luna y Santander de Quilichao sólo se detectó C. gloeosporioides (para una mayor descripción de estas áreas véanse los Informes Anuales 1979 y 1980).

La evaluación de 31 genotipos diferentes en cinco localidades distintas mostró que 1) la antracnosis fue especialmente severa en Popayán, CIAT-Palmira, y Carimagua; 2) no se observaron genotipos con bajos niveles de incidencia de la enfermedad en las cinco localidades; y 3) los genotipos con altos niveles de incidencia de la enfermedad en una o más localidades mostraron niveles bajos o intermedios de la enfermedad en otras localidades o viceversa (Cuadro 7). Las investigaciones que se continuarán haciendo con esta enfermedad y con el añublo foliar causado por Choanephora, se enfocarán hacia la identificación de posibles interacciones genéticas con factores de hospedante, la variabilidad de los patógenos y factores epidemiológicos en relación con la incidencia y severidad de la enfermedad en cada localidad.

Pudrición Radical Causada por Diplodia

Los estudios sobre inoculaciones artificiales mostraron que los primeros síntomas de la pudrición radical causada por Diplodia aparecieron entre las 6-8 semanas después de la inoculación y que cultivos en PDA de una semana de edad proporciona una buena fuente de inóculo para pruebas de patogenicidad.

El patógeno puede sobrevivir por más de seis meses en suelos de CIAT-Palmira estériles y saturados con y sin residuos de plantas de yuca. Sin embargo, su incidencia (número de plántulas infectadas dos meses después de la siembra) fue significativamente menor en suelos sin residuos de plantas de yuca.

Al seleccionar estacas de una plantación de un genotipo susceptible con infección, se encontró que el 88% de las plántulas murieron después de dos meses de siembra, a pesar de que la germinación fue del 100%.

Cuadro 7. Evaluación de campo del nivel de incidencia de la antracnosis en 31 genotipos sembrados en cinco ambientes distintos. La evaluación de la enfermedad se hizo al final de la estación lluviosa.

Grupo de genotipos	Localidad y puntaje de evaluación de la enfermedad ^a				
	Caribia	Media Luna	Carimagua	CIAT	Popayán
I	Baja	Baja	Intermedia	Alta	Alta
II	Baja	Baja	Alta	Intermedia	Alta
III	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta
IV	Intermedia	Baja	Alta	Alta	Alta
V	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta
VI	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

a. Los puntajes de la evaluación de la enfermedad fueron: Baja = solamente lesiones foliares; Intermedia = chancros foliares y en tallos; y Alta = muerte descendente y/o muerte de la planta.

Esto indica la posibilidad de mayores pérdidas si los productores seleccionan estacas enfermas de genotipos susceptibles provenientes de plantaciones afectadas. En muchas ocasiones no se pueden distinguir las estacas enfermas de las sanas.

La erradicación del patógeno de estacas enfermas mediante tratamientos químicos antes de la siembra se investigó este año. Las pruebas con 15 productos en cinco concentraciones diferentes mostraron una inhibición total del crecimiento del hongo en cultivo con benomyl a concentraciones tan bajas como 20 ppm. Al tratar estacas enfermas de M Col 113 con benomyl (1000 ppm, en inmersión durante 5 minutos), el 30% de las plantas presentó síntomas de esta enfermedad dos meses después de la siembra. Al comparar éstas con las no tratadas se obtiene un control de aproximadamente un 66%.

Estudios de Patología-Entomología en Ecosistemas: Relaciones Yuca-Ambiente

Continuaron los estudios ambientales iniciados en 1978 (Informes Anuales 1979 y 1980); los resultados de una evaluación de segundo ciclo mostraron nuevamente la presencia y/o severidad específica local de problemas bióticos (Cuadro 8). Algunos patógenos y plagas registrados como severos en años anteriores solamente fueron leves este año y vice versa. Otros problemas bióticos tales como el añublo foliar por *Choanephora* y las hormigas arrieras, aparecieron este año en localidades en donde no se habían detectado anteriormente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Factores bióticos negativos que afectan la producción de yuca, identificados y evaluados en cinco zonas edafoclimáticas distintas en Colombia durante 1981 (tercer ciclo).

Factor biótico negativo	Ecosistemas														
	Caribia			Media Luna			Carimagua			CIAT			Popayan		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
<u>Enfermedades</u>															
Añublo bacteriano	2	2	2	1	2	1	3	3	2	0	0	0	0	0	0
Superalargamiento	1	1	0	1	3	1	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Mancha de anillos															
circulares	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	3	2	2
Antracnosis	2	3	3	1	2	1	3	3	3	3	1	1	3	2	2
Mancha parda	2	3	3	3	3	2	2	1	2	1	2	2	0	0	2
Añublo foliar	2	2	2	1	2	1	2	0	1	1	2	2	0	0	0
Mancha blanca	2	3	3	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Pudrición bacterial															
del tallo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	0	0	0
Ceniza de la yuca		1	1	0	2	1	0	0	0	1	3	2	2	2	2
Mosaicos	1	2	2	1	2	3	0	0	0	2	2	3	3	3	2
Cuero de sapo	0	1	3		1	0		0	0		2	3		0	0
Viruela de las raíces		1	2		2	1		0	0		1	2		0	0
Pudriciones radicales		1	2		1	1		1	1		2	1		0	0
Choanephora			3			2			3			0			0
<u>Insectos</u>															
Gusano cachón	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Moscas blancas	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trips	2	2	1	1	1	1	2	2	1	3	3	3	1	1	1
Chinche de encaje	1	2	1	1	1	1	2	3	2	2	2	1	1	1	0
Moscas del cogollo	1	1	2	1	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0	0
Moscas de la fruta	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Crisomélidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0
Mosca de las agallas	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	0	0	0	0	0
Comejenes	1	1	0	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Barrenadores del tallo	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Hormigas cortadoras															
de hojas	0	0	1	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Escamas	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	2
<u>Acaros</u>															
Mononychellus	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1
Tetranychus	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2	1	0	0	0
Olegonychus	1	2	2	1	1	2	2	0	1	2	3	3	2	3	3

a. La escala oscila entre 0 (daño no significativo) y 3 (daño muy severo).

Los rendimientos máximos (de raíces frescas o de almidón) aumentaron considerablemente en Media Luna y Caribia, pero disminuyeron en CIAT-Palmira. La precipitación total fue mayor y la distribución fue mayor durante este ciclo en Caribia y Media Luna que en años anteriores. De manera similar, el rendimiento promedio de estacas fue mayor que en el ciclo pasado, excepto en Carimagua (Cuadro 9), posiblemente debido a la eliminación de varios genotipos que no sobrevivieron durante el primer ciclo.

Se observaron diferentes resultados de un ciclo a otro en muchos de los parámetros evaluados; sin embargo, el contenido de HCN permaneció relativamente estable en las diferentes localidades y ciclos (Cuadros 9 y 10). Es interesante anotar que el deterioro en CIAT-Palmira fue mucho menor este año (Cuadro 9), cuando el estrés por la sequía fue considerablemente mayor que el año pasado. En contraste, el deterioro fue mayor en Media Luna donde el estrés por la sequía y los niveles de enfermedades y plagas fueron menores que en años anteriores. Eso es consistente con resultados obtenidos anteriormente, lo cual indica que las plantas con estrés presentan menos deterioro radical que las plantas sin estrés (Informe Anual 1980 y la sección de Deterioro en poscosecha del presente informe) (Cuadro 9).

No se observaron correlaciones significativas entre Popayán y las otras cuatro localidades, excepto por el contenido de HCN en el CIAT. Generalmente, las correlaciones entre localidades obtenidas este año para el segundo ciclo, fueron similares a las obtenidas para el primer ciclo (Cuadro 10).

Susceptibilidad de Cultivares al Deterioro Fisiológico en Poscosecha

Variación en la susceptibilidad. Resultados anteriores han indicado que la susceptibilidad de cualquier cultivar al deterioro fisiológico, según las evaluaciones hechas utilizando la metodología descrita en el Informe Anual 1979, varían en gran medida tanto para un mismo cultivar como entre cultivares (Informe Anual 1980). Los experimentos realizados en Popayán han confirmado este descubrimiento (Cuadros 11 y 12). Los cultivares no locales fueron consistentemente resistentes al deterioro fisiológico, en tanto que los cultivares locales variaron en su susceptibilidad durante el transcurso del experimento. Los tres cultivares adaptados localmente cosechados en marzo fueron resistentes, pero para septiembre, los mismos cultivares fueron extremadamente susceptibles. Este aumento en la susceptibilidad se relacionó con aumentos en el contenido de materia seca de las raíces y en el rendimiento de raíces y a la disminución en la cantidad de defoliación causada por estreses ambientales severos de este ecosistema. En todos los casos en los que las plantas fueron severamente defoliadas, se observó una resistencia marcada al deterioro fisiológico. Los cultivares introducidos se incluyeron dentro de esta categoría.

Cuadro 9. Valores máximos (MX), mínimos (MN) y promedio ($\bar{x}$) para el rendimiento, contenido de almidón, producción de estacas (número de estacas/planta), deterioro (%), índice de cosecha y contenido de HCN, obtenidos en los 31 cultivos en cinco ecosistemas (primer y segundo ciclo).

Ecosistema	Ciclo ^a	Producción de estacas (corte/planta)																	
		Rendimiento (t/ha)			Almidón (t/ha)			Deterioro (%) ^b			Índice de cosecha ^c			Contenido de HCN ^d					
		MX	MN	$\bar{x}$	MX	MN	$\bar{x}$	MX	MN	$\bar{x}$	MX	MN	$\bar{x}$	MX	MN	$\bar{x}$	MX	MN	$\bar{x}$
CIAT-Palmira	I	74.1	0.0	24.4	24.7	0.00	7.7	18.0	0.6	10.0	90.0	1.6	26.5	0.65	0.00	0.41	5.0	1.0	2.6
	II	55.4	1.6	20.8	17.1	0.34	6.9	34.8	7.6	17.5	49.5	1.3	14.2	0.71	0.05	0.46	5.0	2.0	3.2
Media Luna	I	19.0	0.4	9.5	3.7	0.06	1.9	11.0	1.0	5.0	7.6	0.0	1.4	0.65	0.13	0.44	5.0	1.0	2.9
	II	70.1	0.0	27.0	15.4	0.00	7.1	16.5	0.0	7.1	16.0	0.3	4.0	0.80	0.00	0.56	5.0	2.3	3.7
Carimagua	I	10.7	0.5	2.5	2.8	0.01	0.7	5.0	0.0	1.0	26.9	0.0	1.4	0.66	0.02	0.39	5.0	2.0	3.3
	II	11.6	0.0	1.9	2.9	0.00	0.6	10.5	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.61	0.00	0.15	4.3	2.7	3.3
Caribia	I	55.9	2.4	23.2	16.3	0.33	6.4	16.0	2.0	8.2	28.1	0.0	3.6	0.61	0.12	0.40	5.0	1.0	3.0
	II	86.0	5.6	30.6	24.0	1.30	8.0	20.6	1.6	8.7	21.4	0.5	5.1	0.90	0.27	0.66	5.0	2.6	3.9
Popayán	I	21.3	0.2	4.9	6.9	0.04	1.6	8.0	0.0	2.3	82.6	2.3	27.1	0.66	0.10	0.36	5.0	1.0	2.7
	II	26.4	0.0	5.9	8.8	0.00	2.0	16.9	0.0	5.3	71.8	7.0	42.0	0.82	0.00	0.47	5.0	1.3	3.0

a. I = Ciclo I (1979-1980); II = Ciclo II (1980-1981).

b. 100% de deterioro total; 0% = cero deterioro 3 días después de la cosecha.

c. Índice de cosecha (peso fresco de raíces/peso fresco de raíces + peso del follaje x 100).

d. Determinado según el método del papel de picrato: 5 = alto y 0 = bajo contenido de HCN.

Cuadro 10. La relación entre los ecosistemas y el rendimiento (t/ha), contenido de almidón (%), número de estacas, deterioro (%), contenido de HCN, índice de cosecha y evaluación general, se muestra por los coeficientes de correlación (r) para los 31 cultivares sembrados en cada ecosistema (primer y segundo ciclos).

Ecosistema	Ciclo ^a	Rendimiento	Contenido de almidón	No. de estacas	Deterioro	Contenido de HCN	Índice de cosecha	Evaluación de enfermedades y plagas
CIAT-Popayán	I	-0.116	0.019	0.026	0.129	0.354	-0.052	0.273
	II	0.035	-0.013	0.178	-0.264	0.565***	0.189	0.119
Carimagua-Popayán	I	-0.152	-0.304	-0.038	-0.215	0.488*	-0.077	-0.138
	II	-0.041	0.078	0.105	0.067	0.233	0.201	0.207
Media Luna-Popayán	I	-0.092	0.163	-0.084	0.130	0.451*	0.301	-0.081
	II	-0.191	-0.196	0.015	0.187	0.409	0.234	-0.423**
Caribia-Popayán	I	-0.581**	-0.062	-0.325	-0.022	0.318	-0.342	-0.317
	II	-0.435**	-0.421*	-0.549***	0.519**	0.327	0.228	-0.275
CIAT-Carimagua	I	0.273	0.415*	-0.101	0.359	0.567**	0.603***	0.054
	II	-0.190	-0.241	-0.160	-0.049	0.408*	0.219	-0.499**
CIAT-Media Luna	I	0.540**	0.294	-0.299	0.209	0.224	0.801***	0.151
	II	0.563***	0.552***	0.403*	0.475**	0.539***	0.806***	-0.126
CIAT-Caribia	I	0.760***	0.300	0.430*	0.115	0.374*	0.649***	0.153
	II	0.265	0.266	-0.040	0.116	0.356*	0.801***	-0.260
Carimagua-Media Luna	I	0.664***	0.591**	0.446*	0.552**	0.389*	0.536**	0.635***
	II	0.366*	0.309	0.447*	-0.017	0.305	0.255	0.279
Carimagua-Caribia	I	0.483**	0.472*	-0.218	0.461*	0.214	0.522**	0.477**
	II	0.309	0.224	0.333	-0.239	0.248	0.171	0.519**
Media Luna-Caribia	I	0.661**	0.535**	0.235	0.416*	0.567**	0.622***	0.249
	II	0.573***	0.593***	0.301	0.346	0.512**	0.739***	0.392*

a. I = Ciclo I (1979-1980); II = Ciclo II (1980-1981).

* = Significativo a un nivel del 5%; ** = significativo a un nivel del 1%; *** = significativo a un nivel del 0.1%.

Cuadro 11. Deterioro (%) de 10 cultivares cosechados durante 1980 en Popayán. Los valores entre paréntesis representan las transformaciones angulares del porcentaje de deterioro en grados. La diferencia mínima significativa ($P = 0.05$) se refiere a los valores transformados.

Cultivar ^a	Cosecha			
	Marzo	Abril	Julio	Septiembre
Regional Amarilla (L)	7.7	10.1 (16.1)	82.6 (65.8)	84.1 (71.6)
Regional Negrita (L)	1.9 ^b	31.9 (33.9)	34.3 (35.9)	80.7 (66.9)
Sata Dovio (L)	--	46.0 (42.7)	72.0 (59.7)	62.4 (55.8)
CMC 92 (L)	3.6	11.1 (18.3)	33.3 (32.4)	78.6 (68.5)
CMC-39 (I)	--	43.9 (39.4)	65.4 (55.6)	62.0 (54.1)
CMC-40 (I)	--	27.0 (30.2)	8.5 (14.8)	41.7 (39.8)
M Col 113 (I)	--	37.3 (37.5)	32.7 (34.5)	72.9 (64.2)
M Mex 59 (NL)	--	6.3 (9.9)	2.1 (5.6)	6.0 (10.9)
M Col 22 (NL)	--	-- ^c	4.0 (7.3)	0.0 (0.0)
M Col 1684 (NL)	--	--	3.9 (9.6)	2.9 (5.9)

DMS ($P = 0.05$) = (13.11).

a. L significa un cultivar local; I un cultivar intermedio (resistente a factores abióticos pero susceptible a factores bióticos) y NL significa un cultivar no local.

b. No incluido en esta cosecha.

c. Raíces insuficientes para la evaluación.

Cuadro 12. Contenido de almidón (%) de 10 cultivares cosechados durante la estación de 1980 en Popayán.

Cultivar ^a	Cosecha			
	Marzo	Abril	Julio	Septiembre
Regional Amarilla (L)	31.39	27.04	31.16	34.00
Regional Negrita (L)	31.85	24.75	30.62	29.50
Sata Dovio (L)	26.96	30.09	32.69	31.31
CMC 92 (L)	24.82	25.21	28.26	31.00
CMC-39 (I)	27.50	30.62	31.01	33.60
CMC-40 (I)	25.89	30.09	32.38	28.41
M Col 113 (I)	28.18	24.29	29.02	28.41
M Mex 59 (NL)	17.00	28.03	27.42	25.74
M Col 22 (NL)	25.74	30.09	26.43	20.86
M Col 1684 (NL)	27.34	26.89	27.57	27.34

a. L = cultivar local; I = intermedio (cultivar resistente a los factores abióticos pero susceptible a los bióticos); y NL = cultivar no local.

Al comparar 26 cultivares cosechados tanto en CIAT como en Popayán, no se logró encontrar una correlación significativa en el porcentaje de deterioro entre las dos localidades ($r = 0.149$). Algunos cultivares fueron resistentes en una localidad y susceptibles en la otra (Cuadro 13). Estos resultados demuestran que un cultivar no se puede catalogar como susceptible o resistente sin hacer referencia a la localidad y a las condiciones ambientales en las cuales se está cultivando, puesto que las variaciones en y entre localidades en lo que respecta a la susceptibilidad pueden superar a cualquier elemento genético que pueda existir en la respuesta de un cultivar al deterioro.

Con el fin de demostrar la importancia de los factores ambientales en precosecha en el deterioro fisiológico resultante en poscosecha, se adelantó un experimento en condiciones controladas en el cual se controló el contenido de humedad del suelo donde estaban sembradas plantas de siete meses de edad de M Col 22 y Secundina (niveles de contenido de humedad del suelo disponible del 100% al 20%, determinados mediante el sistema de Bouyoucos). Las plantas se cultivaron en recipientes individuales para facilitar la operación. Los tratamientos de estrés hídrico se mantuvieron durante 10 semanas, tiempo después del cual las plantas estaban sufriendo por estrés de agua y estaban presentando defoliación. Al terminar el período de estrés se cosecharon las plantas y se determinó el porcentaje de deterioro. Los tres tratamientos de estrés disminuyeron significativamente la susceptibilidad al deterioro fisiológico de las raíces de ambos cultivares (Cuadro 14). La diferencia entre estos cultivares y los tratamientos de estrés son suficientes para confirmar la hipótesis de que los estreses ambientales antes de la cosecha, tales como el estrés por agua lo suficientemente severo para causar la defoliación, pueden afectar el nivel de deterioro fisiológico en poscosecha. Esto explica, al menos parcialmente, el alto grado de variación que existe en la susceptibilidad al deterioro en los cultivares de yuca.

Cuadro 13. Comparación entre la susceptibilidad de cultivares al deterioro fisiológico en CIAT y Popayán.

Cultivar	Susceptibilidad al deterioro fisiológico ^a	
	CIAT	Popayán
CM 305-122, CM 321-188	Susceptible	Susceptible
M Pan 70, Sata Dovio, CM 344-71	Resistente	Susceptible
M Col 22, M Col 72	Susceptible	Resistente
Llanera, CMC-40, M Pan 114, M Ecu 82, M Col 1684	Resistente	Resistente

a. Expresada como porcentaje del deterioro. Susceptible se define como $>50\%$; Resistente como $<20\%$.

Cuadro 14. Efecto del contenido de humedad del suelo antes de la cosecha en el deterioro fisiológico en poscosecha (% de deterioro) en dos cultivares de yuca.

Contenido de humedad del suelo ^a	Variedad ^b	
	M Col 22	Secundina
100	22.3 a	27.2 c
60	1.0 b	0.2 d
30	1.6 b	1.3 d
20	4.9 b	2.4 d

- a. Porcentaje de humedad disponible en el suelo durante el período de 12 semanas antes de la cosecha.
- b. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.01$) al probarlas utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan).

Anteriormente, se había sugerido la existencia de un factor producido en las partes aéreas y transferido a las raíces responsables de la inducción del deterioro fisiológico. Para probar esta hipótesis, se realizó un experimento de injerto utilizando dos cultivares comúnmente susceptibles (M Col 22 y CM-321-188) y dos normalmente resistentes (CMC-40 y M Ven 77). Se hicieron injertos de estacas de tallo de injerto susceptible a patrón resistente y de patrón resistente a injerto susceptible, además de injerto testigo de cada cultivar en plantas de su propia variedad y plantas sin injerto. Se evaluaron las raíces para observar deterioro fisiológico después de la cosecha (Cuadro 15). Los resultados muestran que el patrón parece controlar la susceptibilidad de las raíces al deterioro fisiológico. Todos los injertos en los que CMC-40 se utilizó como patrón fueron resistentes y todos aquellos en los que CM 321-188 se utilizó como patrón fueron susceptibles. Los casos de M Col 22 y M Ven 77 fueron menos claros pero no hay influencia de la cobertura (injertado) en la susceptibilidad resultante al deterioro fisiológico. Por consiguiente, estos datos no sostienen que el control del deterioro se debe a diferencias en un factor transferible producido en las partes aéreas.

Poda antes de la cosecha. Como se indicó en el Informe Anual de 1980, la poda en precosecha favorece la resistencia de la planta al deterioro fisiológico en poscosecha. El cultivar M Col 22 es susceptible en condiciones normales del CIAT; sin embargo, después de la poda, se encontró que las raíces de este cultivar adquieren resistencia significativa al deterioro fisiológico, la cual continuó hasta el final del experimento a los 64 días después de la poda (Cuadro 16). Este tratamiento de poda no involucró la remoción posterior del rebrote y no fue significativamente diferente al tratamiento de poda + gramoxone en el cual el herbicida se aplicó al extremo cortado para suprimir el rebrote. Estos resultados son acordes con los obtenidos en el experimento de injerto en el sentido de que no hay evidencia de un control del deterioro debido a diferencias en un factor producido en las hojas.

Cuadro 15. Efecto del origen del injerto y del patrón de cultivares en el deterioro fisiológico resultante en poscosecha (%) y contenido de almidón (%).

Injerto	Patrón	Testigo no injertado	Contenido de almidón (%)	Deterioro (%)	Separación de las medias (% de deterioro) ^a
CM 321-188	CM 321-188		35.59	31.4	a
M Ven 77	CM 321-188		34.67	30.9	a
CMC-40	CM 321-188		32.99	29.6	a
CMC-40	M Col 22		33.98	25.6	ab
M Col 22	M Ven 77		27.80	22.9	abc
		M Col 22	35.97	21.6	abc
M Ven 77	M Col 22		34.75	20.9	abc
		CM 321-188	33.98	18.4	bcd
		M Ven 77	27.27	18.2	bcd
M Ven 77	M Ven 77		30.09	18.1	cd
M Col 22	M Col 22		37.87	13.4	cde
CM 321-188	M Ven 77		28.11	12.9	cde
		CMC-40	30.93	9.5	def
M Col 22	CMC-40		29.71	5.9	ef
CMC-40	CMC-40		28.79	1.9	f
CM 321-188	CMC-40		30.62	0.7	f

a. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$) al probarlas utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 16. Efecto de la poda con y sin la eliminación de rebrote con herbicidas en el porcentaje de deterioro de raíces de plantas de M Col 22 cosechadas en siete fechas durante un período de dos meses.

Intervalo entre la poda y la cosecha (días)	Tratamiento ^a		
	Testigo (sin poda)	Poda	Poda + Gramoxone
2	60.1 (55.6)	52.0 (46.2)	34.9 (34.7)
4	42.4 (40.9)	29.3 (29.9)	25.9 (29.2)
8	54.3 (48.0)	24.1 (28.4)	18.9 (25.0)
16	59.7 (51.0)	20.0 (26.3)	16.7 (22.5)
32	48.3 (46.3)	6.6 (13.9)	5.3 (11.1)
64	47.3 (45.1)	12.7 (20.7)	11.1 (18.0)
Media	52.0 (46.7)	24.1 (27.5)	18.8 (23.4)

DMS ($P = 0.05$) para la media de los tratamientos = (4.64); para la media del intervalo entre la poda y la cosecha = (6.57).

a. Las cifras entre paréntesis se refieren a los valores transformados a arcosenos del porcentaje de deterioro.

Los experimentos realizados con varios cultivares en el CIAT mostraron que la adquisición de resistencia al deterioro fisiológico, la cual ocurre en raíces después de la poda, es un fenómeno generalizado en yuca. Todos los cultivares de susceptibilidad variable se convirtieron rápidamente y casi totalmente en resistentes al deterioro fisiológico después de solamente dos semanas y así continuaron hasta el final del experimento a las nueve semanas después de la poda (Cuadro 17). La mayoría de los cultivares también sufrieron por un descenso considerable en el contenido de materia seca de las raíces debido al crecimiento regenerativo en el tallo cortado, al cual se le permitió continuar creciendo durante el experimento. Antes de poder hacer uso de este procedimiento de poda antes de la cosecha, es necesario perfeccionar los métodos para minimizar las pérdidas de materia seca (es decir, de almidón) en las raíces.

Cuadro 17. Cambios en la susceptibilidad al deterioro y en el contenido de materia seca de las raíces después de la poda de 10 cultivares antes de la cosecha en CIAT.^a

Cultivar	Testigo sin poda		Porcentaje de deterioro a un intervalo entre poda y cosecha de:		
	Deterioro (%)	Contenido de materia seca (%)	a un intervalo entre poda y cosecha de:		
			2 semanas	6 semanas	9 semanas
CM 305-120	32.4 (33.4)	29.7	1.6 (5.5)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
CM 305-122	69.9 (57.6)	40.2	20.0 (25.0)	1.4 (4.7)	6.4 (12.3)
CM 344-71	18.4 (24.2)	33.4	0.4 (1.7)	0.0 (0.0)	0.1 (0.7)
M Col 22	90.1 (74.1)	34.7	1.1 (4.1)	0.1 (0.5)	0.0 (0.0)
M Col 113	12.0 (13.1)	36.4	1.7 (5.6)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
M Col 638	27.2 (29.6)	33.1	1.7 (6.5)	0.1 (0.5)	0.1 (0.7)
CMC-40	1.6 (5.5)	29.2	2.7 (8.0)	0.2 (1.2)	0.0 (0.0)
Llanera	0.6 (2.4)	24.2	1.9 (5.1)	0.1 (0.7)	0.0 (0.0)
M Ven 77	3.0 (8.1)	29.7	2.4 (7.4)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
CMC 92	24.6 (28.5)	30.0	2.3 (8.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)

DMS ($P = 0.05$) = (5.82) para los valores transformados de los porcentajes de deterioro.

a. Los números entre paréntesis son los arcosenos en valores transformados del porcentaje de deterioro.

Cultivo de Tejidos

En 1981, continuaron los esfuerzos para utilizar los métodos del cultivo de meristemas para limpiar materiales de enfermedades, desarrollar una colección de germoplasma in vitro e intercambiar materiales clonales con varios países. También se adelantó investigación para refinar las técnicas actuales e iniciar métodos de cultivo de anteras y células.

Cultivo de Meristemas

Recuperaciones de clones sanos

Termoterapia. Las tasas de "limpieza" de cuero de sapo y mosaicos son altas cuando las estacas infectadas rebrotan a altas temperaturas antes de tomar los cultivos de meristemas (CIAT, Informes Anuales, 1979 y 1980). Un punto de importancia práctica es el grado en el que la termoterapia por sí misma afecta la transmisión del cuero de sapo de estacas infectadas a sus retoños durante el rebrote. Cortes de diferentes longitudes fueron hechos en retoños que brotaron de estacas mantenidas durante tres semanas a temperaturas de 40°C durante el día y 35°C durante la noche; las estacas testigo se cultivaron en el invernadero. Los retoños enraizaron y se transplantaron al campo. A pesar de que la temperatura alta redujo en gran medida la severidad de los síntomas del cuero de sapo, el número de plantas completamente libres de síntomas fue relativamente pequeño (Cuadro 1). Esto mostró que la termoterapia no previno completamente la transmisión de la enfermedad de las estacas infectadas a los retoños. La temperatura alta solamente retrasó el desarrollo de los síntomas de la enfermedad, especialmente en plantas cultivadas a partir de las estacas cortas y probablemente disminuyó la tasa de movimiento ascendente del agente causal.

Termoterapia seguida por cultivo de meristemas. El cultivo de meristemas obtenidos de estacas tratadas a altas temperaturas no solamente aumenta la tasa de "limpieza" del cuero de sapo sino también aumenta el porcentaje de meristemas que inician crecimiento en forma exitosa. Los resultados preliminares de un trabajo de investigación de tesis indican que este último efecto de la termoterapia ocurre incluso durante el cultivo de meristemas de variedades de yuca que no muestran síntomas obvios de la enfermedad. Al igual que en otros cultivos, la pérdida de vigor y, por consiguiente, la reducción del crecimiento de los cultivos, se puede deber a la acumulación de factores de tipo viral en variedades "viejas". Para probar en forma indirecta si este es el caso y, además, para evaluar las posibles reducciones en el rendimiento potencial, se están adelantando trabajos mediante el uso de dos variedades de yuca propagadas por cultivos de meristemas con y sin termoterapia y propagadas mediante estacas.

Cuadro 1. Sintomatología de raíces y plantas libres de síntomas originados de retoños provenientes de estacas infectadas con cuero de sapo que rebrotaron en condiciones de termoterapia.

Material	Termoterapia (40/35°C) ^a		Testigos (invernaderos)	
	Plantas libres de síntomas	Grado de síntomas ^b	Plantas libres de síntomas	Grados de síntomas ^b
M Col 33				
retoños de 4 - 5 cm	1/9	0	0/5	3
retoños de 8 - 10 cm	1/10	1	0/6	3
M Col 2062				
retoños de 4 - 5 cm	1/10	1	0/5	4
retoños de 8 - 10 cm	0/10	2	0/5	4

- a. Termoterapia aplicada a estacas en materos durante 3 semanas en una cámara de crecimiento. Retoños enraizados cultivados en el campo durante cuatro meses. Longitud de los retoños medida del ápice hacia abajo.
- b. Grado relativo de síntomas: 0 = leves; 1-4 = grados crecientes de severidad.

Con base en los resultados presentados anteriormente y los experimentos de injertación de clones sanos en patrones enfermos (CIAT, Informe Anual, 1980), se puede deducir que el agente causal del cuero de sapo se transporta hasta muy cerca del ápice meristemático de los retoños; por lo tanto, es importante evaluar el efecto que puede tener el tamaño del meristema aislado en la erradicación del cuero de sapo.

Se tomaron estacas de plantas infectadas de seis variedades y se sembraron en materos y se expusieron a 35°C (día y noche) durante el rebrote; después de tres semanas, se aislaron y cultivaron los meristemas de dos tamaños. Las plantas recuperadas de los cultivos de meristemas se cultivaron en el campo y se propagaron por estacas durante varios ciclos consecutivos. El Cuadro 2 presenta un resumen de los resultados hasta el quinto ciclo de propagación vegetativa del trabajo iniciado dos años antes. El cultivo de meristemas pequeños produjo tasas de "limpieza" del 100% o cerca de este valor; además, los materiales permanecieron limpios durante varios ciclos de propagación. Sin embargo, el cultivo de meristemas grandes redujo las tasas iniciales y, en dos variedades, los síntomas de la enfermedad reaparecieron en 10 - 30% de las plantas después del tercer ciclo. Estos resultados indican que la termoterapia seguida por el cultivo de meristemas desempeña una función importante en la recuperación de clones sanos a partir de plantas enfermas con cuero de sapo; el cultivo de meristemas pequeños se debe combinar con la termoterapia de las estacas infectadas durante el rebrote.

Cuadro 2. Efecto del tamaño del meristemo en la tasa de "limpieza" del cuero de sapo mediante termoterapia seguida por cultivo de meristemas.

Variedad	Tamaño del meristema ^a	Plantas libres de síntomas (%) ^b				
		I Ciclo	II Ciclo	III Ciclo	IV Ciclo	V Ciclo
M Col 2	Pequeño	100	100	100	100	100
	Grande	88	100	100	100	100
M Col 33	Pequeño	96	100	100	100	100
	Grande	80	100	100	100	100
M Col 2062	Pequeño	82	100	100	100	100
	Grande	50	100	100	100	100
M CR3	Pequeño	100	100	100	100	100
	Grande	90	100	100	100	100
M Col 67	Pequeño	100	100	100	100	100
	Grande	90	100	80	90	85
M Col 73	Pequeño	100	100	100	100	100
	Grande	85	100	70	80	92

a. Pequeño = meristema apical con dos primordios (0.5 - 0.6 mm);
grande = meristema apical con cuatro primordios (0.8 - 1.0 mm).

b. Plantas de I ciclo cultivadas directamente a partir de cultivos de meristemas de plantas enfermas; plantas de II ciclo derivadas de estacas cortadas de plantas sin síntomas de I ciclo; plantas de III ciclo derivadas de estacas de plantas sin síntomas del II ciclo; etc. Duración de cada ciclo: 4-5 meses.

Programa rutinario de "limpieza" de enfermedades. En 1981 continuó el trabajo de rutina para limpiar los materiales de yuca de enfermedades peligrosas, especialmente el cuero de sapo. La técnica consiste básicamente en los siguientes pasos:

1. Las estacas que presentan yemas en dormancia se desinfestan, se siembran en materos y se someten a termoterapia (temperatura de 40°C durante el día y 35°C durante la noche) en cámaras de crecimiento con ambiente controlado. En estas condiciones, el rebrote ocurre en 1-2 semanas, pero el tratamiento continúa durante 2 semanas más.
2. Las yemas terminales de crecimiento aéreo se cortan y desinfestan.

3. Los meristemas pequeños (0.5-0.6 mm) se aíslan de las yemas en condiciones estériles y se siembran en el medio de cultivo.
4. Después de 4-5 semanas de incubación, los meristemas y nudos que han salido del meristema se cortan y se transfieren al medio de enraizamiento.
5. Las plántulas enraizadas se endurecen antes de sembrarlas en materos en el invernadero.
6. Las plantas en materos repetidas se transplantan al campo y a materos grandes en el invernadero.
7. Después de 3 meses de crecimiento, se evalúa la presencia del cuero de sapo en las plantas derivadas del cultivo de meristemas.
8. Se cortan estacas de las plantas libres de síntomas, se cultivan nuevamente durante tres meses, se reevalúan y finalmente se entregan a la respectiva sección del Programa de Yuca.

Como norma se mantienen muestras duplicadas de todo material limpio en condiciones estériles en la forma de cultivos de meristemas. El Cuadro 3 describe la clase de materiales, las enfermedades que se limpiaron y el número de variedades procesadas este año mediante la técnica de erradicación mencionada.

Conservación de germoplasma

La conservación de germoplasma es una actividad a largo plazo cuya meta final es construir un banco de germoplasma in vitro. El método de conservación de cultivos de meristemas proporciona las ventajas del aislamiento de material de microorganismos, el uso de un espacio reducido y costos menores. Este mantenimiento también debe facilitar el intercambio de materiales clonales. El Cuadro 4 muestra la fuente y la cantidad de materiales de yuca que han sido transformados a cultivos de meristemas para su conservación.

Intercambio internacional de germoplasma

La ventaja principal de la utilización de los cultivos de meristemas para intercambiar clones de yuca con otros países es la limpieza inherente de enfermedades peligrosas en este material. El éxito del procedimiento de intercambio depende de dos factores principales: el período de tiempo transcurrido desde el embarque hasta la llegada del material y la eficiencia del manejo de los cultivos después de que lleguen a su destino (CIAT, Informe Anual, 1980). Se han hecho trabajos para diseñar las condiciones que puedan reducir cualquier efecto negativo en los cultivos debido a viajes largos y mejorar los procedimientos de manejo al llegar a su destino.

Cuadro 3. Fuentes, enfermedades y cantidad de materiales limpios mediante la técnica del cultivo de meristemas.

Fuente del material	Enfermedad	No. de variedades
Llanos de Colombia	Sospecha de CBB	34
Santander de Quilichao	Cuero de sapo y posiblemente CBB	91
Banco de germoplasma del CIAT	Sospecha de cuero de sapo	54
Híbridos y variedades promisorias	-- ^a	21

a. Solamente limpieza preventiva; cerca de 1700 plantas se transplantaron al campo para su propagación.

Cuadro 4. Fuente y cantidad de material de yuca mantenido en la forma de cultivo de meristemas hasta octubre de 1981.

Fuente de materiales	No. de accesiones ^a
Brasil	272
Amazonía colombiana	117
Llanos colombianos	30
Perú	29
Variedades del CIAT M Col	157
Líneas híbridas del CIAT	33
Variedades del CIAT M Ven	14
Variedades del CIAT M Mex	10
Variedades del CIAT M Bra	10
Otras variedades del CIAT: Pan, Ecu, Cub, PR, etc.	30
Total	702

a. Repeticiones/accesiones = 3-5 tubos de ensayo.

Preparación de cultivos para su distribución. Los cultivos de meristemas de yuca expuestos a la oscuridad se alargan rápidamente y se tornan cloróticos; la oscuridad prolongada induce defoliación y oscurecimiento de las raíces y, eventualmente, de los retoños. A fin de averiguar si el medio de cultivo puede influir en el grado de tolerancia a la oscuridad durante el embarque, se prepararon cultivos de meristemas para su distribución en cuatro medios de composición variable y mantenidos en la oscuridad hasta por 6 semanas; se sacaron muestras repetidas cada semana y se evaluaron. El Cuadro 5 muestra que la composición del medio de cultivo influyó en la elongación de los entrenudos, hojas caídas y clorosis, como también en la ramificación y el enraizamiento de los cultivos. La elongación de los entrenudos, en

relación con la longitud inicial de los entrenudos antes del inicio del tratamiento, fue mínima cuando el medio contenía o la citoquinina BAP o la auxina 2,4-D; además, la defoliación fue mínima y la clorosis disminuyó cuando el medio contenía tanto la citoquinina como la auxina. Este trabajo ha confirmado observaciones anteriores con relación a la sensibilidad del cultivo de meristemas de yuca a una oscuridad prolongada (CIAT, Informe Anual, 1980) y ha demostrado que en el medio debe existir un juego completo de reguladores de crecimiento para minimizar los efectos de la oscuridad en detrimento de los cultivos.

Manejo de los cultivos al arribar a su destino. Especialmente después de viajes de más de dos semanas, los cultivos de yuca se deben tratar antes de su micropropagación y/o siembra en materos, con aproximadamente 3000 lux de iluminación y 24-25° durante 1-2 semanas. Este procedimiento de endurecimiento prepara a los cultivos para soportar una deshidratación excesiva durante su siembra en materos. Esta se debe hacer en invernadero bajo sombra, utilizando una mezcla 2:1 de arena y suelo; los materos con las plántulas se deben mantener en cámaras de plástico que proporcionen una alta humedad relativa durante 1-2 semanas.

Cuadro 5. Intercambio internacional de clones de yuca *in vitro*; efecto de la composición del medio en la elongación del tallo, caída de hojas y clorosis de plántulas derivadas de meristemas mantenidas en la oscuridad.^a

Párametro	Medio ^b	Duración de la oscuridad (semanas)		
		2	4	6
Elongación de los entrenudos (%) ^c	A	32	48	56
	B	0	6	10
	C	6	30	40
	D	35	62	70
Caída de hojas (%)	A	50	60	75
	B	40	47	96
	C	40	50	84
	D	20	24	55
Clorosis relativa ^d	A	1	2	4
	B	1	2	3
	C	1	2	4
	D	0	2	2

a. Promedio de tres variedades: 10 - 20 repeticiones/tratamiento.

b. A = 1/3 MS + 2% de sucrosa + 0.01 mg/l ANA; B = MS + 1% sucrosa + 0.1 mg/l BAP + 0.1 mg/l de AG; C = 1/3 MS + 2% sucrosa + 0.01 mg/l 2,4-D; D = MS + 1% sucrosa + 0.1 mg/l BAP + 0.1 mg/l de AG + 0.01 mg/l 2,4-D.

c. Elongación al final del tratamiento.

d. Calificación: 0 = verde amarillento; 1 a 4 indican rangos de clorosis desde un poco hasta muy clorótico.

Se ha iniciado el mejoramiento del crecimiento temprano de plántulas sembradas en materos derivadas de meristemas. A intervalos semanales se regaron plántulas recién sembradas en materos incluyendo varias dosis de fertilización con altos niveles de P (10-52-10, N-P-K) durante 5 semanas; el riego con una solución nutritiva de Hoagland y agua corriente se utilizaron como testigos. Como se ilustra en la Figura 1, en comparación con los testigos, hubo una respuesta marcada a la fertilización con alto nivel de P hasta una dosis de 2 g/litro. Hubo un aumento de 100 veces el peso fresco de la plántula original en el tubo de ensayo con la dosis óptima de P, en tanto que solamente se obtuvo un aumento de 2-5 veces con los testigos de agua corriente y solución nutritiva de Hoagland, respectivamente. El aumento del peso fresco estuvo acompañado por aumento en la elongación del tallo a razón de 3-4 cms/semana con el alto nivel de P en comparación con elongaciones de 0.5 a 1.0 cm/semana con los testigos. Concentraciones mayores de 2 g/litro de P presentan un efecto en detrimento del crecimiento.

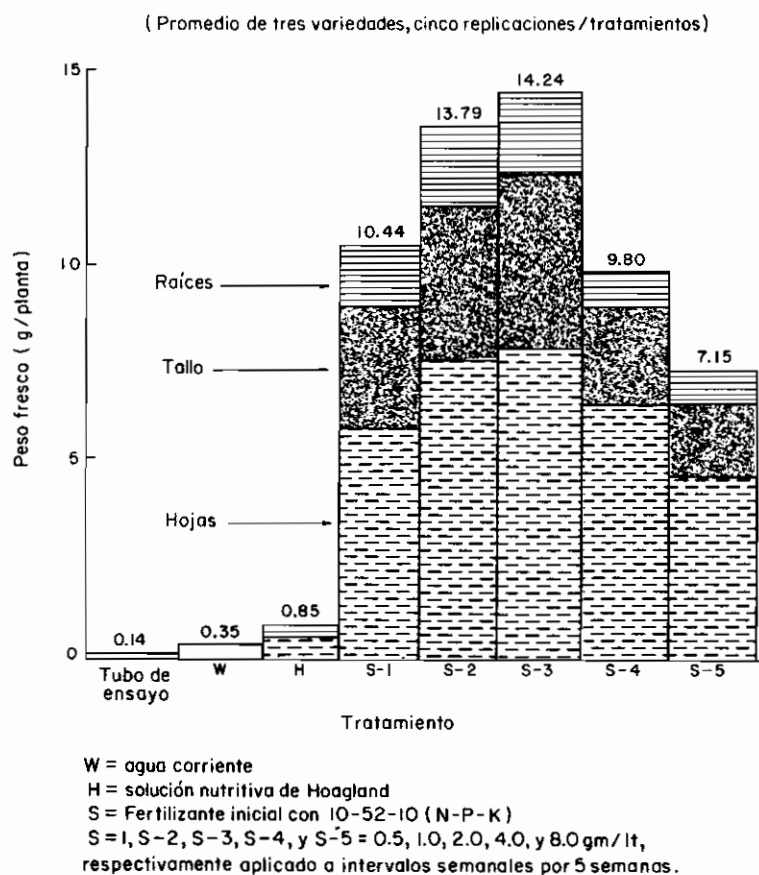


Figura 1. Acondicionamiento de los clones de yuca derivados de meristemas para su transplante al campo: Efecto de la fertilización con P en el crecimiento temprano de plantas obtenidas in vitro en condiciones de invernadero (promedio de tres variedades, cinco repeticiones/tratamiento).

Intercambio rutinario de clones de yuca en la forma de cultivo in vitro. El diagrama de flujo presentado en la Figura 2 muestra los principales pasos y procedimientos que se siguen en el intercambio de materiales de yuca en la forma de cultivos de meristemas.

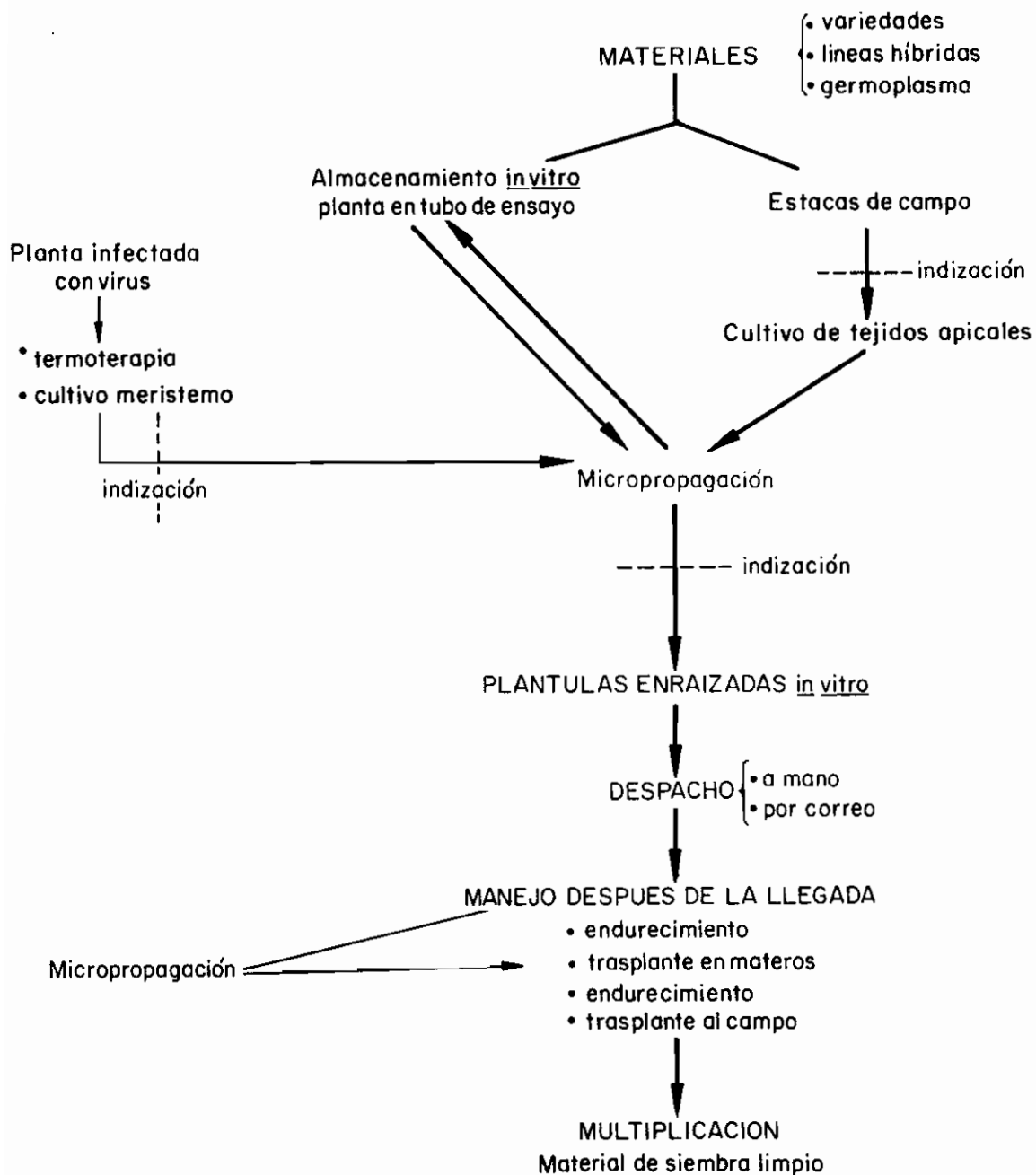


Figura 2. Diagrama de flujo que muestra el intercambio internacional de materiales clonales.

Distribución desde el CIAT. En 1981, el CIAT despachó in vitro a ocho países un total de 95 materiales de yuca en la forma de plántulas enraizadas derivadas de cultivos de meristemas (Cuadro 6). Con el fin de favorecer la capacidad de los programas nacionales para manejar los clones de yuca distribuidos en la forma de cultivos in vitro; se ofreció un curso corto de entrenamiento a técnicos de nueve países de América Latina.

Cuadro 6. Distribución de materiales de yuca en la forma de cultivos in vitro del CIAT a otros países.

País	Destino Institución	No. de materiales		
		Variedades	Líneas híbridas	Total
Brasil	CENARGEN/CNPMF	3	4	7
México	INIA	10	6	16
Cuba	CEMSA	13	4	17
Filipinas	Univ. Los Baños	1	2	3
China	South China Ac. Trop. Crops	4	3	7
Australia	Plant Quar. Res. Stat., Canberra	3	5	8
Africa del Sur	Anglo American Corp.	1	4	5
E. U.	USDA/IPRI	20	0	20
	USDA	4	1	5
	Univ. Arizona	7	0	7
Total		66	29	95

Introducciones al CIAT. Siguiendo metodologías establecidas anteriormente (CIAT, Informe Anual, 1980), se transfirieron más de 150 accesiones de yuca de Brasil al CIAT en la forma de cultivos de meristemas con la colaboración del CNPMF y CENARGEN, del Brasil. Al adicionar estos materiales, más los traídos de manera similar el año pasado, se puede indicar que la variabilidad de la yuca cultivada en la mayoría de las regiones de Brasil, excepto de la parte sur, está bien representada en la colección de germoplasma del CIAT. Se están haciendo trasplantes para transferir al CIAT muestras del sur del Brasil, las cuales pueden ser valiosas debido a su adaptación a condiciones de zonas templadas. De manera similar, becarios anteriores del CIAT del sureste asiático prepararon y despacharon al CIAT cuatro importantes variedades de yuca. Los materiales introducidos al CIAT en la forma de cultivos de meristemas se micropropagaron, se sembraron en materos y se transplantaron al campo para su utilización por el Programa (Figura 3).



Figura 3. Introducción de materiales de yuca del sureste de Asia al CIAT en la forma de plántulas enraizadas derivadas de cultivos de meristemas. A = clones despachados por G. Wong (MARDI-Malasia) en tubos de ensayo. B = los mismos materiales después del transplante al campo.

Cultivos de Anteras

Para producir plantas haploides exitosas mediante el cultivo de anteras o microsporas, se consideran dos pasos importantes: (1) la inducción de la microspora para que cambie su destino sexual normal y siga una vía vegetativa, y (2) la diferenciación de los órganos o embriones y plantas de las microsporas inducidas. Este año se inició el trabajo encaminado a desarrollar métodos para el cultivo de anteras de yuca.

Estados de la microspora

Se ha determinado que existe una relación cercana entre la habilidad de la microspora para sufrir una multiplicación vegetativa de células en forma continuada y el estado de desarrollo al momento del aislamiento de la yema floral y el cultivo. Los trabajos con otros cultivos indican que la microspora uninucleada es el estado óptimo para la multiplicación de células.

Utilizando diversas variedades de yuca, se realizaron trabajos para observar los estados de la microsporogénesis con relación al tamaño de la yema floral; este trabajo tiene aplicación práctica directa en lo que respecta al muestreo de yemas y anteras para su cultivo en el estado adecuado de la microspora. Las yemas florales de 1-2 mm y 2-4 mm correspondieron a microsporas en los estados tetranucleados y uninucleados (temprano, intermedio y tardío), respectivamente; yemas más grandes contenían microsporas en su estado binucleado.

Con el fin de hacer observaciones citológicas adecuadas de las microsporas, se modificaron las microtécnicas convencionales para prevenir las interferencias debido a la presencia del latex y la exina.

Androgénesis

Se aislaron yemas florales de 2-4 mm de las anteras de seis variedades de yuca y se cultivaron. Ocurrió multiplicación de células en la mayoría de las anteras y en ellas se produjeron masas de callos; sin embargo, se observó una fuerte influencia de la variedad en la cantidad de crecimiento de callo. Los recuentos de cromosomas de tejidos apicales radicales, diferenciados en los callos, indicaron su haploidía. Continúan los trabajos para desarrollar las condiciones para una androgénesis completa.

Desarrollo de Germoplasma

Un objetivo básico del mejoramiento genético del Programa de Yuca es explotar la habilidad del cultivo para sobrevivir y producir en forma razonable en las condiciones marginales con bajos niveles de insumos. Durante 1981, la sección de Desarrollo de Germoplasma continuó la evaluación de accesiones de germoplasma y la selección de materiales híbridos en condiciones de estrés moderadas y altas. Continuaron los estudios para determinar los sistemas mas eficientes de selección por adaptación a tres zonas edafoclimáticas productoras de yuca en Colombia.

Introducción de Germoplasma

La sección de Cultivos de Tejidos de la Unidad de Recursos Genéticos introdujo al CIAT 147 clones adicionales provenientes de Brasil en la forma de cultivos asépticos de meristemos. Estos se están regenerando para su incorporación posterior al banco de germoplasma. Introducciones hechas anteriormente en la forma de meristemos están siendo multiplicadas en el campo para su evaluación posterior. También mediante meristemos se han hecho introducciones al CIAT de las mejores líneas de Tailandia y Malasia. Su comportamiento en las condiciones de Colombia proporcionará una base solida para definir mejor los criterios de selección del germoplasma que el CIAT suministre a estos países. También, en el caso de Malasia, donde pocos clones de yuca florecen, el CIAT puede hacer cruces con sus variedades locales y enviarles la semilla para su selección.

Evaluación del Banco de Germoplasma

En cinco localidades de Colombia se está adelantando la evaluación de accesiones de germoplasma por su adaptación, resistencia a enfermedades e insectos, rendimientos y calidad de las raíces (Cuadro 1). En todas las localidades ya las líneas seleccionadas han sido transferidas a la etapa de los ensayos repetidos de rendimiento. La evaluación comienza con una sola hilera por accesión, con variedades testigo dispersas en las parcelas del ensayo. Durante la estación de crecimiento se toman datos sobre el vigor general, ataques de enfermedades y plagas, hábito de ramificación y otras características morfológicas. Al momento de la cosecha se evalúa el rendimiento de raíces y la calidad de las mismas. Aquellas accesiones que parezcan ser promisorias pasan a un ensayo preliminar de rendimiento en el cual se siembran en parcelas pequeñas sin repetición a las distancias en las cuales se siembra la yuca comercialmente. Las líneas seleccionadas pasan a un ensayo repetido de rendimiento con parcelas de 25 a 30 plantas y 2 a 3 repeticiones. Los ensayos de rendimiento se repiten durante varios años para evaluar la estabilidad.

Las localidades de evaluación se escogen teniendo en cuenta que presenten las características físicas y los complejos de plagas de las

Cuadro 1. Características climáticas y edáficas principales de las localidades en donde se adelanta evaluación de germoplasma de yuca en Colombia.

Localidad	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Textura del suelo	pH del suelo	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/100 g)
Media Luna	10	27.2	800-1200	Franco arenosa	6.6	0.7	7.2	0.08
Fonseca ^a	180	28.0	700-1000	Franco arenosa	6.9	0.9	29.0	0.28
Valledupar	120	28.0	700-1000	Franco arenosa	6.9	1.1	25.0	0.22
Carimagua	200	26.2	1800-2600	Arcillo limosa	4.7	3.2	1.9	0.14
Popayán	1760	18.0	1800-2500	Franco arenosa	5.5	7.4	2.0	0.04
CIAT-Palmira	1000	23.8	600-1550	Arcillosa	7.4	4.1	81.5	0.69

a. Las evaluaciones se descontinuaron en 1981.

zonas edafoclimáticas en las cuales trabaja el CIAT. Fuera del CIAT-Palmira, las localidades son áreas con estrés moderado y alto, donde se puede medir un amplio rango de factores de adaptación, resistencia y rendimiento. En la costa norte de Colombia y en Carimagua, el objetivo principal es identificar líneas que puedan proporcionar con alta frecuencia una base de germoplasma de genes útiles para su incorporación en líneas avanzadas por parte de la sección de Mejoramiento de Variedades. Las accesiones seleccionadas han servido como base parental en la formación de bancos de genes por adaptación en las diferentes zonas edafoclimáticas.

Costa norte de Colombia

Esta región es representativa de áreas de primera prioridad para el Programa de Yuca. El germoplasma se ha evaluado en dos localidades: en Media Luna, Magdalena, y en Fonseca, Guajira (véase el Cuadro 1). En Media Luna se le presta atención especial a la resistencia al CBB, superalargamiento y ácaros; habilidad para producir y mantener un alto contenido de materia seca en las raíces; y alto rendimiento potencial. Durante este año se evaluaron 239 accesiones del germoplasma en Media Luna, completando un total de 1150 durante los últimos tres años. El rendimiento promedio en el ensayo de una sola hilera fue de 1.5 kg/planta. Veinticinco accesiones de germoplasma, con un rendimiento promedio de 2.7 kg/planta y todas con un alto contenido de materia seca, pasaron al ensayo preliminar de rendimiento.

En un ensayo de rendimiento de accesiones e híbridos seleccionados, todas excepto una entrada sobrepasaron en rendimiento a la variedad testigo local Secundina y varias presentaron contenido muy alto de materia seca (Cuadro 2). Aquellas líneas con un alto rendimiento y un alto contenido de materia seca se están cruzando para mejorar aún más su comportamiento en Media Luna.

Fonseca se caracteriza por presentar poblaciones muy altas de ácaros del genero Mononychellus durante la estación seca, lo cual la convierte en una localidad excelente para evaluar por resistencia a estos ácaros. Durante 1981 se evaluaron 317 accesiones de germoplasma adicionales, aumentando el total de accesiones evaluadas en dicha totalidad a 631. Sin embargo, dificultades que se presentaron en el manejo del ensayo no permitieron tomar un rango completo de datos. La infestación de ácaros fue muy alta y la mayoría de las líneas presentaron alta susceptibilidad (calificación de 4 ó 5). Las frecuencias de las calificaciones de daño fueron: 0% de clones, 1; 1.2%, 2; 15%, 3; 27.9%, 4; y 55.8%, 5.

Los resultados del ensayo de rendimiento realizado en Fonseca se presentan en el Cuadro 3. Muchas líneas presentaron mejores rendimientos que los testigos locales y algunas líneas presentaron una combinación de alto rendimiento, alto contenido de materia seca y resistencia moderada o alta a los ácaros. Las líneas híbridas (líneas CM) dieron rendimientos favorables en este ambiente pero, en promedio, su contenido de materia seca fue menor que las mejores líneas seleccionadas de ensayos previos realizados en Fonseca. En general, el

bajo contenido de materia seca se debió a la cosecha al comienzo de la estación lluviosa.

Continuó la selección en condiciones de alta presión por ácaros cerca de Valledupar, Cesar, en colaboración con ASOCESAR, una organización de agricultores de la región.

Cuadro 2. Resultados de ensayos repetidos de rendimiento en Media Luna, Magdalena, mayo 1980-mayo 1981.

Línea	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	HCN ^a
M Ven 25	33.7	33.7	4.5
CM 342-170	33.6	21.8	2.0
M Col 1684	29.9	23.3	4.5
M Ven 23	27.0	33.8	4.5
M Ven 45A	24.5	32.1	4.0
Venezolana ^b	24.3	35.4	3.0
M Ven 131	21.5	37.1	5.0
CM 321-188	21.5	27.1	3.0
M CR-2	20.3	36.5	4.0
M Bra 12	19.6	28.0	4.0
M Col 1805	18.6	35.4	2.5
<u>Testigo</u> ^b			
Secundina	12.0	31.4	3.5
Media (23 líneas)	19.7	31.5	3.5

a. Resultados del análisis cualitativo por el método del ácido pícrico:
0 = muy bajo; 5 = muy alto.

b. Variedad regional.

Carimagua

La evaluación preliminar de germoplasma en Carimagua hace énfasis en la resistencia al CBB, superalargamiento y antracnosis; además, el germoplasma se evalúa por su capacidad de rendimiento en condiciones de alta presión de enfermedades y suelos ácidos e infértiles. La mayor parte del banco de germoplasma se había evaluado en años anteriores. Este año se evaluaron algunos materiales restantes, incluyendo introducciones recientes de Brasil y Cuba. De las 111 accesiones evaluadas, solamente nueve fueron seleccionadas y avanzadas al ensayo preliminar de rendimiento.

Cuadro 3. Resultados del ensayo repetido de rendimiento en Fonseca, Guajira, mayo 1980-mayo 1981.

Línea	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	HCN ^a	Acaros ^b
CM 514-1	38.8	27.8	2.5	3.0
CM 323-403	35.8	26.3	4.5	3.5
M Col 1180	30.1	30.2	1.5	4.0
CM 321-188	29.2	27.1	3.5	4.0
M Col 23	21.9	28.4	1.5	5.0
M Mex 25	21.2	31.9	2.5	3.0
CM 342-170	19.4	23.1	2.0	5.0
M Col 917	19.3	27.8	3.5	4.5
M Col 948B	17.9	32.2	1.0	4.0
CM 516-7	17.4	21.4	4.0	4.5
M Col 76B	17.4	33.6	2.5	3.0
M Ecu 162	16.4	32.8	0.5	2.5
M Col 949	16.2	36.3	2.0	3.0
<u>Testigos</u>				
Pan de Azúcar ^c	19.2	34.6	2.0	4.0
Enanita ^c	12.8	32.8	0.5	4.0
M Bra 12	12.5	30.2	4.0	3.0
Coloradita ^c	10.7	29.2	2.5	3.5
Media (77 líneas)	10.3	28.2	2.5	3.6

a. Resultados del análisis cualitativo por el método del ácido pícrico:

0 = muy bajo; 5 = muy alto.

b. 1 = daño muy bajo; 5 = daño muy alto.

c. Variedad regional.

Un ensayo avanzado de rendimiento, que incluyó en su mayor parte accesiones que han permanecido durante varios años en evaluación continua, mostró la existencia de una base limitada de germoplasma adaptada a las condiciones de alto estrés presentes en Carimagua, con un buen potencial de rendimiento (Cuadro 4). Sin embargo, esta base servirá como fuente valiosa de resistencia y adaptación en el programa de mejoramiento genético.

Al haber evaluado casi todo el banco de germoplasma en Carimagua, el énfasis se ha cambiado hacia el mejoramiento de esta base de germoplasma de materiales resistentes a enfermedades mediante mejoramiento genético, particularmente mediante la adición de un mayor potencial de rendimiento, mayor contenido de materia seca de las raíces y resistencia a ácaros y chinches de encaje.

Cuadro 4. Resultados del ensayo repetido de rendimiento en Carimagua, mayo 1980-abril 1981.

Línea	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	HCN ^a	CBB ^b	Super- alargamiento ^b
CM 523-7	17.9	36.4	3.0	3.0	2.5
M Per 245	15.4	30.8	3.0	2.5	1.5
M Bra 5	12.0	34.7	1.5	2.7	1.7
M Per 242	10.9	27.6	2.5	2.2	1.5
CM 507-34	9.8	33.2	3.0	3.2	2.7
M Pan 90	9.6	31.2	3.0	3.5	2.0
M Pan 101	9.5	27.5	3.0	2.5	2.0
M Per 253	9.4	30.0	1.0	2.7	3.2
M Col 1916	9.2	31.6	2.5	2.5	1.7
M Col 1940	9.1	36.0	5.0	3.0	1.5
M Ven 38	8.9	30.3	3.0	2.2	2.0
M Col 1894	7.8	32.7	2.0	2.7	1.2
M Bra 29	7.6	33.8	2.5	3.0	1.5
M Ecu 82	7.1	32.0	3.0	2.7	1.5
M Col 2024	7.0	38.0	3.5	3.2	2.0
M Col 1914	7.0	30.2	2.0	3.0	1.5
<u>Testigos</u>					
M Ven 77	6.6	30.4	2.5	2.2	2.0
M Col 638	4.1	26.2	2.5	2.7	1.2
M Col 1684	1.5	30.0	4.5	3.7	2.2
M Col 22	0.6	--	--	4.2	2.5
Media (63 líneas) 5.1				3.2	2.0

a. Resultados del análisis cualitativo por el método del ácido pícrico:

0 = muy bajo; 5 = muy alto.

b. 1 = daño muy bajo; 5 = daño muy alto.

Popayán

Se adelantó una evaluación preliminar de las accesiones del germoplasma que se había recolectado a más de 1500 msnm, más la colección de Cuba y las accesiones del sur de Brasil. Los resultados fueron sorprendentes puesto que, en general, todo este material presentó una mala adaptación a Popayán. A los ocho meses de edad, se seleccionaron 38 accesiones de un total de 438 probadas por tolerancia al frío y resistencia a *Phoma* spp. Es evidente que es muy bajo el número de clones en la colección de germoplasma que presenta adaptación a las regiones de tierras altas tropicales.

Las accesiones provenientes de zonas subtropicales (Cuba y sur de Brasil) no presentaron buena adaptación a Popayán, de tal manera que parece haber poca relación entre la capacidad de una variedad para tolerar temperaturas bajas de invierno en el subtrópico y su habilidad para tolerar temperaturas bajas constantes.

Un ensayo de rendimiento de segundo año en Popayán demostró nuevamente una comparación favorable de materiales de una colección de áreas de altitud elevada en Huila con variedades locales de Popayán (Cuadro 5). Sin embargo, M Col 1522 (CMC 92) continúa siendo uno de los mejores clones para las áreas de temperaturas bajas y se está utilizando extensivamente en cruzamientos para buscar adaptación a las condiciones de Popayán.

Cuadro 5. Resultados del ensayo repetido de rendimiento en Popayán, marzo 1980-junio 1981.

Línea	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	HCN ^a	Phoma ^b
M Col 2019	18.4	32.6	3.5	2.7
M Col 2017	15.6	29.2	1.7	2.0
M Col 1522 ^c	15.1	28.7	3.5	2.0
M Col 2006	14.4	31.5	1.7	2.0
M Col 2061 ^c	14.2	36.6	3.0	2.7
M Col 2007	13.3	32.4	4.0	2.2
M Col 2015	11.0	31.1	2.5	2.2
M Col 2014	10.4	30.0	3.0	3.0
M Col 2016	9.7	33.5	1.7	2.5
M Col 2060 ^c	8.1	31.9	2.0	2.2
M Col 2018	6.4	31.7	1.7	2.2
M Col 2005	4.6	33.5	0.5	3.0
Media (12 líneas)	11.8	31.9	2.4	2.4

- a. Resultados del análisis cualitativo por el método del ácido pícrico:
0 = muy bajo; 5 = muy alto.
b. 1 = daño muy bajo; 5 = daño muy alto.
c. Variedad regional.

CIAT-Palmira

Las selecciones de un ensayo de observación de una colección de yuca de Cuba introducida al CIAT en 1979 se evaluaron en un ensayo repetido de rendimiento. En un período de crecimiento de 10 meses se obtuvieron rendimientos de más de 50 t/ha, lo cual muestra un excelente potencial de rendimiento en algunas de estas líneas (Cuadro 6). La mayoría también presentó buenos niveles de contenido de materia seca.

Estos resultados son especialmente importantes porque indican que las selecciones en condiciones subtropicales, con condiciones de longitud diurna y temperaturas variables durante el año, tienen una buena oportunidad de adaptación en el trópico en regiones de longitud diurna y temperatura constantes. La selección en dirección opuesta parece ser menos efectiva según los resultados obtenidos con base en genotipos seleccionados en Colombia y enviados al subtrópico.

Cuadro 6. Resultados del ensayo repetido de rendimiento de la colección de Cuba en CIAT-Palmira, junio 1980-marzo 1981.

Línea	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	HCN ^a
M Cub 50	51.6	39.2	3.0
M Cub 47	50.6	31.4	5.0
M Cub 19	47.6	37.3	1.0
M Cub 53	43.8	39.4	3.5
M Cub 31	34.8	37.4	1.0
M Cub 62	33.6	39.0	2.0
M Cub 60	27.7	35.8	4.0
M Cub 63	27.0	37.4	4.0
M Cub 5	24.1	36.6	1.0
M Cub 7	21.3	37.6	0.0
M Cub 10	19.4	39.8	1.0
<u>Testigos</u>			
M Col 22	27.5	37.5	1.0
M Col 113	18.8	32.3	1.0
M Col 1438	25.7	33.4	3.0
Media (11 líneas)	32.4	36.7	2.2

a. Resultados del análisis cualitativo por el método del ácido pícrico:
0 = muy bajo; 5 = muy alto.

Características Generales de las Accesiones del Germoplasma

Con base en los datos actualmente disponibles sobre las evaluaciones del banco de germoplasma realizadas en Colombia, se pueden hacer varias generalizaciones para caracterizar a las accesiones actuales. Claro está que hay excepciones a estas generalizaciones y, con frecuencia, son estas excepciones las de mayor interés en un programa de mejoramiento genético.

1. El rendimiento potencial de la mayoría de las accesiones existentes es bajo y se manifiesta particularmente en un índice de cosecha bajo.
2. La frecuencia de accesiones que presentan alto nivel de resistencia a cualquier enfermedad o plaga de importancia es, generalmente, baja y las que presentan un alto nivel de resistencia combinado a todas las enfermedades y plagas de una región son muy bajas. El Cuadro 7 muestra ejemplos de frecuencias de accesiones que presentan combinaciones de rasgos requeridos para diferentes áreas.

3. Aunque la yuca como especie se adapta a un amplio rango de condiciones, el rango de adaptación de una accesión de germoplasma determinada parece ser muy limitado.
4. Existe un número considerable de accesiones que presentan características favorables y que no han sido utilizadas en programas de mejoramiento genético. Aún existe mucha variabilidad para ser explotada en mejoramiento genético.
5. El mejoramiento genético desempeñaría la función primordial en el futuro para producir genotipos aceptables en condiciones de prácticas culturales mejoradas.

Cuadro 7. Frecuencia de las accesiones del germoplasma con altos niveles de expresión de rasgos requeridos para adaptación a diferentes ambientes.^a

Area	Característica	Nivel de expresión	Frecuencia
Costa norte	Rendimiento de raíces/planta (kg/plant)	≥ 3.5	1007
	<u>más</u> índice de cosecha	≥ 0.5	432
	<u>más</u> materia seca de raíces _b (%)	≥ 35	313
	<u>más</u> daño por <u>Mononychellus</u>	≤ 2	57
	<u>más</u> daño por trips	≤ 2	42
Carimagua	Daño por bacteriosis ^b	≤ 3	55
	<u>más</u> daño por superalargamiento _b	≤ 3	21
	<u>más</u> daño por <u>Mononychellus</u>	≤ 3	6
	<u>más</u> daño por <u>Vatiga</u>	≤ 3	4
Popayán	Daño por <u>Phoma</u>	≤ 2	17
	<u>más</u> daño por <u>Oligonychus</u> ^b	≤ 2	10

- a. Datos del CIAT: rendimiento de raíces, índice de cosecha, materia seca de las raíces, puntajes de daño por ácaros e insectos; datos de Carimagua: puntajes de daños por antracnosis y superalargamiento; datos de Popayán: puntajes de daños por Phoma.
- b. Los puntajes de daño causado por enfermedades, ácaros e insectos se hicieron con base en una escala de 1-5, donde 1 = daño muy bajo; 5 = daño muy alto.

Formación de Bancos de Genes

Las características generales descritas con anterioridad para las accesiones de germoplasma de yuca indican que son pocos los clones que pueden ser usados directamente como progenitores para producir híbridos aceptables en cuanto a su comportamiento en condiciones de estrés

moderado y alto. La progenie de cualquier cruce exhibe una combinación de rasgos de los progenitores tanto deseables como indeseables. Para incorporar rasgos favorables en líneas híbridas superiores, primero es necesario mejorar la base parental de la cual se derivan los híbridos. La sección de Desarrollo de Germoplasma está trabajando hacia el mejoramiento de la base del germoplasma por su adaptación al trópico de tierras bajas con una estación seca prolongada (costa norte de Colombia) y a las sabanas de suelos ácidos (Carimagua), dos de las zonas edafoclimáticas más difíciles en términos de estreses bióticos y abióticos que presentan. Se hace énfasis en la acumulación de genes por altos niveles de resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia a la sequía y alta calidad de las raíces. Casi todas las características importantes de yuca se heredan aparentemente en forma cuantitativa, de tal manera que se requerirán grandes poblaciones y varios ciclos para reunir los genes que expresen altos niveles de los rasgos. Las seis zonas edafoclimáticas definidas presentan requerimientos únicos en términos de la resistencia a factores bióticos y abióticos, de tal manera que se están desarrollando bancos de genes para cada zona. Esta estrategia permite un progreso más rápido en el mejoramiento genético que si la meta fuera seleccionar una sola población con amplia adaptación. Cada banco de genes utiliza como fuente una amplia base de germoplasma, a fin de que haya suficiente flexibilidad para adaptarse a las necesidades de los programas nacionales individuales.

Esta base de germoplasma mejorado se utiliza posteriormente en la sección de Mejoramiento Varietal como progenitora en el desarrollo de variedades terminadas. Para Popayán y las zonas frescas de tierras altas, en donde la sección de Mejoramiento Varietal no está trabajando, la meta es desarrollar variedades terminadas.

La formación y el mejoramiento de los bancos de genes implica un proceso en dos etapas, dentro del cual está involucrada la polinización tanto abierta como controlada (Informe Anual 1980). Los bancos de genes para cada zona se mantienen básicamente separados; sin embargo, cuando se considere necesario, se recombinan los bancos. Por ejemplo, el banco por adaptación a Carimagua presenta muy bajos niveles de resistencia a ácaros y trips y se ha cruzado con el banco del área de la costa norte para incorporar estos genes de resistencia.

Costa norte de Colombia

La formación original del banco para la costa norte de Colombia y áreas similares consistió en aquellas accesiones de germoplasma con el mejor comportamiento tanto en Media Luna como en Fonseca. Se le da alta prioridad al rendimiento, índice de cosecha, contenido de materia seca de las raíces y resistencia a los ácaros. Los híbridos obtenidos de los progenitores seleccionados pasan a Media Luna, después de una selección inicial a nivel muy bajo en CIAT, con el fin de maximizar la variabilidad para la selección en la localidad de prueba. Las líneas que pasan los ensayos de observación de una sola hilera en Media Luna entran a un ensayo preliminar de rendimiento tanto en Media Luna como en Valledupar, donde se presentan altos niveles de presión de ácaros durante la estación seca. Las líneas más avanzadas se encuentran

actualmente en esta etapa de selección y muchas aparecen como promisorias en lo que respecta a la combinación de características deseables.

Carimagua

Debido a la baja frecuencia de accesiones de germoplasma con adaptación a los altos niveles de estrés por enfermedades, insectos y factores edáficos de Carimagua, este banco de genes se está construyendo con una serie de materiales que presentan niveles intermedios de resistencia junto con los que presentan alta resistencia. Los cruzamientos hechos con materiales del banco se siembran en Carimagua a comienzos de la estación lluviosa cuando la presión por enfermedades es mayor. Los cruces con líneas resistentes a insectos y ácaros se siembran cerca del final de la estación lluviosa cuando la presión de enfermedades es menor, puesto que, en la primera generación, la progenie será en su mayor parte intermedia en su resistencia tanto a enfermedades como a insectos. Dentro del proceso de evaluación, los híbridos ya se han pasado a la etapa del ensayo preliminar del rendimiento.

Popayán

Los cruces tempranos entre líneas tolerantes y no tolerantes al frío mostraron que solamente un número limitado de la progenie alcanzará el nivel de rendimiento del progenitor tolerante (Informe Anual, 1980). Por consiguiente, los cruzamientos y las evaluaciones de híbridos que se han hecho recientemente en Popayán se han concentrado en híbridos entre accesiones de germoplasma adaptadas a bajas temperaturas. Como el ciclo de crecimiento en Popayán es de 15-18 meses, el progreso es más lento que en otras localidades. Las líneas resistentes-x-resistentes ya han llegado a la etapa del ensayo de observación en una sola hilera, en tanto que las selecciones más tempranas de cruzamientos resistentes-x-susceptibles se están evaluando en el ensayo preliminar de rendimiento.

Zonas subtropicales

En su colección de germoplasma, el CIAT tiene un número pequeño de accesiones adaptadas a las zonas subtropicales de inviernos fríos. Aunque el CIAT no puede hacer evaluaciones en esas áreas, se producirá semilla híbrida de cruzamientos entre clones seleccionados por los programas nacionales y posteriormente esta semilla se le enviará a los países interesados.

Pruebas en Generaciones Tempranas en las Zonas Edafoclimáticas

La eficiencia de la selección depende de la habilidad del fitomejoramiento para predecir el comportamiento en condiciones de producción comercial con base en el comportamiento que presenten los materiales en una etapa dada de la selección. En un cultivo de propagación vegetativa, el genotipo es fijo desde de la primera

etapa--la F_1 --de tal manera que el comportamiento de una generación a la siguiente solamente varía con los efectos ambientales si se utiliza material de siembra similar.

Como la sede del CIAT está localizada en una área que no es representativa de las principales regiones productoras de yuca, se han realizado estudios sobre los métodos para mejorar la eficiencia de la selección mediante la selección en generaciones tempranas en el área de interés, particularmente para la costa norte de Colombia, la cual tiene primera prioridad.

La efectividad de la selección preliminar en el CIAT se midió mediante la comparación de datos tomados de ensayos de observación del rendimiento de una sola hilera en el CIAT con datos tomados de ensayos de observación del rendimiento y ensayos repetidos de rendimiento en Media Luna y Fonseca (Cuadros 8 y 9). Los datos de rendimiento de raíces o índice de cosecha obtenidos en el CIAT no fueron buenos estimadores del rendimiento en Media Luna o Fonseca. Por otra parte, el contenido de materia seca presentó una correlación considerablemente mayor y fue altamente significativa al hacer la comparación entre el CIAT y Fonseca. Sin embargo, el alto rendimiento de raíces en el CIAT se correlacionó negativamente con el contenido de materia seca en las localidades de la costa norte.

La selección tanto por rendimiento de raíces como por contenido de materia seca en Media Luna es claramente más efectiva al hacerla allí mismo.

Se están estudiando varias formas de selección en generaciones tempranas y ya se dispone de datos preliminares. En Media Luna, Valledupar, Carimagua y Popayán se han sembrado directamente en el campo semillas F_1 ; las plántulas F_1 se han transplantado en Carimagua y Popayán (Cuadro 10). Los resultados obtenidos en Popayán indican que se puede hacer una selección eficiente entre la F_1 , por lo menos por resistencia al CBB y superalargamiento (Informe Anual 1978). Sin embargo, la selección por rendimiento potencial parece ser problemática, puesto que la producción de raíces de tamaño comercial en plantas F_1 en Carimagua es muy baja para casi todas las plantas. El rendimiento promedio de 203 transplantes seleccionados al azar fue de solamente 0.4 kg/planta. Se están haciendo comparaciones con plantas producidas a partir de estacas de los mismos clones para determinar la eficiencia de selección por rendimiento en la F_1 . En Media Luna, la tasa de desarrollo de plantas provenientes de semillas es buena y los rendimientos son razonables. De 127 plantas seleccionadas al azar, el rendimiento promedio fue de 2.2 kg/planta. El comportamiento se está comparando con plantas provenientes de estacas de los mismos clones. Las plantas derivadas de semillas en Popayán se retrasan considerablemente en su crecimiento en comparación con las derivadas de estacas. En la cosecha a los 15 meses, pocas produjeron raíces de tamaño comercial.

Cuadro 8. Correlaciones lineales entre rasgos comparados de una localidad a otra (CIAT-Palmira y Media Luna) y entre etapas de selección.

	Rendimiento de raíces		Índice de cosecha		Materia seca (%)	
	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Media Luna)	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Media Luna)	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Media Luna)
Rendimiento de raíces						
Ensayo de obs. (Media Luna)	-.07		-.25	.31	-.36	.15
Ensayo de rend. (Media Luna)	.13	.52*	.05	.34	-.46	.16
% materia seca						
Ensayo de obs. (Media Luna)	-.63*	.15	-.02	.06	.50	
Ensayo de rend. (Media Luna)	-.57*	.14	-.21	-.20	.40	.80**

* $P = 0.05$.

** $P = 0.01$.

Cuadro 9. Correlaciones lineales entre rasgos comparados de una localidad a otra (CIAT y Fonseca) y entre etapas de selección.

	Rendimiento de raíces		Índice de cosecha		Materia seca (%)	
	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Fonseca)	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Fonseca)	Ensayo de obs. (CIAT)	Ensayo de obs. (Fonseca)
Rendimiento de raíces						
Ensayo de obs. (Fonseca)	.14		.05	.35*	-.24	-.40**
Ensayo de rend. (Fonseca)	-.20	-.06	-.19	.03	-.10	-.18
% materia seca						
Ensayo de obs. (Fonseca)	-.20	-.40**	.33*	.34*	.68**	
Ensayo de rend. (Fonseca)	-.30	-.42**	.35*	.24	.51**	.68**

* $P = 0.05$.

** $P = 0.01$.

Cuadro 10. Resumen de las semillas híbridas de yuca sembradas directamente o transplantadas fuera del CIAT, 1978-1981.

Localidad	Año	Semillas sembradas (no.)	Germinación (%)	Transplantes (no.)	Supervivencia del transplante (%)
Carimagua	1978	21,610	38.5		
	1979	36,404	26.5		
	1980	13,086	44.2		
	1981	9,834	29.9	2937	84.5
	Media		34.8		
Media Luna	1980	3,961	28.3		
	1981	3,570	53.6		
	Media		40.9		
Valledupar	1981	1,935	40.9		
Popayán	1980	171	26.0		
	1980 (ICA)			685	85.7
	1980 (CIAT)			944	75.1

En resumen, se han observado dos problemas básicos con la selección a partir de semilla verdadera en condiciones de estrés moderado y alto:

1. La germinación de las semillas es variable y, por lo general, muy por debajo de lo que se espera en condiciones favorables. Aunque no hay datos disponibles, no hay razón para sospechar que la germinación se relacione con la adaptación del genotipo a ese ambiente particular.
2. El desarrollo de las plantas es generalmente más lento para aquellas que provienen de semilla y la formación del rendimiento parece retardarse. Esto no resulta en un ahorro de tiempo cuando la selección se hace a nivel de plántulas.

Con base en las observaciones anteriores, la selección en generaciones tempranas en regiones con alto nivel de estrés ha cambiado al uso de una sola estaca tomada de plantas de la F_1 cultivadas en el CIAT durante seis meses. De esta manera, se puede aplicar en el CIAT una ligera presión de selección y aun permitir que un gran número de progenies segregantes sea transferido a las principales localidades de selección.

Selección por Precocidad

Una desventaja de la yuca en comparación con muchos cultivos es su ciclo de producción relativamente largo. Los investigadores de varios programas nacionales han coincidido en su deseo de obtener variedades que den un producto comercial en un período de tiempo más corto.

En la evaluación original de germoplasma realizada en el CIAT en 1973 y 1974, las cosechas se hicieron a los 6 y 10 meses de edad. Con base en esta información, se calculó un índice de madurez, en donde éste es igual al rendimiento a los seis meses dividido por el rendimiento a los 10 meses. Se seleccionaron 64 accesiones con base en varios criterios, incluyendo un alto índice de madurez, alto índice de cosecha a los seis meses y/o alto rendimiento de raíces a los seis meses. También se incluyeron testigos con un bajo índice de madurez. Estas accesiones se reevaluaron en un ensayo de una sola hilera y se cosecharon tres plantas por accesión a los 6, 10 y 14 meses. En la Figura 1 se presentan resultados representativos seleccionados. En un segundo ensayo, líneas seleccionadas por adaptación en Media Luna se cosecharon a los 4 y 12 meses (Figura 2).

Con algunas excepciones, en ambos ensayos la tendencia general es que las líneas que dan los mayores rendimientos en la cosecha temprana también dan los mayores rendimientos en la cosecha tardía; aquellas que presentan un alto índice de madurez generalmente dieron bajos rendimientos en todas las cosechas. Sin embargo, se observaron grandes diferencias en rendimiento en la fecha temprana de cosecha. Por consiguiente, la selección por madurez temprana se debe concentrar en alto rendimiento y calidad en una fecha temprana de cosecha, probando el comportamiento al momento de la cosecha tardía en las etapas posteriores de selección.

Mezclas de Herbicidas para Semillas y Transplantes

La mezcla de diuron y alachlor comúnmente recomendada para el control de malezas en yuca no es selectiva para semillas de yuca sembradas directamente en el campo o para plántulas jóvenes transplantadas. El año pasado, la sección de Prácticas Culturales informó sobre la efectividad y selectividad de varias mezclas de herbicidas para sistemas intercalados. Con base en estos resultados, se escogieron las tres mejores mezclas para su prueba preliminar en siembras directas de semilla, transplantes y estacas. En el caso de transplantes y estacas, todas las mezclas fueron altamente selectivas sin presentar efectos tóxicos. En el ensayo de siembra directa de semillas, también se hicieron comparaciones entre aplicaciones antes y después de la siembra. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observaron tendencias tanto en la selectividad de los herbicidas como en el efecto de la época de aplicación (Cuadro 11). El mejor tratamiento fue el linuron a razón de 0.25 + metolachlor a razón de 1.0 kg de i.a./ha, aplicados antes de la siembra. Este tratamiento dió igual germinación y supervivencia que el testigo. Esta mezcla ha dado desde entonces buen control de malezas y

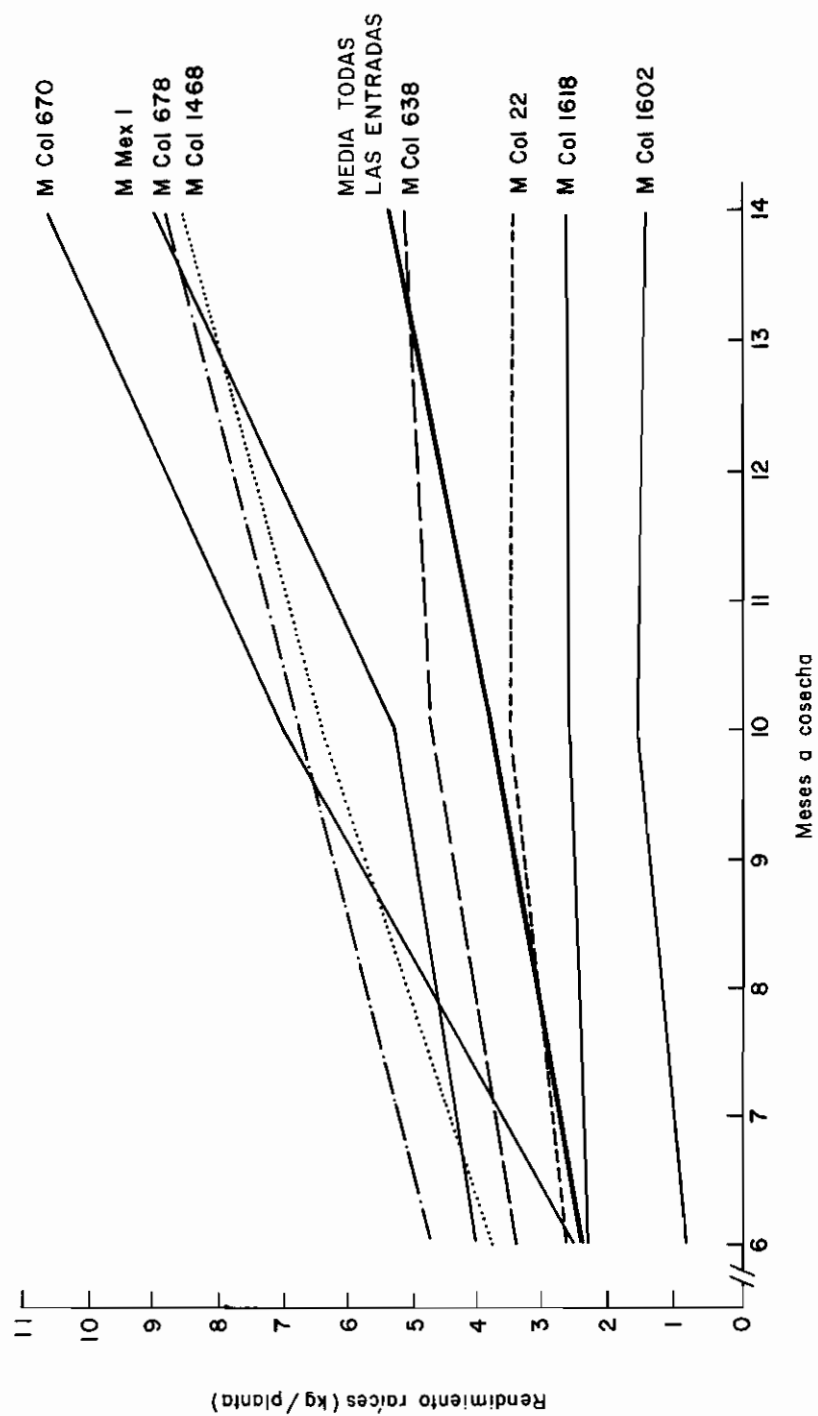


Figura 1. Comparación de líneas de yuca por madurez temprana en el CIAT (cosecha a los 6, 10 y 12 meses).

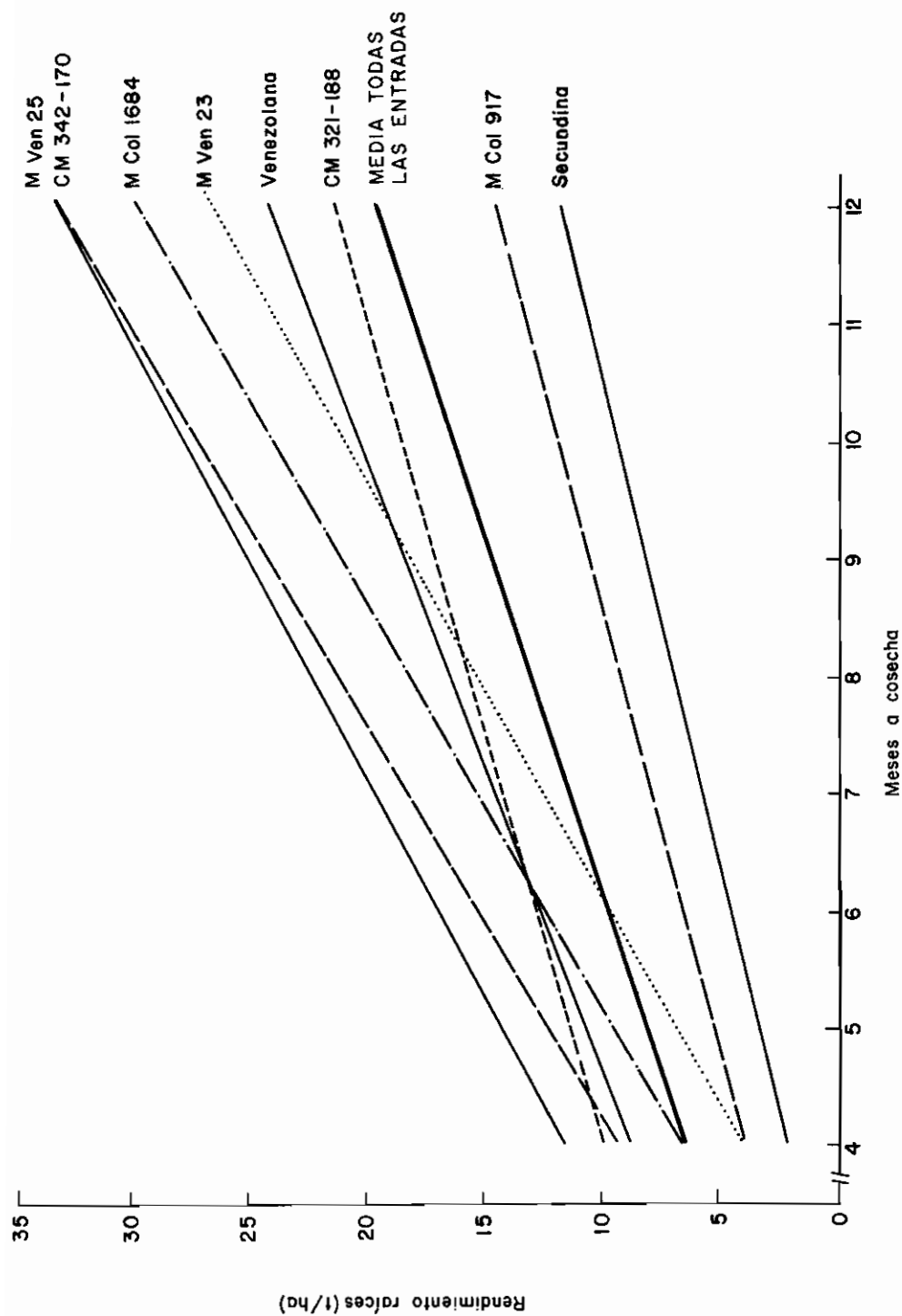


Figura 2. Comparación de líneas de yuca por madurez temprana en Media Luna (cosecha a los 4 y 12 meses).

alta selectividad en transplantes de plántulas en gran escala, al aplicarla antes del transplante en el CIAT. En Media Luna y Valledupar se observaron reducciones del 11 y 26% en la germinación de semillas directamente sembradas, en una dosis de linuron + metolachlor de 0.20 + 0.8 kg i.a./ha. En estos suelos arenosos, aparentemente una dosis aún menor es la requerida para la siembra directa de semilla.

Cuadro 11. Germinación y supervivencia de semilla botánica de yuca después de la aplicación de mezclas de herbicidas preemergentes.

Mezcla de herbicida	Dosis (kg i.a./ha)	Germinación y supervivencia (%)	
		Presiembra	Pos-siembra
Oxadiazon + Alachlor	0.5 + 1.0	38.6	30.7
Oxadiazon + Metolachlor	0.5 + 1.0	37.9	35.7
Linuron + Metolachlor	0.25 + 1.0	60.0	47.9
Control manual de malezas			60.0

Reevaluación de Acciones por Bajos Niveles de HCN en las Raíces

El contenido de HCN de las raíces tiene particular importancia para el consumo fresco de yuca y posiblemente en yuca seca. En la evaluación original del banco de germoplasma del CIAT, 25 acciones mostraron el grado mínimo de 1 en una escala de 1 a 5 en un análisis cualitativo. Se sembraron 19 de las acciones junto con un testigo estandar para verificar los bajos niveles de HCN en las raíces. En colaboración con la sección de Utilización, se hicieron análisis cuantitativos sobre los contenidos de materia seca y de HCN total y libre en hojas, pulpa de las raíces y cáscaras de las raíces. Todas las acciones anteriormente seleccionadas con base en la evaluación cualitativa mantuvieron un bajo nivel de HCN en la reevaluación, confirmando la utilidad del método de selección rápida por contenido de HCN. Desafortunadamente, todas estas líneas con muy bajo contenido de HCN fueron agrónomicamente inferiores en las condiciones del CIAT.

Se observó una disminución gradual en los niveles de HCN total de las hojas superiores a las hojas inferiores (promedios de 1944, 1612 y 1128 mg/kg de peso seco para las hojas superiores, intermedias y bajas, respectivamente). Las cáscaras de las raíces presentaron un contenido de HCN dentro del mismo rango general que para las hojas (promedio de 1623 mg/kg de peso seco). La pulpa de las raíces, la parte comestible de la yuca, fue mucho más baja en su contenido total de HCN (promedio de 153 mg/kg de peso seco).

Cuadro 12. Coeficientes de correlación que comparan los contenidos de HCN de las hojas y las raíces en 22 variedades de yuca.

	Contenido de HCN en hojas		
	Superiores	Intermedias	Bajas
Contenido de HCN de la cáscara	.46*	.56*	.42*
Contenido de HCN de la pulpa	.24	.35	.42*

* P = 0.05.

** P = 0.01.

Se determinaron los coeficientes de correlación lineal entre los niveles de HCN de las hojas y las raíces (Cuadro 12). Existen correlaciones significativas entre todos los niveles de las hojas y cáscaras de las raíces y entre las hojas inferiores y la pulpa. Este nivel de correlación no es lo suficientemente alto para tener la confianza de seleccionar por contenido de HCN en las raíces mediante análisis de las hojas.

Manejo de los Datos

En colaboración con la unidad de Biometría, se desarrolló un sistema de almacenamiento y recuperación de datos para información sobre hibridación de yuca. Actualmente, el sistema mantiene registros de todos los cruzamientos; hace cálculos sobre la eficiencia de la producción de semilla; permite ordenar los cruzamientos por progenitor hembra, progenitor macho o número de cruzamientos; y mantiene registros sobre selecciones hechas de cada combinación cruzada. El próximo paso será formar la capacidad de ligar en forma cruzada todos los niveles de selección.

Mejoramiento Varietal

La acumulación de información permite definir ahora en forma más precisa el objetivo del esfuerzo por el mejoramiento varietal de yuca en el CIAT, de la siguiente manera: proporcionar genotipos de yuca que den rendimientos altos, estables y económicamente válidos mediante el uso de prácticas culturales que estén al alcance de los agricultores en las principales áreas productoras de yuca.

La yuca se cultiva en ambientes muy diversos con una gran variedad de prácticas culturales. La principal ventaja de la yuca en comparación con el resto de los cultivos es su habilidad para producir eficientemente en condiciones de crecimiento subóptimas. Los cultivos de yuca se enfrentan a un amplio espectro de enemigos bióticos tales como enfermedades e insectos, especialmente en el trópico americano en donde esta especie evolucionó. En estas condiciones, la obtención de un rendimiento estable--sin la ayuda del riego, las enmiendas al suelo, o la aplicación de agroquímicos--se convierte en un objetivo de selección tan importante como un alto rendimiento. Un rendimiento económicamente válido incluye factores tales como un alto contenido de materia seca en las raíces, buena calidad de consumo, baja deteriorabilidad de las raíces, y facilidad en la cosecha o bajo contenido de cianuro o, a veces, ambos factores. Un factor clave en todo el esquema de la evaluación de genotipos es ajustar las condiciones ambientales en los campos de selección de tal manera que sean similares a las prácticas culturales que están--o estarán--al alcance de la mayoría de los cultivadores actuales y futuros de yuca.

La evaluación y selección de genotipos continuó activamente en ICA-Caribia y en ICA-CIAT-Carimagua, en tanto que las hibridaciones y selecciones iniciales se concentraron en la sede del CIAT en Palmira. Excepto por aplicaciones modestas de cal y de fertilizantes en Carimagua, no se aplicaron ni riego ni productos químicos. Por consiguiente, los campos de selección en Caribia, Carimagua y CIAT-Palmira son representativos, respectivamente, de una tecnología de bajos insumos en suelos de fertilidad intermedia a alta en el trópico cálido de tierras bajas (zona edafoclimática I); de una tecnología baja a intermedia en insumos con suelos extremadamente bajos en fertilidad en las sabanas tropicales (zona edafoclimática II); y de una tecnología de bajos insumos en suelos de alta fertilidad en los trópicos de altitud intermedia (zona edafoclimática IV).

Rendimiento Potencial

Ambientes de alto rendimiento (CIAT-Palmira)

Se ha observado una tendencia ascendente constante en el rendimiento, en promedio, de raíces en los ensayos de rendimiento desde 1973 hasta la fecha (Figura 1). Ultimamente, los rendimientos, en promedio, de todas las entradas en los ensayos repetidos de rendimiento

son de aproximadamente 40 t/ha por año, que representa un aumento cercano al 60% del rendimiento promedio de accesiones del germoplasma no seleccionadas en el ensayo de 1973-74. Actualmente se obtienen, con frecuencia, rendimientos de más de 60 t/ha con contenidos de materia seca de más del 35%.

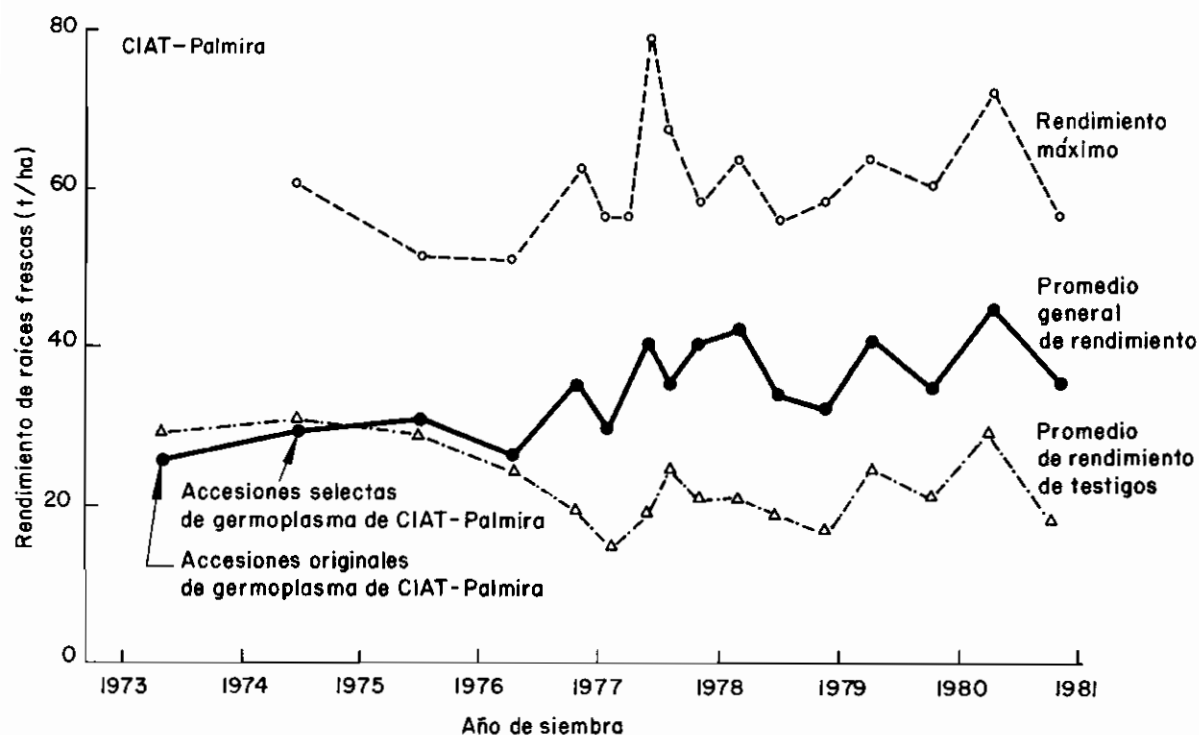


Figura 1. Cambio en los rendimientos, en promedio, de los ensayos de rendimiento y de genotipos testigo de yuca desde 1973 hasta la fecha en CIAT-Palmira (genotipos testigo: Llanera, M Col 22 y M Col 113).

El trópico cálido de tierras bajas (Caribia)

Las accesiones seleccionadas de germoplasma y los clones F_1 han venido superando en rendimiento, en forma consistente, a los cultivares locales (Figura 2). Los rendimientos en el año de cultivo 1979-80 fueron extremadamente bajos, debido principalmente al patrón desfavorable de precipitación de ese año y a un suelo pobre en el campo del ensayo. Sin embargo, el rendimiento, en promedio, de los clones F_1 seleccionados fue significativamente mayor que el de los cultivares locales. Hay una tendencia global ascendente en el rendimiento promedio de los ensayos de rendimiento. Fácilmente se obtienen rendimientos de más de 40 t/ha al año con un contenido de materia seca de más del 30%.

Condiciones ambientales difíciles (Carimagua)

Las primeras accesiones de germoplasma introducidas en Carimagua en 1974 fueron un fracaso total. Virtualmente, todas las accesiones fueron

destruidas por el añublo bacteriano común (CBB). Durante 1975 y 1976, el CBB se controló artificialmente y se obtuvieron rendimientos de 20 t/ha. A partir de 1977, los ensayos de rendimiento se dejaron expuestos a la infección natural por el CBB y los rendimientos, en promedio, disminuyeron drásticamente otra vez (Figura 3). Durante estos años, los promedios de rendimiento de los clones F_1 fueron inferiores a los de los cultivares locales.

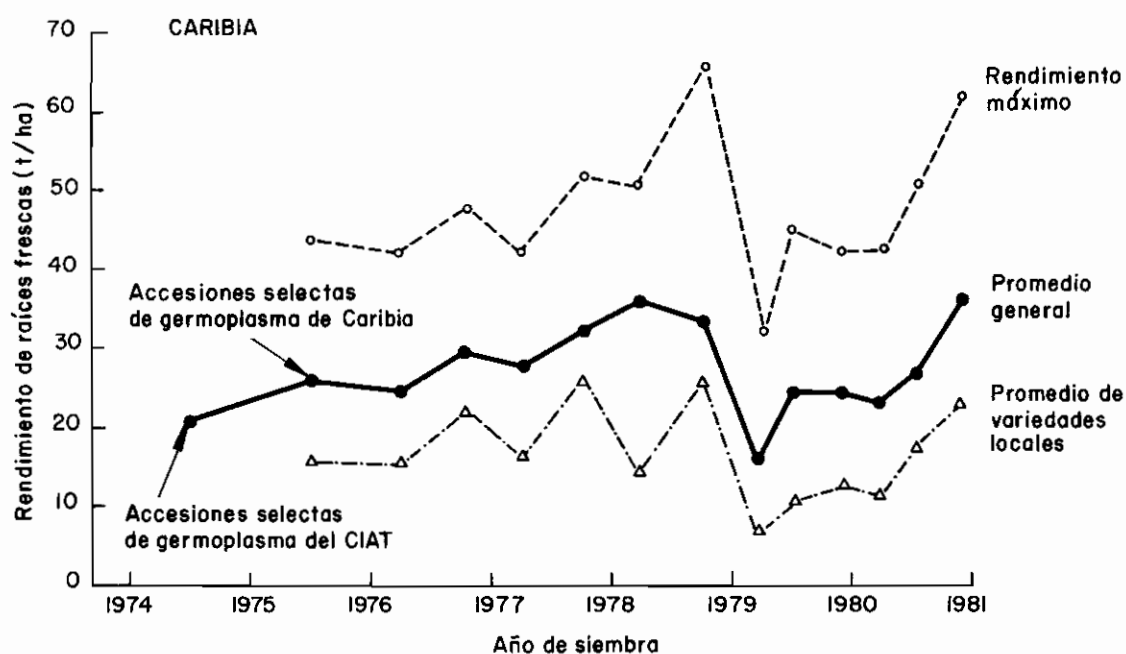


Figura 2. Cambio en el promedio del ensayo de rendimiento y de los cultivares locales de yuca desde 1974 hasta la fecha, en Caribia (cultivares locales: Manteca y Montero).

La selección intensiva por resistencia al CBB y por adaptación al ambiente de Carimagua mejoró el nivel de rendimiento de los clones F_1 , en tanto que el rendimiento de los testigos locales permaneció básicamente igual y los rendimientos, en promedio, de los ensayos fueron significativamente mayores que los de los cultivares locales en años recientes. El mejoramiento del rendimiento a largo plazo en Carimagua se puede observar claramente cuando los rendimientos de los clones F_1 se expresan como porcentajes de los cultivares locales (Figura 4). Una porción significativa de este mejoramiento debe provenir de la resistencia mejorada al CBB y al superalargamiento, otra enfermedad severa que prevalece en Carimagua.

Estabilidad del Rendimiento

La estabilidad del rendimiento se divide en tres componentes:

- (1) estabilidad en localidades geográficas (estabilidad especial);
- (2) estabilidad en prácticas culturales (estabilidad de sistemas); y
- (3) estabilidad con los años o estaciones (estabilidad en el tiempo).

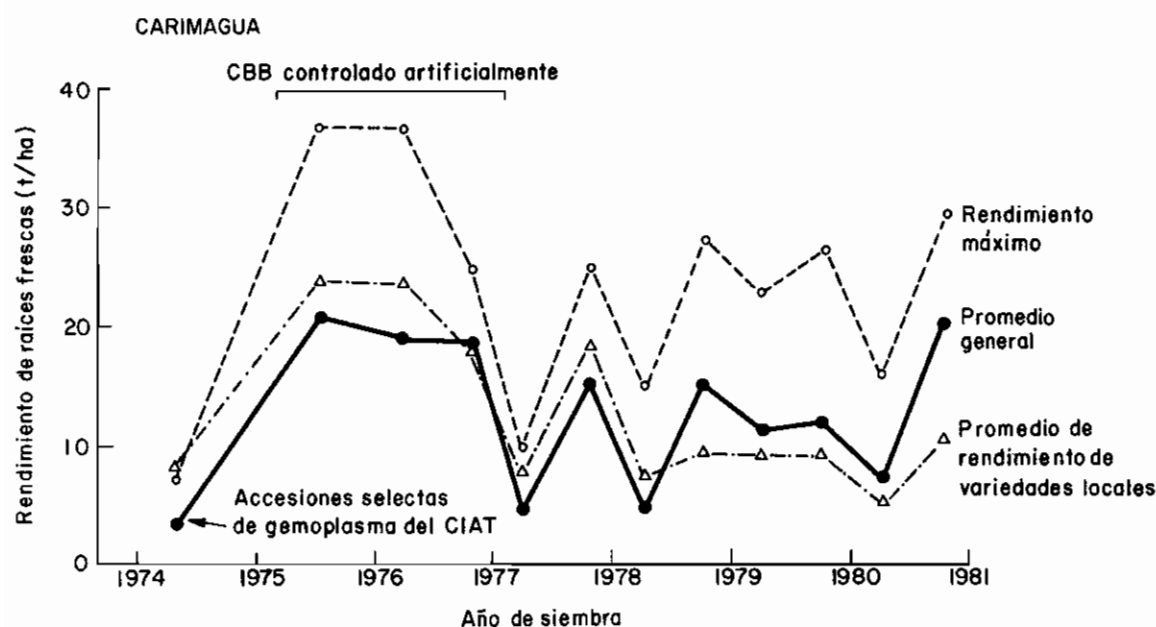


Figura 3. Cambio en los rendimientos, en promedio, de los ensayos de rendimiento y de los cultivares locales de yuca desde 1974 hasta la fecha en Carimagua (cultivares locales: Llanera y M Col 638).

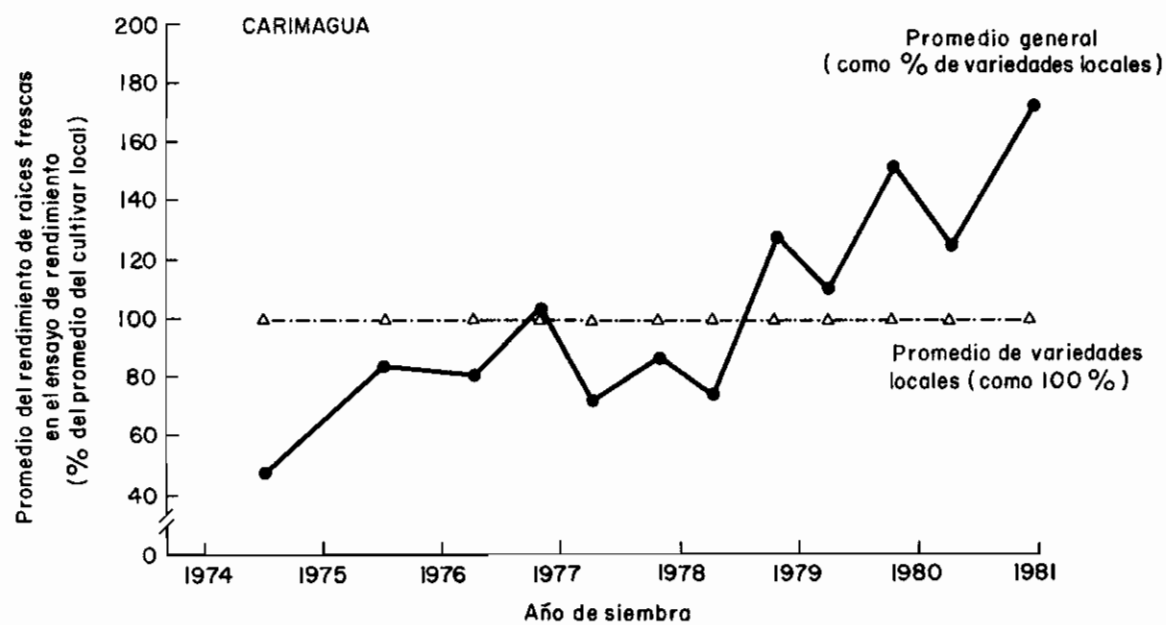


Figura 4. Cambio en el rendimiento, en promedio, del ensayo de rendimiento de yuca, expresado como porcentaje de los cultivares locales, desde 1974 hasta la fecha, en Carimagua (cultivares locales: Llanera y M Col 638).

Estabilidad espacial

La estabilidad espacial se puede utilizar como medida de la aplicabilidad, a otras áreas geográficas, de los resultados obtenidos en las estaciones experimentales. Sin embargo, los agricultores individuales no están particularmente interesados en la estabilidad espacial: están más interesados en la estabilidad en el tiempo y de sistemas.

La estabilidad espacial se puede subdividir en estabilidades en macro y microambientes.

Estabilidad macroespacial

Como es improbable que algún programa de selección de yuca recomiende un cultivar para que sea adaptado simultáneamente en ambientes radicalmente diferentes, los análisis de la estabilidad macroespacial son útiles solamente para definir estrategias básicas de investigación de programas integrados de selección, tales como el del CIAT. Los primeros trabajos en fisiología (Informe Anual 1976) demuestran claramente que los factores fisiológicos que afectan el rendimiento son radicalmente diferentes a una temperatura, en promedio, por debajo de 20°C que a otra por encima de 24°C; datos anteriores, obtenidos de ensayos regionales (Informes Anuales 1975, 1976 y 1977) sostienen este argumento. El espectro de enfermedades e insectos también es radicalmente diferente por debajo de 20°C (Informes Anuales 1979 y 1980, Sección de Patología).

Por otra parte, en el rango de temperatura comprendido entre 24 y 28°C--rango que cubre áreas principales productoras de yuca--algunos factores fisiológicos importantes actúan similarmente en un amplio rango de ambientes (CIAT, Informe Anual 1979, Sección de Mejoramiento Varietal). La identificación de M Col 1468 (CMC-40) y M Col 1684 en ensayos regionales anteriores, y de CMC 507-37 este año (véase la Sección de Ensayos Regionales) sostiene ampliamente el punto de vista de que los genotipos de yuca cuidadosamente seleccionados se pueden adaptar a condiciones agroclimáticas marcadamente diferentes.

Estabilidad microespacial

La estabilidad microespacial es de vital importancia en el proceso de lanzamiento de variedades puesto que la selección se basa en los resultados de estaciones experimentales para una región, la cual siempre posee variabilidad microambiental. Muchas líneas nuevas parecen presentar este tipo de estabilidad (véase la Sección de Ensayos Regionales).

Estabilidad de Sistemas

La estabilidad de sistemas es de gran interés para los agricultores individuales, la mayoría de los cuales no pueden preparar sus campos en forma ideal, sembrar en fechas óptimas o controlar las malezas de la

manera más efectiva, y tienen que conformarse con prácticas de manejo de segunda o tercera clase.

Estabilidad en niveles de fertilidad

Mediante la aplicación de fertilizantes en Carimagua, clones seleccionados superaron en rendimiento a los cultivares tradicionales en forma significativa (Cuadro 1). Sin la aplicación de fertilizantes, los rendimientos, tanto de los clones seleccionados como de los cultivares tradicionales, fueron mucho más bajos que los obtenidos en las parcelas fertilizadas; sin embargo, la superioridad de los clones seleccionados en comparación con los cultivares tradicionales se mantuvo aún a baja fertilidad. Esto indica que la superioridad en rendimiento de genotipos de yuca cuidadosamente seleccionados se puede mantener en amplio rango de niveles de fertilidad.

En las sabanas tropicales la yuca se ha cultivado tradicionalmente como un cultivo de huerto para el autoconsumo. La fertilidad del suelo en los huertos puede no haber sido tan baja como en el resto de la sabana. Los cultivares tradicionales se han adaptado a esta condición. La producción continua de yuca en grandes explotaciones agrícolas como en Carimagua, debe ser una experiencia nueva para el germoplasma de yuca. Se está creando un nuevo ecosistema para el cual los cultivares tradicionales no tienen que estar, necesariamente, bien adaptados.

Cuadro 1. Rendimiento de raíces de cultivares tradicionales y de líneas F_1 seleccionadas, con o sin aplicación de fertilizantes, en Carimagua (siembra en octubre, 1980).

Genotipo	Rendimiento de raíces frescas (t/ha por año)	
	Sin fertilizantes ^a	Con fertilizantes ^b
<u>Cultivares tradicionales</u>		
Llanera	3.5	5.6
M Col 638	4.5	15.3
M Col 1684	3.1	6.9
Promedio	3.7	9.3
<u>Selección del CIAT</u>		
CM 430-37	10.8	26.4
CM 523-7	12.5	19.4
CM 723-3	8.7	21.2
CM 946-2	9.7	22.9
CM 996-6	6.9	27.4
Promedio	9.7	23.4

a. Se aplicaron 500 kg/ha de cal dolomítica.

b. Lo mismo que en a., más 750 kg/ha de 10-20-20 (N, P_2O_5 , K_2O en %, respectivamente).

Estabilidad en rangos de manejo de las fincas

Los ensayos a nivel de finca adelantados por el grupo de la sección de Economía (véase la Sección de Economía) muestran que la capacidad de rendimiento de CM 342-170, un clon seleccionado en Caribia, puede ser estable en diferentes condiciones de manejo agrícola. Esto indica que puede ser posible seleccionar genotipos superiores que presenten un buen comportamiento, incluso con un manejo pobre.

La yuca se ha cultivado tradicionalmente en pequeñas cantidades por muchos agricultores menores y los productos han sido consumidos primordialmente dentro de comunidades pequeñas. La producción de yuca en mayores cantidades como cultivo que produce beneficios económicos debe ser relativamente nueva. Las selecciones hechas por los agricultores no han tenido, posiblemente, suficiente tiempo para ajustarse a este nuevo estilo de producción de yuca. Los cultivares tradicionales pueden tener ventajas comparativas en comparación con otros genotipos en los cultivos de huerto, pero no necesariamente deben tenerlas en condiciones de producción comercial.

Estabilidad en el Tiempo

Muchos factores tales como el patrón de la precipitación y la incidencia de las enfermedades e insectos están relacionados con la estabilidad en el tiempo. Sin embargo, el factor más difícil es otro--un cuarto factor--que se manifiesta con la creación de un nuevo ecosistema cuando se introducen las nuevas variedades o las nuevas prácticas culturales o unas y otras.

Estabilidad en el tiempo en el trópico cálido de tierras bajas (Caribia)

Una de las selecciones anteriores (CM 342-170) ha mostrado una estabilidad razonable en su rendimiento, a un alto nivel de rendimiento, en ocho estaciones de siembra durante cuatro años (Figura 5). CM 342-170 es superior al cultivar local Montero, tanto en rendimiento como en estabilidad, pese a que es inferior en su contenido de materia seca en las raíces. Se dispone de muchas selecciones nuevas que aparentemente dan un mayor rendimiento y presentan mayor contenido de materia seca en las raíces junto con mejor resistencia a enfermedades; sin embargo, estos genotipos tienen que pasar la prueba de la estabilidad del rendimiento con los años.

Estabilidad en el tiempo en una región de suelos pobres (Carimagua)

En Carimagua son numerosos los factores adversos para el rendimiento; por consiguiente, en este ambiente es más difícil obtener altos rendimientos y a la vez buena estabilidad. Algunos clones tales como CM 523-7 parecen presentar alguna mejora en lo que respecta a la estabilidad del rendimiento en comparación con los cultivares locales (Figura 6). Una mayor resistencia al CBB y al superalargamiento son logros en el mejoramiento que presentan estas líneas.

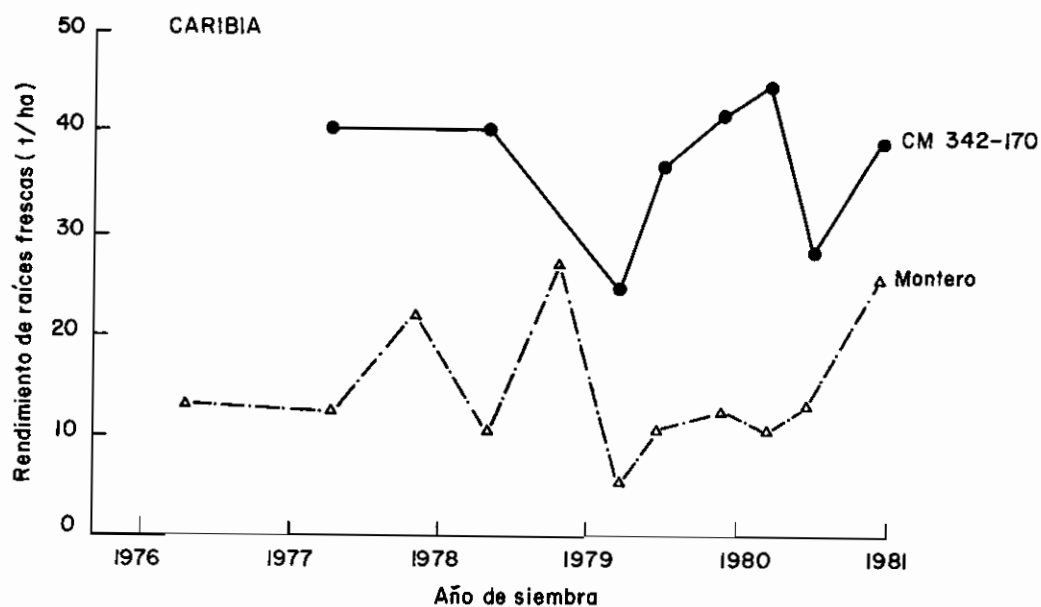


Figura 5. Cambio en los rendimientos de una línea F_1 seleccionada y de un cultivar local, durante cinco años en Caribia.

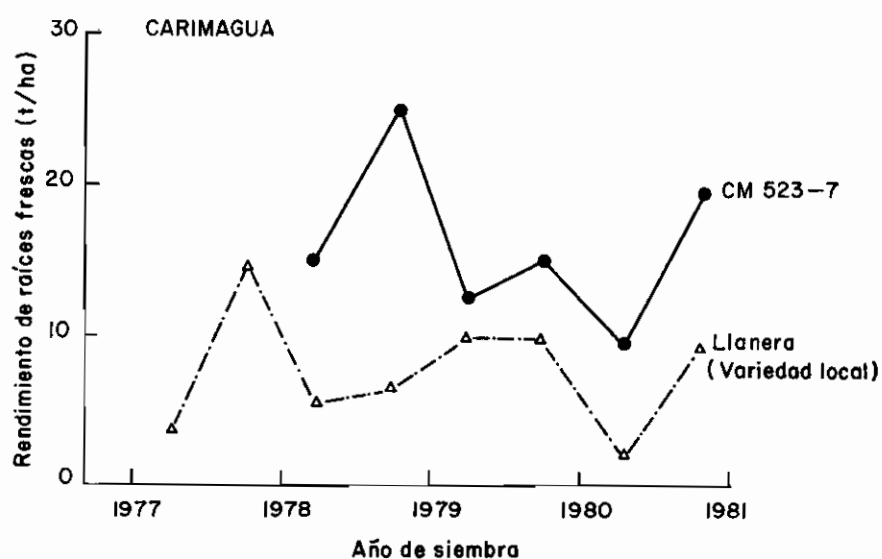


Figura 6. Rendimiento de líneas F_1 seleccionadas y de un cultivar local durante cuatro años en Carimagua.

Estabilidad en el tiempo en un ambiente de rendimiento alto
(CIAT-Palmira)

En Palmira, el rendimiento de M Col 1684 ha venido disminuyendo gradualmente desde la siembra de 1973, en tanto que el rendimiento de Llanera no ha sido particularmente alto pero se ha mantenido

relativamente estable durante el mismo período (Figura 7). M Col 1684 es susceptible y Llanera moderadamente resistente a los trips, los cuales eran un problema menor durante los primeros años, pero ahora constituyen un factor limitativo severo de los rendimientos. La producción continua de yuca en grandes cantidades fue una nueva experiencia en el área de Palmira; por consiguiente, se ha creado un nuevo ecosistema. Algunas líneas resistentes a los trips, tales como CM 91-3, tienden a presentar un alto rendimiento potencial y una mejor estabilidad del rendimiento (Figura 7).

Naturaleza de la resistencia a las principales enfermedades

Uno de los mecanismos bióticos que ocurre con mayor frecuencia y que afecta a la estabilidad en el tiempo de los genotipos de cultivo es la ruptura de la resistencia a las enfermedades. La resistencia se rompe cuando aparecen nuevas razas fisiológicas de un patógeno. Este fenómeno ocurre con más probabilidad cuando la resistencia proviene de un sistema oligogénico.

La observación de la reacción de cuatro genotipos de yuca al añublo bacteriano (CBB) en Carimagua durante seis años indica que los cultivos de yuca se encuentran bajo una presión constante del CBB (Figura 8) a menos que la enfermedad se controle artificialmente, como se hizo en 1975 y 1976. M Col 22 es susceptible, M Col 638 es el más resistente, y M Col 1684 y Llanera siempre han mostrado una reacción intermedia. Este orden varietal de la resistencia al CBB ha sido constante durante los años de observación (Figura 8). El CBB parece colonizar rápidamente a M Col 22 en tanto que coloniza lentamente a M Col 638.

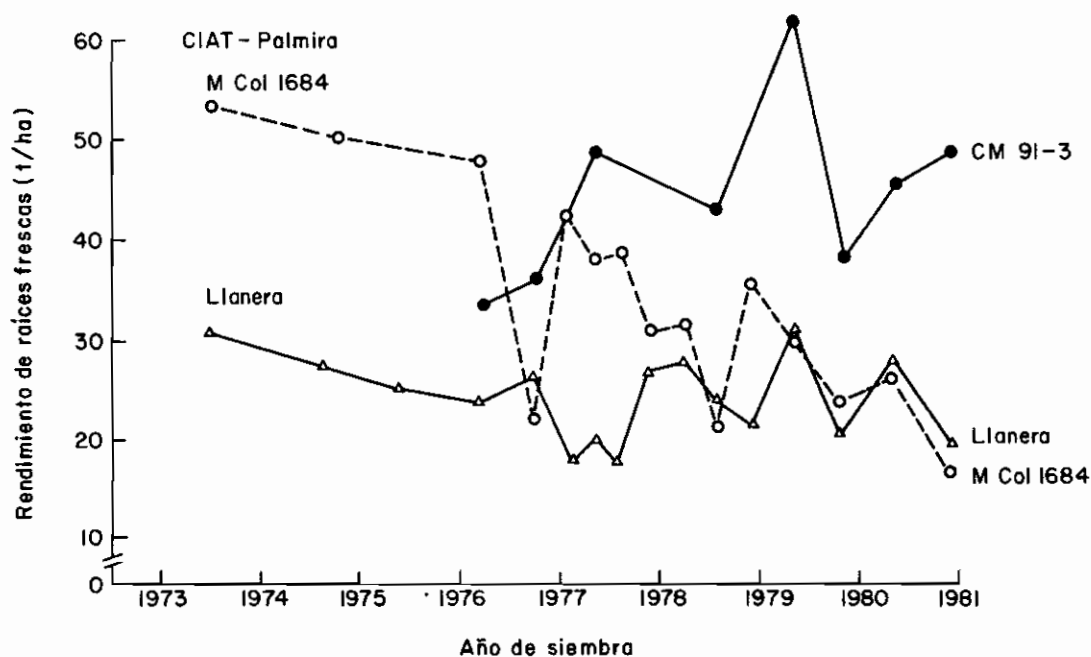


Figura 7. Rendimiento de Llanera, M Col 1684, y una línea F₁ seleccionada, durante ocho años en CIAT-Palmira.

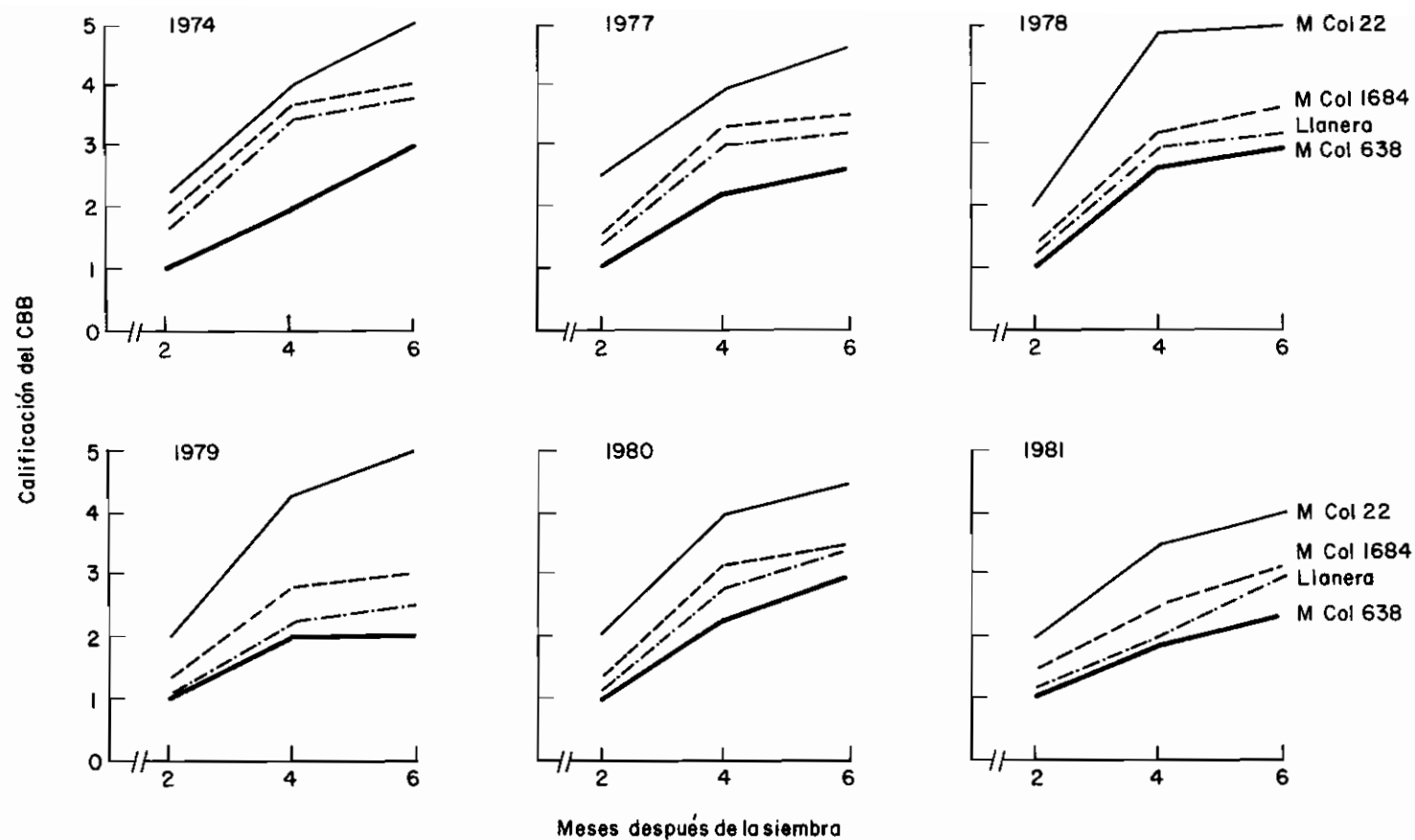


Figura 8. Reacción de cuatro genotipos de yuca al añublo bacteriano común (CBB) durante la estación lluviosa a lo largo de seis años, en Carimagua (escala de evaluación del CBB: véase Informe Anual 1978, Sección Mejoramiento Varietal).

Las observaciones detalladas sobre la infección por el CBB en hojas de yuca a mediados de la estación lluviosa indicaron que un genotipo susceptible (M Col 22) tenía promedios de 4.4 hojas sanas y 4.1 hojas infectadas de CBB por tallo, en tanto que un genotipo moderadamente susceptible (M Col 1684) tenía 5.9 hojas sanas y 3.4 hojas infectadas por tallo (Figura 9). Un genotipo moderadamente resistente (M Col 638) tenía 8.2 hojas sanas y 4.6 infectadas por tallo, y un genotipo resistente (CM 523-7) tenía 11.6 hojas sanas y 10.5 hojas infectadas por tallo.

La tasa de emergencia foliar por ápice de plantas de la misma edad es, en gran medida, constante en un ambiente determinado independientemente del genotipo; por ejemplo, durante la estación lluviosa en Carimagua, una hoja emerge en cada ápice aproximadamente cada 2.2 días. Con base en este hecho se puede inferir que el desarrollo inicial del CBB (desde la emergencia foliar hasta el desarrollo de síntomas visibles del CBB en las hojas) tardó 9.7, 13.0, 18.0 y 25.5 días en genotipos susceptibles, moderadamente susceptibles, moderadamente resistentes y resistentes, respectivamente. De manera similar, la caída de las hojas ocurrió a los 18.7, 20.5, 28.2 y 48.6 días, respectivamente. Los análisis estadísticos sostienen la hipótesis de que la resistencia--medida en términos del número de días requeridos para la colonización por el CBB o la caída de las hojas--es una característica cuantitativa.

Observaciones similares de la enfermedad del superalargamiento durante ocho años también indican que la yuca se encuentra bajo una presión constante por parte de esa enfermedad en Carimagua (Figura 10). M Col 113 es altamente susceptible, M Col 22 es susceptible, Llanera es moderadamente resistente, y M Col 638 es la más resistente. Este orden varietal de la resistencia al superalargamiento ha sido constante durante el transcurso de los años de observación. El superalargamiento parece infectar a M Col 113, y desarrollarse en él, rápidamente, en tanto que tiende a hacer lo uno y lo otro lentamente en M Col 638.

Observaciones detalladas sobre la expresión del superalargamiento en tallos de yuca durante la estación lluviosa indican que hay una variación cuantitativa en el tiempo requerido para el desarrollo de la enfermedad, en más del 50% de los tallos; sin embargo, en la mayoría de los genotipos de yuca se observaron síntomas de la enfermedad 1.5 meses después de la germinación (Figura 11). Más del 50% de los tallos de un genotipo altamente susceptible (M Col 113) se observaron con síntomas de la enfermedad dentro de los primeros 1.5 meses después de la germinación, en tanto que un genotipo moderadamente resistente (Llanera) tomó seis meses para alcanzar un 50% de sus tallos con síntomas de la enfermedad. Los genotipos resistentes tales como M Col 638 y CM 723-3 no alcanzaron este estado.

La tasa de expresión del superalargamiento fue estadísticamente diferente, de manera significativa, entre los ocho genotipos observados (Figura 11). Esta diferencia se reprodujo en diferentes años y localidades, excepto por la diferencia entre CM 1191-9 y M Col 22, genotipos que en 1981 no pudieron distinguirse estadísticamente.

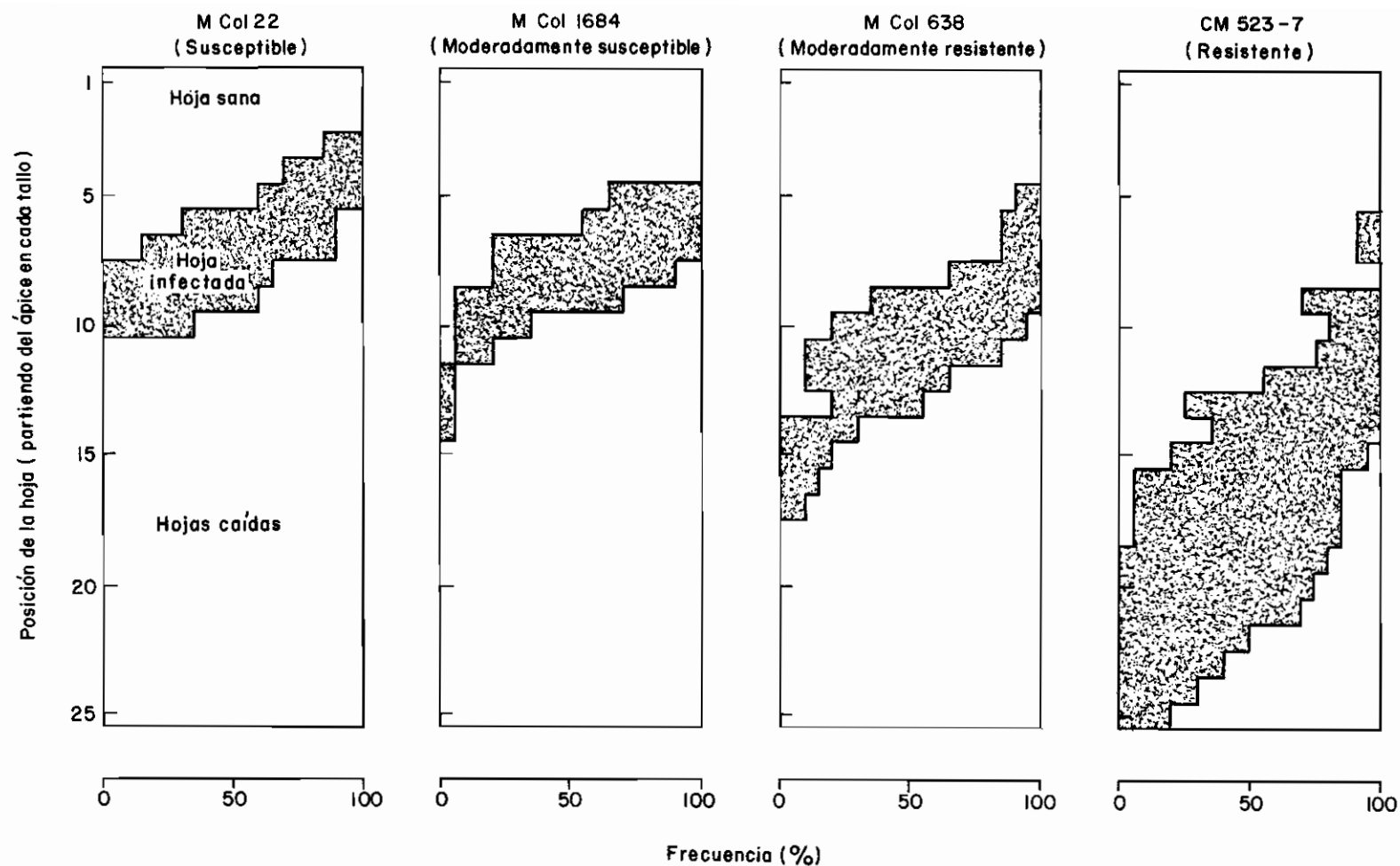


Figura 9. Frecuencia de hojas sanas, infectadas, y caídas, con respecto a diferentes posiciones foliares en genotipos de yuca con resistencia diferencial al CBB (octubre, Carimagua, promedio de 20 tallos).

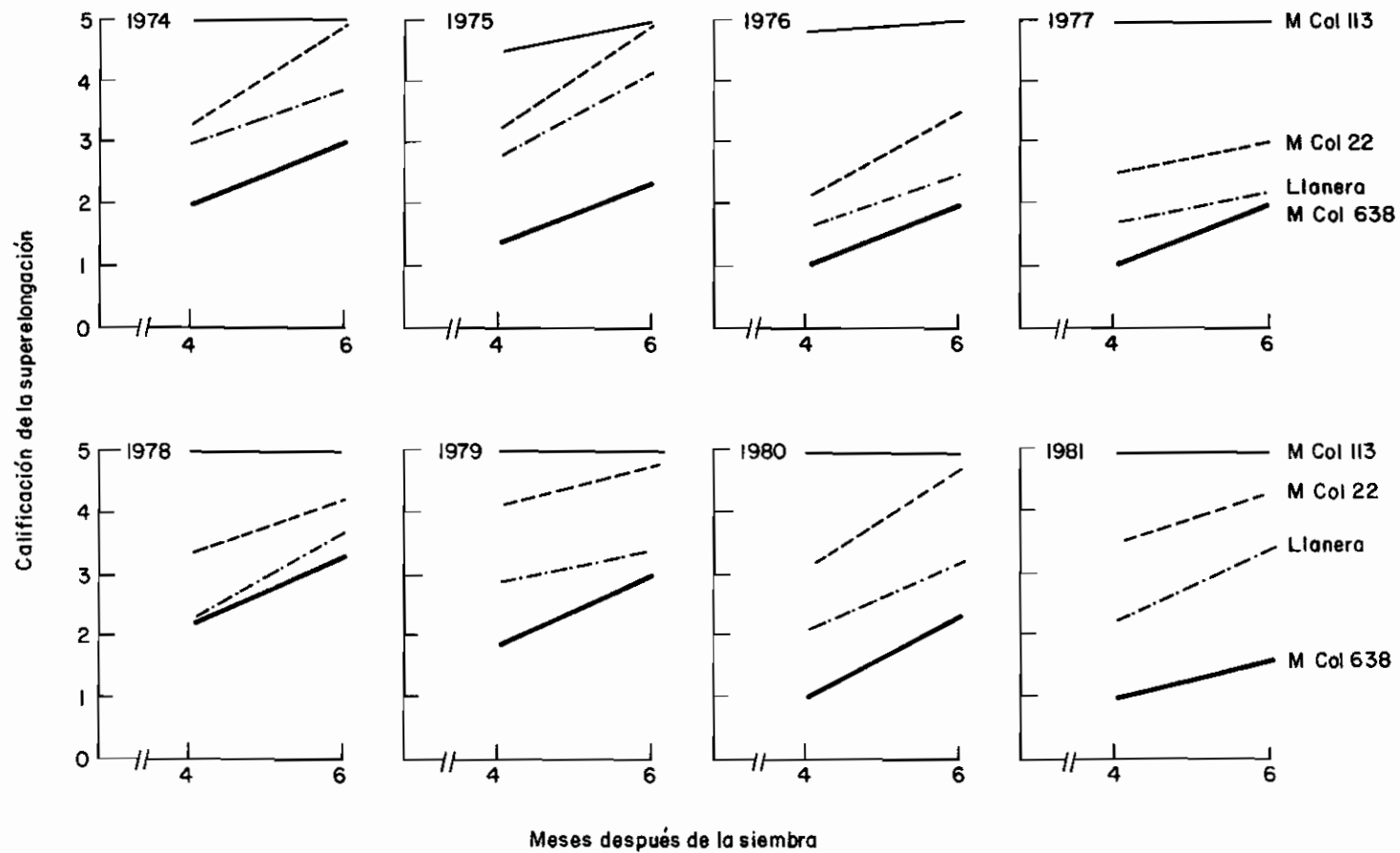


Figura 10. Reacción de cuatro genotipos de yuca al superalargamiento durante la estación lluviosa a lo largo de ocho años en Carimagua (escala de evaluación al superalargamiento: véase Informe Anual 1978, Sección Mejoramiento Varietal).

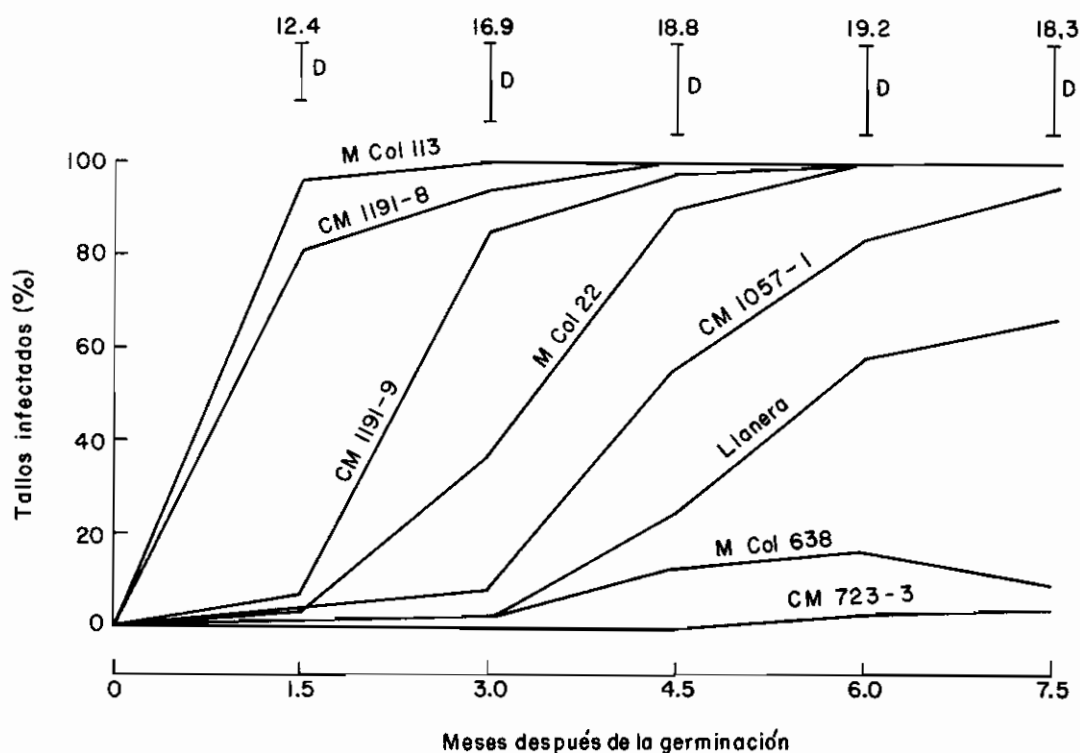


Figura 11. Desarrollo del superalargamiento en diferentes genotipos de yuca en Carimagua (en cada mes de muestreo se presentan los rangos estadísticos de Duncan a un nivel del 5% para comparaciones múltiples).

Algunos genotipos presentaron reacciones a la enfermedad ligeramente diferentes en distintos años y localidades, dando la impresión de una interacción varietal. Sin embargo, esta interacción aparente se ajustó bien dentro del rango del error estadístico en los campos. La mayoría de los clones seleccionados en Carimagua en los últimos años reaccionan al superalargamiento de manera similar a M Col 638 o CM 723-3.

Estos resultados indican que el principal mecanismo de defensa de la yuca a dos de las enfermedades más importantes es la resistencia genética que se caracteriza por el desarrollo lento de la enfermedad, resistencia que se hereda en forma cuantitativa. A pesar de que esto no garantiza en forma absoluta que la resistencia nunca se romperá, se puede asumir que la ruptura de la resistencia es altamente improbable. No es exceso de optimismo esperar que se puedan encontrar tipos similares de resistencia a otras enfermedades y plagas importantes.

Calidad de las estacas de siembra

En Caribia y Carimagua continuaron los trabajos entre estacas de siembra producidas localmente y estacas producidas en CIAT-Palmira, localidad considerada como un ambiente relativamente libre de enfermedades e ideal para la producción de material de siembra. En

Caribia, el rendimiento de M Col 22 con estacas localmente producidas ha sido mayor en aproximadamente un 100% que con las estacas producidas en el CIAT. El resultado fue estadísticamente significativo y se repitió en seis siembras durante cuatro años (Cuadro 2). No hubo diferencias estadísticamente significativas en la germinación entre las dos fuentes de estacas. El rendimiento de CM 342-170 tendió a ser mayor con estacas localmente producidas, pero la diferencia no fue tan marcada como en el caso de M Col 22. Los rendimientos de M Col 1684 han sido altos con estacas tanto locales como del CIAT. M Col 22, CM 342-170 y M Col 1684 se encuentran bien adaptados al ambiente de Caribia. Parte de la razón del comportamiento inferior de las estacas de siembra introducidas puede ser su transporte y su almacenamiento.

En Carimagua, un genotipo altamente susceptible al CBB (M Col 113) no dió estacas viables para la siembra siguiente (Cuadro 3). Los rendimientos de los genotipos susceptibles al CBB (M Col 22 y M Ven 218) fueron inferiores plantando estacas producidas localmente que si se plantan estacas producidas en el CIAT. Los rendimientos de genotipos moderadamente resistentes (Llanera, etc.) tendieron a ser mayores con estacas provenientes del CIAT que con estacas producidas localmente; sin embargo, algunos clones dieron mejor rendimiento con estacas locales que con estacas del CIAT. Los rendimientos de genotipos resistentes al CBB (M Col 638, CM 523-7, etc.) fueron mayores con estacas locales que con estacas producidas en el CIAT. Este resultado es consistente con los resultados de 1980 y es estadísticamente significativo.

Estos hallazgos indican que las mejores estacas de siembra provienen de los genotipos cultivados localmente, los cuales se hallan bien adaptados al ambiente local con buena resistencia a las enfermedades dominantes en dicho ambiente local.

Cuadro 2. Comparación de rendimientos entre estacas de siembra de Carimagua y del CIAT-Palmira en tres genotipos de yuca sembrados en Caribia.

Genotipo	Fuente de estacas	Rendimiento de raíces frescas según fecha de siembra (t/ha)						Promedio (t/ha)
		Mayo 1977	Mayo 1978	Mayo 1979	Oct. 1979	Feb. 1980	Oct. 1980	
M Col 22	Caribia	38	44	22	49	34	41	38.1
	CIAT	17	20	16	29	15	19	19.4
CM 342-170	Caribia		51	25		42	39	39.4
	CIAT		31	21		33	39	31.3
M Col 1684	Caribia			16	33	39	43	32.8
	CIAT			26	57	27	46	38.9

Cuadro 3. Nivel de resistencia al CBB y rendimiento de raíces de plantas provenientes de estacas de Carimagua y CIAT-Palmira, sembradas en Carimagua (siembra de octubre, 1980).

Reacción al CBB	Línea	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)	
		Estacas de Carimagua	Estacas de CIAT-Palmira
Altamente susceptible	M Col 113	-- ^a	<u>7.3</u>
	Promedio	-- ^a	7.3
Susceptible	M Col 22	1.7	3.5
	M Ven 218	<u>6.3</u>	<u>8.7</u>
	Promedio	4.0	6.1
Moderadamente resistente	Llanera	5.6	12.5
	M Col 1468	13.5	12.2
	M Col 1684	6.9	12.8
	CM 91-3	11.5	17.7
	CM 507-34	13.2	16.3
	CM 621-251	28.8	27.8
	CM 917-3	18.8	21.1
	CM 962-6	22.2	19.1
	CM 978-28	<u>22.6</u>	<u>26.4</u>
	Promedio	15.9	18.4
Resistente	M Col 638	15.3	7.3
	M Ven 77	12.8	9.4
	CM 523-7	19.4	15.3
	CM 723-3	<u>21.2</u>	<u>17.0</u>
	Promedio	17.2	12.3

a. No hubo estacas disponibles.

Deterioro de cultivares

La yuca se propaga por estacas (estacas de tallo) por medio de las cuales también se pueden diseminar enfermedades e insectos. En el caso de las principales enfermedades y plagas, tales como CBB, superalargamiento, o insectos escamas, ya se ha obtenido información sobre la forma como estas especies se diseminan y dañan las estacas de siembra (véanse las secciones de Patología, Entomología, y Mejoramiento Varietal de informes anuales anteriores). Sin embargo, aún existe la posibilidad de que algunos factores bióticos, aún no bien conocidos, se acumulen durante los ciclos de propagación vegetativa de los cultivares de yuca.

Virtualmente, todas las accesiones del germoplasma son variedades cultivadas y deben haber sido propagadas vegetativamente aun durante cientos de años antes de haber llegado al CIAT. Esta cadena de propagación vegetativa se interrumpe cuando se hacen nuevos clones híbridos por medio de la reproducción sexual; por consiguiente, los nuevos clones híbridos se pueden considerar como materiales "frescos" en contraposición con las accesiones del germoplasma que pueden considerarse como materiales "cansados". Se hicieron comparaciones, en ensayos de rendimiento, entre accesiones del germoplasma escogidas al azar y clones híbridos F_1 no seleccionados de estas accesiones (Cuadro 4). El rendimiento, en promedio, de las poblaciones F_1 fue mayor que el de los progenitores correspondientes en 54 cruzamientos de los 68 estudiados. El rendimiento total, en promedio, de clones F_1 fue un 20% mayor que el del total de accesiones parentales. Aproximadamente un 15% de la diferencia en rendimiento se debió a un mejor índice de cosecha en los clones F_1 , y un 5% de esa diferencia, a un alto peso total de la planta.

Las accesiones del germoplasma pueden haber estado sufriendo un promedio de deterioro en su capacidad de rendimiento del 20% con respecto al que tenían cuando llegaron al CIAT. La yuca es una especie altamente heterocigota; por consiguiente, el mejor rendimiento observado en clones F_1 no parece haber ocurrido por heterosis. Sin embargo, existe la posibilidad de que algún factor genético--como el autocruzamiento en accesiones parentales--ayude a los clones F_1 a dar un mejor rendimiento; por tanto, este 20% se debe interpretar como la media máxima posible. Sin embargo, en algunos cruzamientos, las accesiones parentales solamente dieron un rendimiento del 50% de sus líneas F_1 correspondientes, lo cual indica que, en algunos, el deterioro de un cultivar puede llegar a ser del 50%.

Cuadro 4. Comparación de las características del rendimiento entre accesiones del germoplasma, y sus líneas F_1 correspondientes sin selección.^a

	No. de genotipos	Promedio de peso fresco total de la planta (t/ha)	Índice de cosecha, en promedio	Rendimiento promedio de raíces frescas (t/ha)
Accesiones de germoplasma	71	40.1	0.418	16.8
Híbridos F_1	1026	41.9	0.475	20.2
	(68 cruzamientos)			

a. Datos obtenidos de un ensayo de hileras individuales sembrado en 1974. Cada accesión parental se repitió en tres hileras.

Selección por factores imprevistos

La parte más difícil de la selección por estabilidad en el tiempo es el hecho de que los fitomejoradores tienen que estar preparados frente a factores actualmente no observados, que pueden presentarse cuando los mejoradores cambian un ecosistema al introducir en él nuevos cultivos y cambiar las prácticas culturales. Además, cualquier intento por cultivar yuca en grandes cantidades como alimento para animales o para su utilización industrial sería una nueva experiencia para el germoplasma de yuca; por consiguiente, hay un nuevo motivo que incita a prepararse cuidadosamente para el nuevo ecosistema que se crearía.

Existen evidencias suficientes para demostrar que se está obteniendo resistencia estable a enfermedades específicas; sin embargo, la situación global se asemeja al caso de un fitomejorador que selecciona por resistencia a una enfermedad de la cual evolucionan nuevas razas fisiológicas cada vez que el fitomejorador desarrolla un nuevo cultivar resistente. Una manera posible de manejar esta situación es la resistencia equilibrada. En lugar de concentrarse en la mayor resistencia a unos pocos factores--lo cual automáticamente limitará el número de genotipos disponibles para su selección por otros factores--el enfoque debe ser seleccionar genotipos que posean resistencia moderada a la mayor cantidad de factores posibles.

Rendimiento Económicamente Válido

Contenido de materia seca de las raíces y calidad culinaria

En los últimos años se ha dado más importancia a la selección por un contenido más alto de materia seca en las raíces. Muchas selecciones nuevas combinan un alto rendimiento de raíces frescas con un alto contenido de materia seca en Caribia (Cuadro 5), Carimagua (Cuadro 6), y CIAT-Palmira (Cuadro 7).

La calidad culinaria es un factor subjetivo. Se considera que está correlacionado positivamente con un alto contenido de almidón, pero hay excepciones a esta regla general. En CIAT-Palmira, la mayoría de las nuevas accesiones presentan una buena calidad culinaria, en tanto que en Carimagua, aquellas líneas con una mejor calidad culinaria que la variedad Llanera son una minoría. En Caribia, ninguna selección híbrida parece haber superado a Venezolana, un cultivar local de rendimiento moderado, famoso por su excelente calidad culinaria.

Deteriorabilidad de las raíces

Una de las principales desventajas de la yuca es su extremada deteriorabilidad. Hay dos fases del deterioro radical después de la cosecha: el deterioro fisiológico (veteado vascular) y el deterioro microbiano (deterioro general) (Informe Anual 1976, Sección de Mejoramiento Varietal; Informe Anual 1978, Sección de Patología). El deterioro fisiológico ocurre de 1-6 días después de la cosecha y el microbiano se presenta después.

Cuadro 5. Selecciones promisorias de evaluaciones hechas en Caribia.

Genotipo	Progenitores (año del cruce)	Rendimiento, promedio, de raíces frescas (t/ha)	Contenido, promedio, de materia seca en raíces (%)
<u>Selección más reciente</u>			
CM 586-1	M Mex 55 x M Pan 114 (1975)	45	36
CM 652-10	M Col 1802 x Llanera (1976)	40	33
CM 681-2	M Ven 185 x M Col 22 (1976)	34	36
CM 728-2	CM 180-5 x M Col 1684 (1976)	31	33
CM 728-3	CM 180-5 x M Col 1684 (1976)	36	32
CM 922-2	M PTR 19 x CM 314-20 (1977)	42	35
CM 955-2	CM 308-37 x M Ven 218 (1977)	39	33
CM 975-1	CM 321-160 x M Col 1292 (1977)	38	33
CM 975-5	CM 321-160 x M Col 1292 (1977)	37	32
CM 976-15	CM 321-160 x M Col 1684 (1977)	52	33
CM 976-18	CM 321-160 x M Col 1684 (1977)	26	27
CM 982-20	CM 321-170 x M Col 1684 (1977)	52	30
<u>Selección más temprana</u>			
CM 342-170	M Col x M Col 1468 (1974)	37	30
CM 523-7	M Col 655A x M Col 1515 (1975)	26	34
M Col 22		32	32
M Col 1468 (CMC 40)		31	26
M Col 1684		36	30
<u>Cultivar local</u>			
Manteca		17	32
Montero		15	34
Venezolana		13	36

Cuadro 6. Selecciones promisorias de evaluaciones hechas en Carimagua.

Genotipo	Progenitores (año del cruce)	Rendimiento, promedio, de raíces frescas (t/ha)	Contenido, promedio, en materia seca en raíces (%)	Evaluación de enfermedades	
				CBB	SA
<u>Selección más reciente</u>					
CM 621-214	M Col 638 x M Col 1684 (1975)	26	32	MR	MR
CM 621-251	M Col 638 x M Col 1684 (1975)	24	29	MR	R
CM 840-31	M Col 638 x M Ven 218 (1976)	19	33	MR	R
CM 841-168	M Col 638 x M Pan 70 (1976)	21	31	MR	R
CM 946-2	CM 307-37 x CM 429-17 (1977)	28	31	MR	MR
CM 951-6	CM 309-37 x M Col 638 (1977)	23	29	MR	MR
CM 962-6	CM 309-93 x M Pan 70 (1977)	19	29	MR	MR
CM 996-6	CM 323-99 x M Col 638 (1977)	27	28	MR	R
CM 1335-4	CM 462-1 x M Col 1292 (1977)	27	38	R	MR
<u>Selección más temprana</u>					
CM 91-3	M Col 688 x Llanera (1973)	17	31	MR	S
CM 430-37	Llanera x M Col 647 (1974)	22	33	MR	MR
CM 507-37	Llanera x M Col 1684 (1975)	13	31	MR	MR
CM 517-1	M Col 647 x M Col 1515 (1975)	15	32	R	MR
CM 523-7	M Col 655A x M Col 1515 (1975)	16	36	R	MR
CM 723-3	CM 180-4 x M Col 647 (1976)	18	35	R	R
M Ven 77		17	31	R	R
<u>Cultivar local</u>					
Llanera		11	31	MR	MR
M Col 638		14	29	R	MR

a. CBB = añublo bacteriano común; SA = superalargamiento. Las calificaciones son: R = resistente; MR = moderadamente resistente; S = susceptible.

Cuadro 7. Algunos resultados de un ensayo de rendimiento en CIAT-Palmira (siembra de abril, 1980).

Genotipo	Progenitores (año del cruce)	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)	Contenido de materia seca en raíces (%)
<u>Selección más reciente</u>			
CM 847-9	SM 76-66 x M Col 1684 (1976)	58	34
CM 883-1	M Mex 14 x CM 314-20 (1977)	65	37
CM 903-4	M Ven 218 x CM 309-37 (1977)	51	38
CM 930-6	M Ptr 26 x CM 314-20 (1977)	56	36
CM 981-8	CM 321-170 x M Col 1292 (1977)	54	42
CM 1006-5	CM 323-142 x M Col 1684 (1977)	64	34
CM 1014-2	M Col 22 x M Col 655A (1977)	59	37
CM 1015-42	M Col 22 x M Col 1684 (1977)	53	34
CM 1016-12	M Col 22 x M Mex 11 (1977)	70	36
CM 1016-31	M Col 22 x M Mex 11 (1977)	59	39
CM 1022-4	M Col 22 x CM 416-2 (1977)	53	40
CM 1022-6	M Col 22 x CM 416-2 (1977)	64	38
CM 1073-2	M Ven 218 x M Col 22 (1977)	59	35
CM 1134-1	CM 309-93 x CM 309-303 (1977)	52	38
CM 1305-3	CM 446-22 x M Col 1684 (1977)	55	34
<u>Selección más temprana</u>			
CM 91-3	M Col 688 x Llanera (1973)	49	36
CM 305-41	M Col 113 x M Col 22 (1973)	58	34
CM 321-188	M Col 22 x M Ven 270 (1974)	48	36
CM 489-1	M Col 882 x M Ven 270 (1975)	62	30
M Ven 218		41	33
<u>Testigo</u>			
Llanera		28	32
M Col 22		36	38
M Col 113		22	29

El deterioro fisiológico se correlaciona positivamente con el contenido de materia seca de las raíces. La correlación ha sido altamente significativa y consistente en distintos años, con diferentes genotipos (Cuadro 8). Dado el error estadístico, relativamente grande, asociado con la medición del deterioro fisiológico en un gran número de genotipos, se espera que la correlación sea mucho más estrecha en la naturaleza que aquella que se podría interpretar con los coeficientes de correlación presentados en el Cuadro 8. Por consiguiente, mediante el mejoramiento genético debe ser difícil--si no imposible--combinar un alto contenido de materia seca en las raíces con una baja deteriorabilidad de las mismas.

Cuadro 8. Relación entre el veteado vascular y el contenido de materia seca de las raíces, en diversos ensayos de rendimiento en el CIAT.

Tipo de ensayo de rendimiento	Fecha de siembra	Número de genotipos evaluados	Coefficiente de relación entre el veteado vascular y el contenido de materia seca
<u>Ensayo repetido</u>	Oct. 1974	218	0.53**
	Sept. 1976	225	0.58**
	Sept. 1977	327	0.50**
	Abr. 1978	225	0.37**
	Ene. 1979	291	0.73**
	Abr. 1979	249	0.61**
	Oct. 1979	201	0.80**
	Abr. 1980	286	0.33**
	Oct. 1980	270	0.42**
<u>Ensayo de una sola hilera</u>	Abr. 1979	204	0.59**
	Oct. 1979	285	0.42**
	Abr. 1980	361	0.52**
	Sept. 1980	145	0.48**

** Significativo a un nivel del 0.05%.

Contenido de cianuro

El contenido total de cianuro en las raíces se correlaciona negativamente con el contenido de materia seca de las raíces (Cuadro 9), con el deterioro fisiológico (Cuadro 10), y con el deterioro microbiano (Cuadro 11). Entre más alto sea el contenido de HCN de las raíces, menor será el contenido de materia seca y la deteriorabilidad de las mismas. Las correlaciones fueron altamente consistentes para diferentes grupos tanto de años de siembra como de genotipos. Sin embargo, las correlaciones individuales fueron bajas y puede ser posible seleccionar genotipos que se desvíen de la correlación general.

Esta información permite visualizar genotipos con raíces de un alto contenido de materia seca, un bajo contenido de HCN, una alta deteriorabilidad, y una buena calidad culinaria con un tipo de yuca típico para el mercado fresco.

Si se considera la yuca como alimento para animales o como materia prima industrial, se requiere una definición más precisa sobre el equilibrio entre estas características de las raíces.

Cuadro 9. Contenido, en promedio, de materia seca en las raíces a diferentes niveles del cianuro de las raíces de yuca.

Tipo de ensayo de rendimiento	Fecha de siembra	Número de genotipos evaluados	Contenido de materia seca (%) a un puntaje de HCN en las raíces de:					Coeficiente de regresión
			1	2	3	4	5	
<u>Ensayo repetido</u>	Oct. 1974	218	37.0	36.4	36.9	36.2	35.6	-0.30
	Sept. 1976	225	37.8	35.4	35.1	34.2	34.4	-0.80
	Sept. 1977	327	37.1	37.3	36.2	36.0	34.6	-0.63
	Abr. 1978	225	34.0	34.3	33.7	33.6	31.2	-0.63
	Ene. 1979	291	37.1	36.4	35.9	35.6	33.7	-0.76
	Jun. 1979	249	36.7	36.2	34.8	35.5	35.5	-0.31
	Oct. 1979	201	36.1	35.1	34.1	33.0	32.8	-0.87
	Abr. 1980	286	33.8	33.0	32.7	31.9	31.4	-0.59
	Oct. 1980	270	33.7	32.9	32.5	31.7	30.0	-0.86
<u>Ensayo de una sola hilera</u>	Mar. 1979	204	34.2	34.5	33.5	32.9	31.4	-0.72
	Oct. 1979	285	35.7	35.2	34.4	33.6	32.7	-0.76
	Mar. 1980	361	33.9	32.9	33.1	32.2	31.7	-0.51
	Sept. 1980	145	34.4	32.6	33.9	32.5	33.7	-0.15

a. HCN total en parénquima: 1 = 0-25 ppm (ppm de peso fresco); 2 = 25-50 ppm; 3 = 50-80 ppm; 4 = 80-120 ppm; 5 = más de 120 ppm, aproximadamente.

Cuadro 10. Calificación, en promedio, del veteado vascular a diferentes niveles del cianuro de las raíces de yuca.

Tipo de ensayo de rendimiento	Fecha de siembra	Número de genotipos evaluados	Tasa de veteado vascular ^a , a puntajes de HCN en las raíces de: ^b					Coeficiente de regresión
			1	2	3	4	5	
<u>Ensayo repetido</u>	Oct. 1974	218	2.50	2.64	2.48	2.40	1.90	-0.14
	Sept. 1976	225	3.78	3.34	3.10	2.82	2.99	-0.21
	Sept. 1977	327	3.59	3.62	3.43	3.37	2.92	-0.16
	Abr. 1978	225	2.75	2.72	2.55	2.62	2.39	-0.08
	Ene. 1979	291	2.67	2.36	2.20	2.10	1.24	-0.31
	Jun. 1979	249	2.62	2.53	2.13	2.33	2.41	-0.06
	Oct. 1979	201	2.85	2.27	1.92	2.03	1.42	-0.31
	Abr. 1980	286	2.27	2.13	2.01	1.71	1.39	-0.22
	Oct. 1980	270	2.32	2.18	1.82	1.42	1.36	-0.27
<u>Ensayo de una sola hilera</u>	Mar. 1979	204	2.34	2.13	1.66	1.72	1.02	-0.31
	Oct. 1979	285	2.12	1.40	1.45	1.17	1.09	-0.23
	Mar. 1980	361	1.52	1.24	1.10	0.82	0.81	-0.18
	Sept. 1980	145	1.51	1.53	1.31	1.13	0.87	-0.17

a. 0 = sin veteado vascular; 4 = vetado vascular en todas las partes de la raíz (1 semana después de la cosecha).

b. Igual que en el Cuadro 8.

Cuadro 11. Deterioro general de las raíces a diferentes niveles de cianuro en las raíces de yuca.

Tipo de ensayo de rendimiento	Fecha de siembra	Número de genotipos evaluados	Deterioro general de las raíces ^a , con puntajes de HCN en las raíces de: ^b					Coeficiente de regresión
			1	2	3	4	5	
<u>Ensayo repetido</u>	Sept. 1976	225	3.84	3.21	3.14	3.02	3.15	-0.16
	Jun. 1979	249	3.03	2.85	2.82	2.94	2.93	-0.01
	Oct. 1979	201	3.61	3.28	3.37	3.25	3.06	-0.11
	Abr. 1980	286	2.34	2.03	2.20	1.76	1.45	-0.21
	Oct. 1980	270	3.00	2.72	2.64	2.38	1.95	-0.24
<u>Ensayo de una sola hilera</u>	Mar. 1979	204	1.89	1.98	1.25	1.52	0.87	-0.25
	Mar. 1980	361	1.95	2.24	1.93	1.78	1.24	-0.19
	Sept. 1980	145	2.54	2.14	1.60	1.63	1.29	-0.30

a. 0 = sin deterioro general; 4 = todas las raíces deterioradas (2 semanas después de la cosecha).

b. Igual que en el Cuadro 8.

Facilidad para la cosecha

Existen diferencias varietales considerables en lo que respecta a la facilidad de cosechar la yuca. M Col 22, M Col 1468 (CMC-40), CM 342-170, y CM 523-7 son ejemplos de cultivares de fácil cosecha, en tanto que Llanera, M Col 113, M Col 1684 y M Ven 218 son ejemplos de cultivares de cosecha difícil. La yuca cultivada en CIAT-Palmira es generalmente más difícil de cosechar que en muchas otras regiones; por consiguiente, CIAT-Palmira es una buena localidad para seleccionar por facilidad de cosecha. Muchas de las selecciones nuevas son del tipo de cosecha fácil. Falta analizar las consecuencias biológicas del carácter conocido como cosecha fácil.

Producción y Distribución de Semillas Híbridas

En los últimos años la capacidad del CIAT para producir semilla híbrida ha aumentado. En el proceso de selección se utilizan aproximadamente 30,000 semillas al año y cerca de 20,000 semillas más se envían a programas nacionales que colaboran en el mejoramiento genético de yuca. La gran mayoría de estas semillas provienen de polinizaciones controladas. Los resultados de selecciones hechas en paquetes de semillas anteriores indican que los materiales de semilla del CIAT son aportes útiles a los programas nacionales de mejoramiento genético que ofrecen oportunidades inmediatas para la selección varietal en muchos casos. Los recientes paquetes de semillas destinadas a los programas nacionales incluyen semillas híbridas de clones tales como M Col 1684, CM 91-3, CM 342-170, CM 507-37, CM 523-7 y CM 681-2 (véase la Sección de Cooperación Internacional).

Prácticas Culturales

Cultivos Asociados

Cultivo intercalado en la yuca desarrollada

La yuca alcanza su máxima área foliar, aproximadamente, entre 4 y 6 meses después de la siembra cuando la luz interceptada por el follaje, en buenas condiciones de desarrollo, es un 95% o más. De ahí en adelante, el área foliar decrece a medida que las hojas viejas caen y se reduce la captación de luz. La mayor cantidad de luz que atraviesa el follaje de la yuca y alcanza el suelo en las plantaciones más antiguas de yuca provee condiciones favorables para intercalar un segundo cultivo. Tipos volubles de leguminosas, p. ej., pueden usar la luz no interceptada por la yuca y servirse de sus tallos como soporte. Este sistema de cultivo se practica, p. ej., en Huila, Colombia, y en América Central. Para lograr una impresión general de la factibilidad y del potencial de este sistema, se sembró un primer experimento en el CIAT durante 1977-1978 cuyos resultados se publicaron en el Informe Anual de 1978. En una serie de ensayos de seguimiento, se trató de aprender más sobre las prácticas de manejo necesarias tanto para la yuca como para el cultivo intercalado.

Tiempo relativo para la siembra del cultivo intercalado

Se sembraron en el CIAT dos ensayos con la variedad de yuca M Mex 11; se sembró 7, 8, y 9 meses después, tanto frijol arbustivo (la variedad Porrillo Sintético, en el ensayo A) como frijol trepador (la variedad G2258, en el ensayo B) en la yuca ya establecida, y se sembraron también lotes de frijol en monocultivo, como testigo. La mitad de las parcelas de yuca recibieron como tratamiento un 67% de defoliación a la siembra del frijol mientras que el resto se dejó intacto. En la asociación yuca/frijol arbustivo, se defolió la yuca cortando dos de las tres ramas por encima de la primera ramificación (defoliación por corte), en tanto que en el ensayo yuca/frijol voluble las ramas no se tocaron pero se arrancaron manualmente las hojas en dos de las tres ramas (defoliación por deshojado).

La cantidad relativa de luz que pasaba por el follaje de la yuca (LTR) empezó a aumentar más o menos a los 7 meses de sembrada y se estabilizó dos meses después en valores de LTR de 30 y 40% (Figura 1). La defoliación temprana (7 y 8 meses) aumentó la luz disponible para los frijoles en un 20 a 30% adicional, mientras que la defoliación a los 9 meses aumentó la luz que atravesaba el follaje sólo en 5 ó 10% más, siendo la última defoliación menos efectiva puesto que el área foliar, como tal, era más pequeña.

El frijol trepador fue seriamente afectado por la enfermedad del mosaico, y los rendimientos fueron extremadamente variables; sin embargo, el frijol arbustivo, que no fue afectado por aquella, manifestó una clara respuesta a la fecha relativa de siembra y a las prácticas de defoliación.

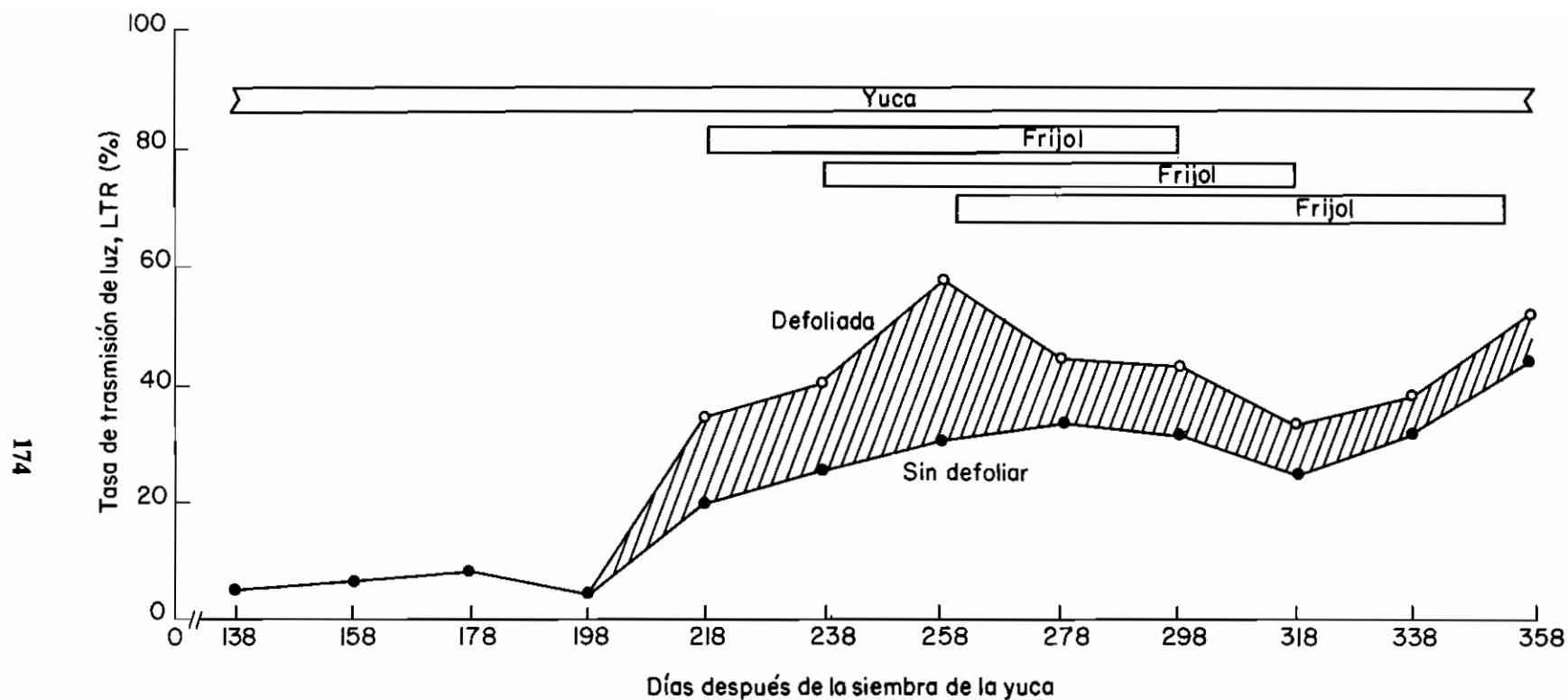


Figura 1. Variación de la luz disponible (LTR) bajo un dosel de follaje de yuca defoliado y no defoliado, de los 138 a los 358 días después de la siembra. Las barras sobre la curva indican la duración del crecimiento del frijol intercalado a los 7, 8 y 9 meses después de sembrada la yuca.

En cifras absolutas, los rendimientos, tanto del frijol voluble como del arbustivo, tendieron a ser mayores en las siembras de 7 y 8 meses (Cuadro 1), pero cuando los rendimientos del frijol intercalado se expresaron respecto a los monocultivos --corrigiendo así el efecto de la fecha de siembra-- se vió claramente que el frijol sembrado nueve meses después de la yuca se comportó mejor que los sembrados en las fechas anteriores, muy probablemente como una consecuencia de las mejores condiciones de luz que existían en esa edad de la yuca. La defoliación del 67% aportó una ventaja adicional constante en el rendimiento de 15-20% (Figura 2).

Cuadro 1. Rendimiento de grano (14% de humedad) del frijol arbustivo y del frijol voluble intercalados con yuca, a los 7, 8 y 9 meses después de la siembra de la yuca, con y sin defoliación manual de ésta.

Tratamiento	Rendimiento del frijol (kg/ha) ^a	
	Arbustivo	Voluble
<u>Monocultivo</u>		
Siembra a los 7 meses	1734 b	1151 a
Siembra a los 8 meses	2325 a	1041 a
Siembra a los 9 meses	1197 cd	946 a
<u>Asociación</u>		
Defoliación a los 7 meses	1021 cde	154 d
Defoliación a los 8 meses	1277 c	470 b
Defoliación a los 9 meses	897 cde	331 bcd
Sin defoliar, a los 7 meses	646 e	429 bc
Sin defoliar, a los 8 meses	849 de	350 bcd
Sin defoliar, a los 9 meses	639 e	196 cd

a. Los promedios de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a $P = 0.05$.

Los rendimientos de la yuca no se vieron afectados cuando se sembró frijol arbustivo o voluble como cultivo intercalado, en esta etapa tardía del desarrollo de la yuca sin defoliar (Cuadro 2). La defoliación de la yuca trató de reducir los rendimientos de raíces frescas en 1.5 a 3 t/ha--independientemente de la presencia o ausencia del frijol intercalado--y el contenido de almidón en la raíz se redujo hasta en un 3%. Ninguno de los sistemas de defoliación (por corte o deshojando) demostró una ventaja definida sobre el otro en relación con el efecto recibido por el cultivo intercalado; sin embargo, la defoliación por corte redujo el contenido de almidón de las raíces de manera significativa, en tanto que el deshojado no lo hizo.

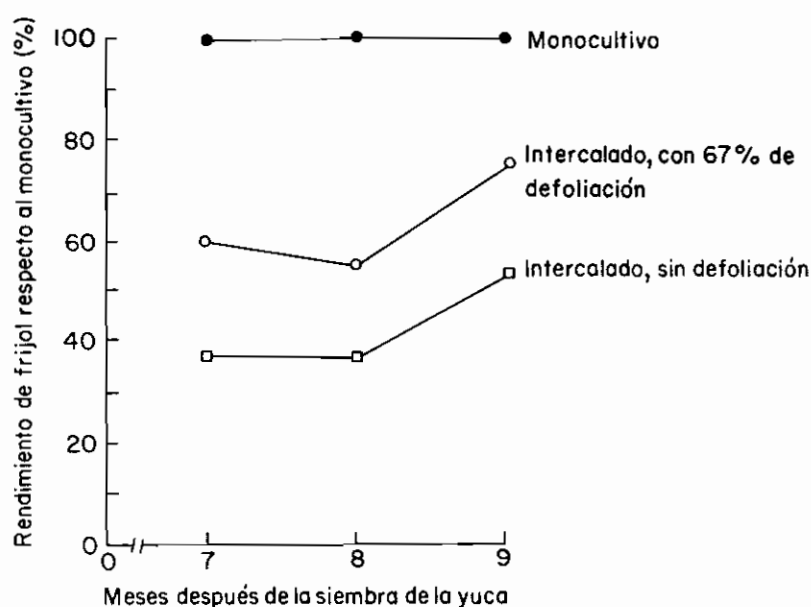


Figura 2. Rendimiento relativo del frijol arbustivo bajo la yuca defoliada y no defoliada, tal como es afectado por la época de siembra.

Cuadro 2. Rendimientos totales de raíces frescas y contenido de almidón de la yuca M Mex 11 intercalada con frijol voluble y con frijol arbustivo a los 7, 8, y 9 meses después de la siembra con defoliación del 67% por corte o por deshoje, y sin defoliación. Los datos de dos ensayos aparecen por separado, para compararlos.

Tratamiento	Yuca/frijol arbustivo ^a		Yuca/frijol voluble ^a	
	Rendimiento de raíces (t/ha)	Almidón (%)	Rendimiento de raíces (t/ha)	Almidón (%)
Monocultivo				
Defoliación a 7 meses	19.7 a	33.6 abcd	17.3 ab	32.9 a
Defoliación a 8 meses	21.1 a	32.0 d	21.8 ab	32.8 a
Defoliación a 9 meses	19.0 a	32.5 cd	22.5 ab	31.8 a
Sin defoliar	22.4 a	34.9 a	23.5 ab	34.3 a
Intercalado				
Defoliación a 7 meses	20.0 a	33.7 abcd	19.4 ab	34.5 a
Defoliación a 8 meses	22.7 a	34.2 abc	17.9 ab	32.7 a
Defoliación a 9 meses	16.9 a	32.7 cd	14.1 b	31.7 a
Sin defoliar a 7 meses	23.0 a	34.0 abc	23.1 ab	34.0 a
Sin defoliar a 8 meses	21.2 a	32.9 bcd	22.4 ab	32.9 a
Sin defoliar a 9 meses	22.5 a	33.2 abcd	26.3 a	34.5 a

a. Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de $P = 0.05$.

Tiempo relativo y frecuencia de la defoliación

En los ensayos anteriores, la defoliación se practicaba al mismo tiempo que la siembra del frijol, a pesar de que los frijoles pueden aprovechar o no completamente el incremento de luz inmediatamente después de sembrados. Por consiguiente, el efecto de la defoliación de la yuca dos y cuatro semanas después de la siembra del frijol se examinó juntamente con la defoliación simultánea. Poco tiempo después de la defoliación, la yuca empieza a reponer su follaje y el efecto de la defoliación se pierde gradualmente. Por ello, una comparación de los efectos de una y dos defoliaciones con intervalos diferentes se hizo también en este ensayo.

El cultivar G2258 de frijol voluble se plantó bajo un cultivo de yuca M Mex 11 de 9 meses de edad, y se hizo un 67% de defoliación de la yuca a los 0, 15, ó 30 días después de la siembra del frijol. Un segundo grupo de tratamientos ensayó dos defoliaciones a los 0 y 30 días, a los 15 y 45 días, y a los 30 y 60 días después de la siembra.

No hubo efecto sobre el rendimiento del frijol cuando se defolió la yuca al momento de sembrar el frijol ó 15 ó 30 días más tarde. Sin embargo, cuando se hicieron dos defoliaciones, en vez de una, los rendimientos de frijol aumentaron desde un nivel, en promedio, de 1300 kg/ha hasta aproximadamente 1560 kg/ha, sin que las fechas individuales de defoliación mostraran, tampoco ahora, una influencia en el rendimiento del frijol (Cuadro 3). Los rendimientos de raíces de la yuca manifestaron una tendencia hacia una mayor reducción cuando se hizo la defoliación temprana (0 días) que cuando se hizo la tardía (30 días). El efecto resultó significativo cuando se hicieron dos defoliaciones en vez de una; con todo, el nivel de rendimiento obtenido en la yuca que se defolió dos veces no fue inferior al obtenido cuando se hizo una sola defoliación (Cuadro 3).

Intensidad de la defoliación

El cultivar G2258 de frijol voluble se sembró bajo un cultivo de yuca cv. M Mex 11 de 9 meses de edad, y se practicaron dos defoliaciones de deshoje de 33, 67 y 100% de intensidad (un tercio, dos tercios, o todas las hojas desprendidas) al momento de la siembra del frijol y cuatro semanas después. Se cultivó como control yuca sin defoliar intercalada con frijol y en monocultivo, y se cultivó, en espalderas, frijol en monocultivo como parcela testigo.

Los rendimientos del frijol voluble respondieron casi linealmente a las mejores condiciones de luz en las parcelas de yuca de más intensa defoliación. Los rendimientos fueron los más bajos cuando el frijol creció y produjo bajo la sombra de la yuca sin defoliar, pero fueron los más altos cuando el frijol se desarrolló en las espalderas bajo luz solar plena. No obstante, casi 0.8 t/ha de frijol seco pudieron cosecharse de las parcelas intercaladas sin defoliar, mientras que 2.6 t/ha de grano se obtuvieron con el frijol que creció con la yuca completamente defoliada, es decir, no mucho menos que con el frijol en monocultivo soportado por espalderas (Figura 3).

Cuadro 3. Rendimientos de grano (14% de humedad) del frijol voluble cultivado en asociación con yuca, utilizando diferentes tiempos relativos y distintas frecuencias de poda.

Tratamiento días después de la siembra)	Rendimiento de frijol voluble ^a (kg/ha)	Yuca ^a	
		Rendimiento de raíces (t/ha)	Contenido de almidón de la raíz (%)
<u>Una defoliación</u>			
0	1263 a	20.6 b	34.0 a
15	1281 a	22.4 ab	33.6 a
30	1320 a	23.0 ab	33.7 a
<u>Dos defoliaciones</u>			
0 + 30	1560 a	20.0 b	33.6 a
15 + 45	1620 a	22.8 ab	33.3 a
30 + 60	1520 a	26.2 a	33.2 a

a. Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel $P = 0.05$.

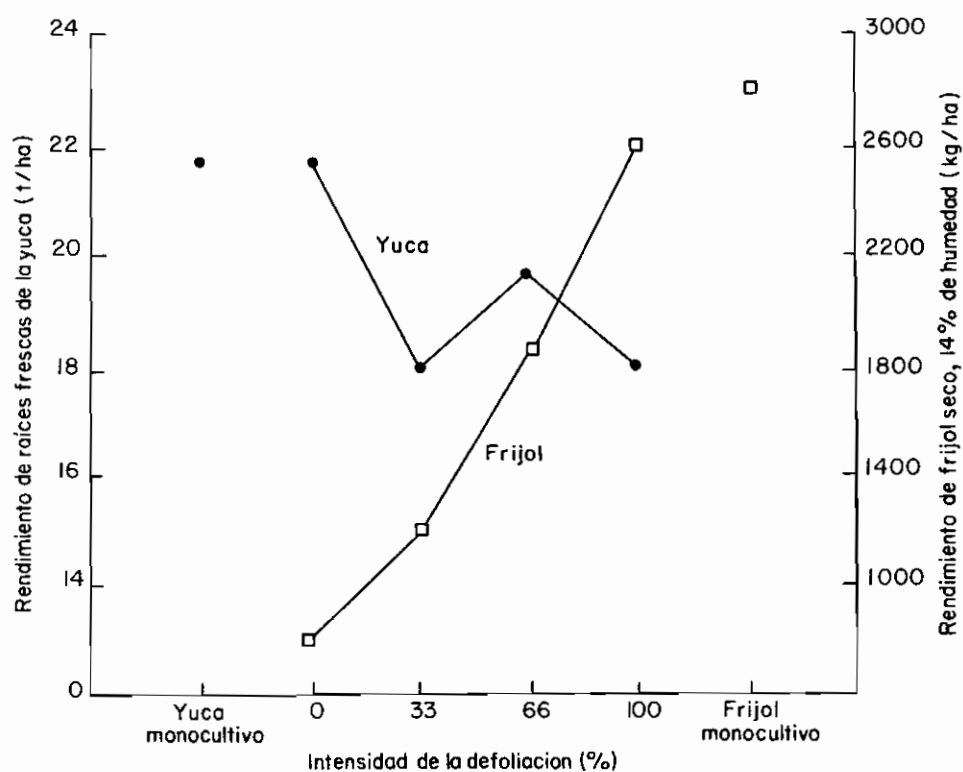


Figura 3. Efecto de la intensidad de la defoliación en los rendimientos de la yuca y del frijol voluble cultivados en asociación.

Los rendimientos de raíces frescas de yuca fueron los mismos, con o sin frijol voluble intercalado, cuando no se hizo ninguna defoliación. Esta redujo el rendimiento de yuca en 15%, en promedio, y la reducción del mismo, cuando se arrancaron todas las hojas, no fue significativamente más grande que cuando se arrancó un tercio solamente de las hojas (Figura 3). El contenido de almidón fue de 35.5, 34.0, 34.8 y 32.8% en las raíces de la yuca sin defoliar (sola o intercalada), y 33, 66 y 100% en la yuca defoliada, respectivamente, siendo significativa la reducción al 100% de defoliación.

Conclusiones

Estos resultados indican que la yuca puede intercalarse con el frijol, con buenos resultados, en las etapas tardías de su desarrollo y sin modificar el dosel de su follaje. En estas condiciones, la yuca no resulta afectada por el cultivo intercalado y se puede lograr un pequeño rendimiento de 500 a 800 kg/ha de frijol seco. Este sistema podría adoptarse cuando la yuca es el cultivo de mayor importancia y no se tolera ninguna reducción de su rendimiento aunque se desearía alguna producción adicional de frijol. Cuanto más tardíamente se siembre el frijol, tanto más favorables son las condiciones de luminosidad bajo el cultivo de la yuca. Sin embargo, hay limitaciones tanto biológicas como prácticas, para la siembra tardía del frijol puesto que su cosecha siempre debe preceder a la de la yuca. Donde haya un patrón bimodal de lluvias, los mejores tiempos podrían lograrse si se siembra la yuca al comienzo de la primera estación lluviosa e intercalando el frijol a mediados o hacia el fin del segundo período de lluvias, permitiendo así el establecimiento del cultivo intercalado con suficiente humedad y haciendo más fácil la cosecha durante la estación seca anterior a la cosecha de yuca.

Con un aumento relativo de la importancia del frijol, pueden adoptarse prácticas de manejo con el fin de incrementar su rendimiento mejorando las condiciones de luz para este cultivo. Esto puede hacerse de la siguiente manera:

1. Eligiendo la fecha relativa correcta para intercalar el frijol. La yuca debería tener, de preferencia, 9 meses de edad, y debería haber suficiente humedad, por lo menos, durante los primeros 60 días después de la siembra del frijol.
2. Defoliando la yuca en el tiempo justo y con la frecuencia adecuada. Dos defoliaciones, una al tiempo de siembra del frijol y otra 4 semanas después, parecen ser la frecuencia y la época más convenientes.
3. Defoliando la yuca con la intensidad correcta. Una defoliación del 67% permite el paso de suficiente luz para permitir una producción de frijol equivalente al 64% del rendimiento máximo obtenido en monocultivo, sin que se produzca una reducción extremadamente drástica del rendimiento de raíces de la yuca y de su contenido de almidón.

Control de Malezas

En el informe anual de 1980 se mencionaron resultados preliminares indicando que las pérdidas en rendimiento de raíces de yuca debidas al coquito (*Cyperus rotundus* L.) podrían ser del orden de 29%. Sin embargo, un detallado análisis de los datos disponibles ahora sugeriría que, en realidad, la yuca es más tolerante a la competencia de esta maleza que otros cultivos, y que la reducción en el rendimiento no es tan grave como se creía en un principio.

Efecto alelopático del coquito en la yuca

En condiciones de campo, tanto la competencia por luz, nutrimentos, y agua como la influencia alelopática de la maleza sobre el cultivo pueden perturbar su productividad. El principio alelopático presente en el coquito se cree está relacionado con compuestos fenólicos que los tubérculos del coquito secretan en la rizosfera. Por tanto, un ensayo en materas fue adelantado para separar el influjo de la competencia del efecto alelopático del coquito.

La yuca M Mex 11 creció en potes bien regados y fertilizados, de los cuales la mitad recibió 100 g de tubérculos macerados de coquito mezclados con el suelo anterior a la siembra. De este modo, la yuca crecía libre de competencia por luz, nutrimentos, y agua, pero se hallaba expuesta al efecto alelopático.

La adición de los tubérculos de coquito redujo el crecimiento de la parte aérea de la yuca significativamente, pero el crecimiento de la raíz apenas resultó afectado (Figura 4).

Reducción del rendimiento causada por coquito en el campo

Se hicieron dos ensayos en la Estación Experimental de Caribia para determinar el efecto del coquito en las características agronómicas y en el rendimiento de la yuca. Se escogió, para el primer ensayo, un área infestada intensa y uniformemente por el coquito, y allí se sembró la yuca (M Col 22) en caballones a 1 x 1 m. Se establecieron tratamientos de control total y de ningún control del coquito, retirando manualmente cualquier planta que germinara en las parcelas de control total, y permitiendo que el coquito creciera libremente y compitiera con la yuca en las parcelas sin ningún control.

Los rendimientos de raíces frescas de yuca obtenidos en las parcelas infestadas con coquito oscilaron entre 77 y 111% de los obtenidos con control total, siendo de 7%, en promedio, la reducción del rendimiento debida a coquito en este ensayo. Esta pequeña diferencia resultó tal vez de un efecto negativo del control manual en la yuca ya que los caballones en las parcelas fueron completamente barridos por la manipulación frecuente y el suelo resultó compactado por los operarios que arrancaban las plantas de coquito.

Se estableció un seguimiento--en el que se usó la misma variedad y el mismo espaciado--para corregir esta dificultad metodológica; se

sembró pues, la yuca de nuevo en las mismas parcelas de control completo que manifestaban muy escaso rebrote del coquito. Además de las parcelas de control total y de aquéllas sin control, se ensayó un nivel intermedio de control del coquito en que éste se cortaba con machete cada dos semanas.

La yuca rindió en promedio, 17.2% menos en las parcelas de yuca infestadas con coquito que en las que estaban libres de malezas; en las parcelas desyerbadas con machete, en cambio, la producción total de raíces fue 10% menor que la de la yuca libre de malezas (Cuadro 4). La reducción en el rendimiento se debió, en gran parte, a un escaso número de raíces gruesas, mientras que el tamaño de la raíz (longitud y perímetro) no resultó afectado. El contenido de almidón fue ligeramente mayor en las raíces cosechadas en las parcelas libres de coquito que en las raíces de parcelas controladas con machete o invadidas por el coquito, pero la diferencia no fue significativa.

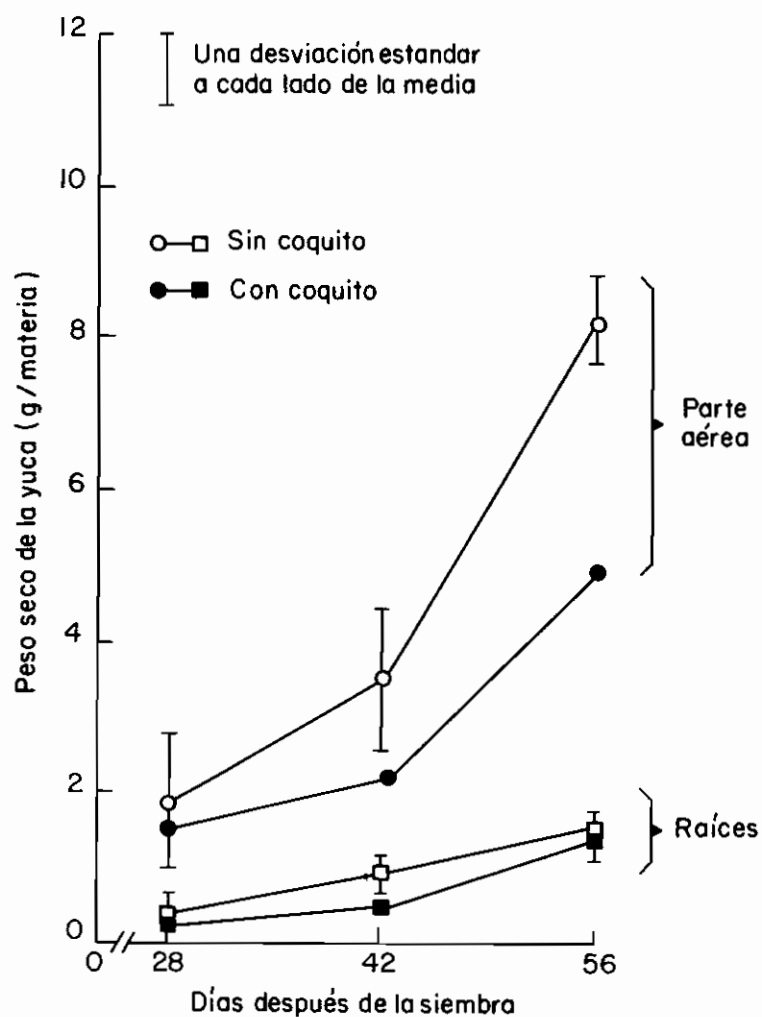


Figura 4. Influjo de los tubérculos de coquito incorporados al suelo, en el crecimiento de la parte aérea y de la raíz de la yuca.

Cuadro 4. Efecto del coquito en los parámetros agronómicos y en el rendimiento de la variedad de yuca M Col 22, en tres niveles diferentes de competencia entre la maleza y el cultivo, en Caribia, 1980^a.

Tratamiento para controlar malezas	Raíces comerc. (no./parcela)	Longitud de raíz (cm)	Perímetro de la raíz (cm)	Contenido de almidón (%)	Peso Total	
					Parte Aérea (t/ha)	Raíces (t/ha)
Control completo ^b	90.6 a	27.6 a	23.0 a	34.15 a	51.6 a	34.6 a
Control con machete	84.3 a	28.4 a	23.3 a	33.39 a	42.3 b	31.2 ab
Ningún control	69.1 b	28.9 a	23.0 a	33.63 a	29.3 c	28.7 b

a. Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel $P = 0.05$.

b. Desyerba manual.

El crecimiento de la parte aérea de la yuca reflejó en gran manera los diferentes niveles de competencia y alelopatía de los tratamientos, ya que el peso total del follaje se redujo notablemente por la presencia del coquito. La variedad de yuca M Col 22, que crece relativamente vigorosa en el medio cálido y húmedo de la costa norte de Colombia, no sufrió probablemente una reducción mayor en el rendimiento de raíces porque el crecimiento aéreo reducido elevó, en realidad, el índice de cosecha. No obstante, las variedades de crecimiento menos vigoroso pueden manifestar una reducción más pronunciada en el rendimiento cuando el crecimiento de la parte aérea y el área foliar disminuyen hasta condiciones subóptimas.

El coquito debería por tanto considerarse todavía como una maleza nociva para la yuca, porque reduce no sólo su rendimiento sino, en pequeña medida, también su calidad. Aunque un control químico exclusivo y costoso no daría, probablemente, un resultado económicamente viable en la mayor parte de los casos--dadas las pérdidas moderadas que sufre la yuca--un sistema de control integrado que aplique insumos químicos en época temprana y mantenga un control cultural (mediante cultivos intercalados, p. ej.) además de prácticas agronómicas consideradas óptimas para asegurar el establecimiento completo del cultivo y su desarrollo vigoroso, pueden contribuir a manejar satisfactoriamente este problema sanitario de la yuca (ver también CIAT, Informe Anual, 1980).

Almacenamiento de Estacas

Continuó en el CIAT la investigación orientada hacia el desarrollo de una tecnología de almacenamiento y manejo en el posalmacenamiento del material de siembra de la yuca. Las técnicas simples de almacenamiento se probaron en un ensayo de finca en la costa Atlántica de Colombia. En el CIAT, material de siembra del cultivar CMC-40 fue almacenado como estacas de 1 m en condiciones de campo, a la sombra, durante 201 días, después de recibir un tratamiento fungicida de prealmacenamiento consistente en BCM y Captán (3000 ppm de cada uno). Al final del período de almacenamiento, las estacas habían perdido cerca del 40% de su peso inicial, debido principalmente a pérdidas de humedad. La concentración de elementos en la materia seca de las estacas indicó también pérdidas de nutrimentos.

Tanto la pérdida de humedad como las alteraciones en el estado de los nutrimentos sugirieron que un tratamiento combinado de rehidratación y de nutrimentos podría ayudar a elevar la calidad del material de siembra en el posalmacenamiento. Las estacas fueron, por tanto, impregnadas durante 0, 60, y 240 min ya sea en agua o en una solución nutritiva¹, y después todos los seis grupos de estacas recibieron el tratamiento de inmersión en el pesticida durante 15 min. Estacas frescas fueron también sometidas al tratamiento con pesticida durante 15 min, pesticida que fue disuelto en agua o en la misma solución nutritiva.

El proceso de brotación

La rehidratación anterior a la siembra modificó claramente la tasa de brotación: cuanto más tiempo se sumergieron las estacas, tanto más rápida fue la brotación, que alcanzó aproximadamente la tasa de las estacas frescas cuando la inmersión se prolongó durante 240 min. El porcentaje final de brotación se acercó al 100% en todos los tratamientos. La rehidratación en agua o en solución nutritiva no produjo un patrón de brotación diferente; por consiguiente, sólo se presentan aquí resultados de la inmersión en agua (Figura 5).

Crecimiento vegetativo y de la raíz

El crecimiento vegetativo, expresado como altura de la planta dos meses después de la siembra, reflejaba todavía las diferencias que los tratamientos imprimieron a las plantas durante la brotación y el establecimiento del cultivo: las plantas nacidas de estacas frescas y de estacas almacenadas que se habían sometido a largos períodos de remojo crecieron más altas y fueron más vigorosas que aquellas procedentes de estacas almacenadas con ninguno o con muy corto tiempo de rehidratación (Cuadro 5). Aunque las diferencias en altura de la planta desaparecieron más tarde durante el desarrollo del cultivo (altura de planta 150 días después de la siembra), persistieron en lo referente al

¹ Se empleó una solución al 1% de un derivado proteínico disponible en el comercio y diseñado como apoyo nutricional en etapas tempranas de la planta. El costo del tratamiento fue de US\$25/ha.

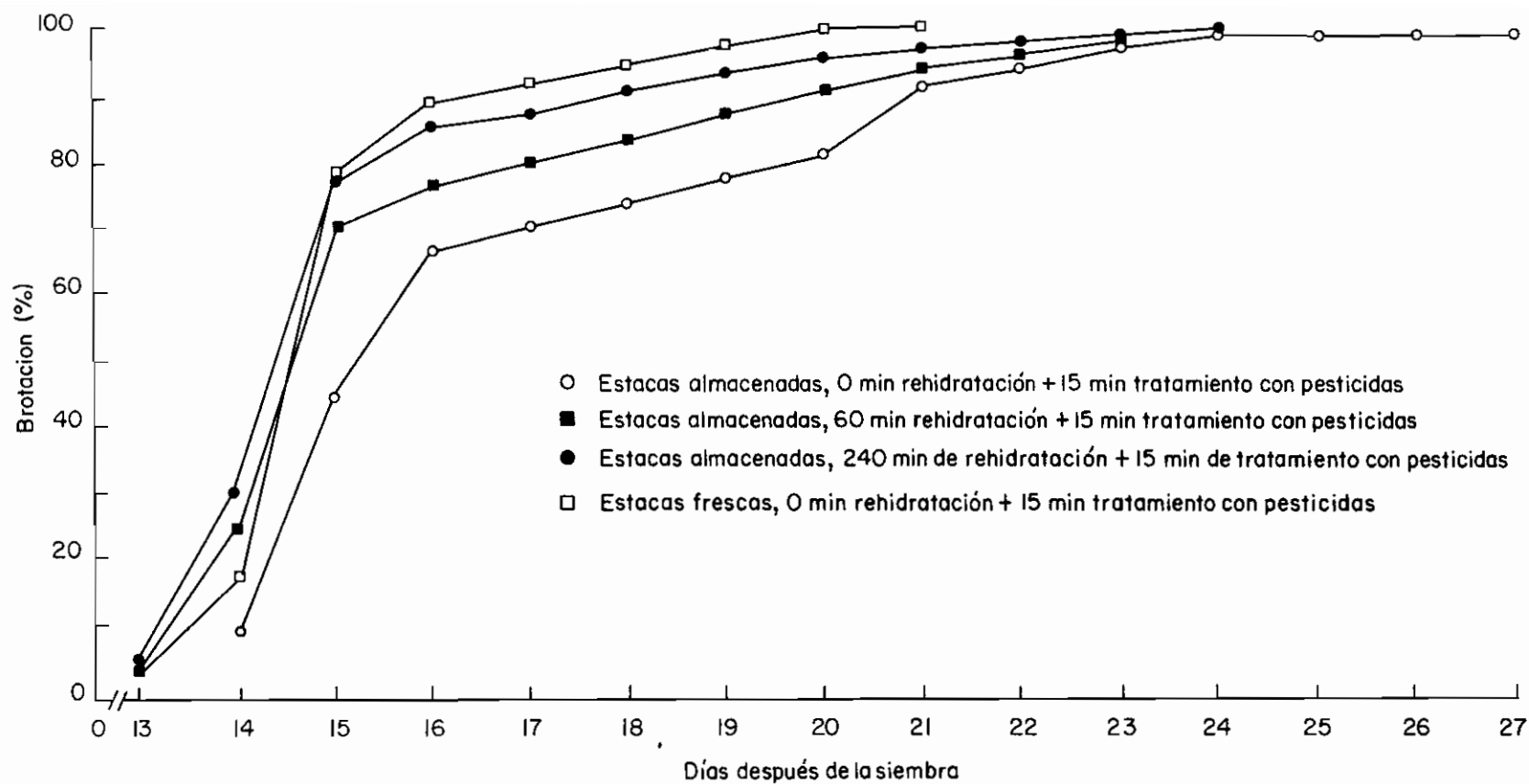


Figura 5. El proceso de brotación de las estacas almacenadas del cultivar de yuca CMC-40, tal como fue influido por los tratamientos de remojo en agua, comparado con la brotación de las estacas frescas.

Cuadro 5. Influjo de la rehidratación y de los tratamientos con solución nutritiva de las estacas almacenadas, en el crecimiento posterior--vegetativo y de las raíces--del cultivar de yuca CMC-40^a

Tratamiento	Altura de la planta		Peso de la parte aérea en la cosecha (t/ha)	Raíces comerciales (no./planta)	Índice de cosecha (%)
	60 DDS ^b	150 DDS			
<u>Estacas almacenadas</u>					
0 min de remojo en agua + 15 min de pesticidas en agua	40.8 d	195.7 a	44.1 abc	7.0 abcd	48.5 a
60 min de remojo en agua + 15 min de pesticidas en agua	52.0 bc	210.7 a	39.4 c	6.6 cd	49.0 a
240 min de remojo en agua + 15 min de pesticidas en agua	48.8 c	206.0 a	40.4 bc	6.8 bcd	49.2 a
0 min de remojo en sol. nutr. + 15 min de pesticidas en sol. nutr.	47.7 cd	202.7 a	45.2 abc	6.8 bcd	47.4 a
60 min de remojo en sol. nutr. + 15 min de pesticidas en sol. nutr.	47.2 cd	204.7 a	47.0 ab	7.5 abc	48.1 a
240 min de remojo en sol. nutr. + 15 min de pesticidas en sol. nutr.	53.5 bc	210.5 a	45.5 abc	7.9 a	49.7 a
<u>Estacas frescas</u>					
Pesticidas en agua, 15 min	63.5 a	214.3 a	49.7 a	7.6 ab	45.1 ab
Pesticidas en sol. nutr., 15 min	57.7 ab	211.8 a	50.2 a	6.5 d	41.5 b

a. Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel $P = 0.05$.

b. Sol. nutr. = solución nutritiva. DDS= días después de la siembra.

peso total de la parte aérea hasta la cosecha. Las plantas procedentes de estacas frescas tratadas con solución nutritiva tenían mayor peso en la parte aérea, en tanto que las plantas nacidas de estacas almacenadas sin el tratamiento con nutrimentos tuvieron los menores pesos en su parte aérea. Follaje y ramas extremadamente pesados, combinados con un número relativamente pequeño --y por tanto, con un peso bajo de raíces comerciales por planta-- resultaron en un bajo índice de cosecha, especialmente cuando las plantas se desarrollaron de estacas frescas tratadas con nutrimentos. Por su parte, el crecimiento moderado de la parte aérea junto con un número grande de raíces de tamaño comercial por planta, dio un alto índice de cosecha en aquellos tratamientos en que las estacas almacenadas habían sido rehidratadas con solución nutritiva.

Rendimiento de Raíces

La producción total de raíces frescas, de 40.6 t/ha, obtenida de las estacas frescas sin tratamiento de nutrimentos, fue semejante al promedio de todo el tratamiento, 41.2 t/ha, y el rendimiento de ninguna plantación procedente de estacas almacenadas fue significativamente inferior al del testigo. Por el contrario, se notó una tendencia en el rendimiento al mejorar más que el testigo no tratado con nutrimentos cuando las estacas almacenadas fueron remojadas en solución nutritiva durante largos períodos de tiempo (Figura 6).

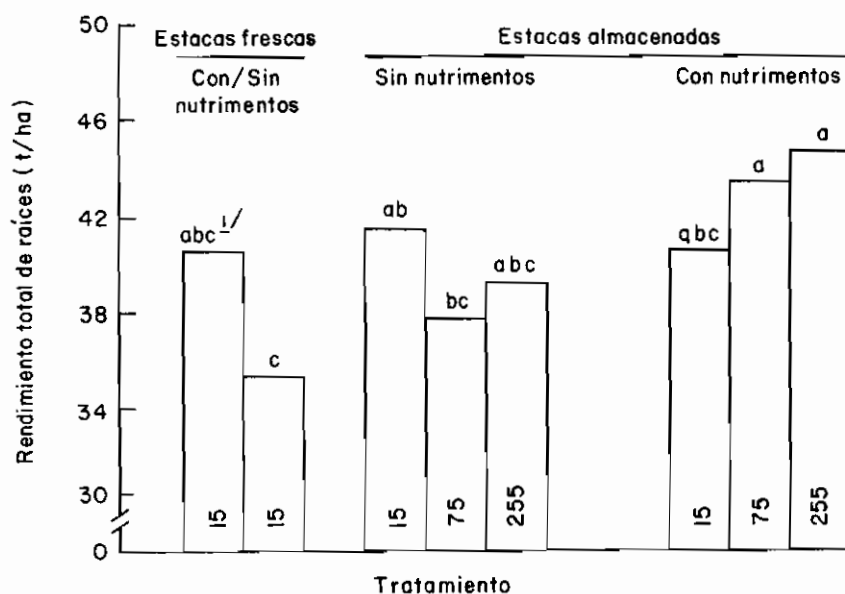


Figura 6. Efecto de los tratamientos de posalmacenamiento en el rendimiento total de raíces frescas del cultivar de yuca CMC-40, que se desarrolló partiendo de estacas almacenadas en condiciones de campo durante 201 días. Las cifras al pie de las columnas indican la duración del remojo, en minutos.

¹ Las columnas encabezadas por la misma letra representan medias no significativamente diferentes al nivel de $P = 0.05$ (Prueba del rango múltiple de Duncan).

Por otra parte, el rendimiento asombrosamente bajo obtenido en el tratamiento de estacas frescas con nutrimentos fue significativamente inferior a la mayor parte de los demás tratamientos. Las plantas sometidas a este tratamiento crecieron con gran vigor desde los primeros días, y formaron un dosel de follaje verde oscuro y muy sano. La producción excesiva de hojas durante la época de crecimiento determinó probablemente un área foliar superior a la óptima para el máximo crecimiento de raíces, de manera que se obtuvo un rendimiento alto en hojas y ramas pero bajo en raíces. Este resultado condujo a un índice de cosecha significativamente más bajo, al igual que el rendimiento de raíces, en el tratamiento de estacas frescas con nutrimentos que en la siembra de estacas almacenadas.

Los resultados indican que el material de siembra de yuca almacenado durante un largo tiempo puede ser mejorado remojando las estacas durante 1 a 4 horas en una solución nutritiva, siendo la rehidratación, tal vez, más efectiva cuando se hace añadiendo nutrimentos que si se emplea agua pura para promover un buen establecimiento temprano y un buen rendimiento; las estacas frescas, por su parte, no se benefician, aparentemente, de ese tratamiento.

Ensayos a nivel de finca

En Media Luna (finca La Idea) el material de siembra de la variedad local Secundina fue almacenado durante la estación seca entre febrero y el 16 de mayo de 1980, siguiendo las prácticas de los agricultores y aplicando variados tratamientos. La parte aérea, toda, de las plantas de yuca fue amontonada a plena luz solar sin ningún tratamiento, según la práctica local (Tratamiento 4). Estacas largas fueron tratadas con los fungicidas BCM y Captán (3000 ppp de cada uno) y se almacenaron horizontalmente a plena luz, como en el tratamiento anterior (Tratamiento 3). Estacas de 1 m de largas fueron tratadas con los fungicidas BCM y Captán, almacenadas en posición vertical a la sombra de un árbol, y cubiertas con follaje de yuca (Tratamiento 2); y finalmente, estacas frescas de 20 cm se cortaron al momento de la siembra (Tratamiento 1).

Los resultados del rendimiento de estos ensayos indican que para Secundina las condiciones de almacenamiento, aparentemente, no son críticas, una razón por la que esta variedad fue posiblemente seleccionada desde tiempo atrás dada su adaptación a las deficientes condiciones de almacenamiento. Sin embargo, se demostró cuán decisiva es la protección con fungicidas aplicada antes del almacenamiento para lograr tanto un buen establecimiento como un buen rendimiento del cultivo. El tratamiento con fungicidas, tanto si se almacenaban las estacas al sol o a la sombra, produjo un establecimiento del cultivo y un rendimiento total de raíces semejante al obtenido con estacas frescas, mientras que el material vegetal sin tratar, y almacenado, produjo una población baja de plantas al momento de la cosecha, y una pequeña pero significativa reducción en su rendimiento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del tratamiento con fungicidas en prealmacenamiento y de las condiciones de almacenamiento, en el establecimiento del cultivo, en el tamaño de las raíces, en el contenido de almidón, y en el rendimiento total de raíces frescas del cultivar de yuca Secundina^a.

Tratamiento	Población en la cosecha (plantas/ha)	Longitud de raíces (cm)	Perímetro total (cm)	Contenido de almidón (%)	Rendimiento total de raíces (t/ha)
Estacas frescas	8333 a	27.7 a	19.7 a	33.6 a	12.33 ab
Estacas de 1 m, sombra, tratamiento fungicida en prealmacenamiento	7341 a	28.0 a	20.3 a	32.6 a	12.65 a
Estacas largas, sol, tratamiento fungicida en prealmacenamiento	8056 a	25.7 a	20.7 a	33.2 a	12.30 ab
Parte aérea entera, sol, sin tratamiento fungicida ^b	6032 b	25.3 a	19.0 a	33.4 a	10.41 b

a. Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel $P = 0.05$.

b. Práctica tradicional de los agricultores.

Pruebas Regionales

Resultados de los Ensayos del Séptimo Ciclo Realizado en Colombia

El séptimo ciclo de ensayos de selecciones promisorias del CIAT en condiciones de tecnología mejorada de bajos insumos (Informe Anual 1974) se completó en 1981 en nueve localidades de Colombia. El Cuadro 1 muestra las condiciones edáficas y climáticas de las nueve localidades de ensayo. Este año no aparece la localidad de Quilichao ya que fue necesario destruir el ensayo a la edad de cinco meses debido a una epidemia severa de añublo bacteriano (CBB) en la totalidad de la granja. Así se evitó la posible introducción de CBB en los campos del CIAT en Palmira, los cuales se han mantenido libres del CBB desde 1973 con el fin de que el CIAT pueda distribuir estacas relativamente limpias hacia distintas regiones. Carimagua fue la única localidad en donde se aplicó cal y fertilizantes. Las dosis aplicadas fueron 0.5 t/ha de cal, 1 t/ha de 10-20-20 y 10 kg/ha de zinc.

En la siembra de mayo en Media Luna, los principales problemas del ciclo de 1980-81 fueron ataques severos de CBB, superalargamiento, antracnosis, ácaros, trips, y Cercospora henningsii. En la siembra de septiembre no se presentaron problemas serios lo cual puede explicar, en parte, las diferencias en rendimiento entre los dos ensayos. El ensayo de Carimagua solamente fue afectado hacia finales del ciclo del cultivo (323 días) por ataques severos de antracnosis y superalargamiento, y por un ataque ligero de chinches de encaje; el ensayo de Río Negro fue afectado por moscas blancas y C. vicosae; el ensayo de Nataima fue afectado por escamas blancas y barrenadores del tallo; el ensayo de Florencia por ataques de CBB y C. vicosae; y el ensayo de CIAT-Palmira, por ataques de trips.

El rendimiento promedio global de los ensayos, incluyendo todas las entradas varietales en todas las localidades, fue de 8.5 t/ha en 12 meses con base en materia seca de las raíces, el cual es casi tres veces el promedio nacional de rendimiento de 3 a 3.5 t/ha en materia seca de raíces (Cuadro 2). El rendimiento promedio de los mejores cultivares locales fue de 6.5 t/ha, aproximadamente dos veces el promedio nacional. Esto indica nuevamente que mediante la adopción de prácticas culturales simples pero mejoradas, las cuales se utilizan uniformemente en todos los ensayos regionales, es posible obtener un 100% de mejora en el rendimiento con los cultivares existentes.

El rendimiento promedio global de ocho selecciones que habían sido evaluadas en más de ocho localidades fuera de las nueve localidades en total, fue de 9.3 t/ha (Cuadro 2); esto indica que se puede esperar más de un 200% de mejora en el rendimiento en comparación con el promedio nacional mediante la adopción de tecnología sencilla y una selección del promedio del CIAT. Las ocho selecciones incluyen líneas híbridas recién seleccionadas (los cruzamientos originales se hicieron antes de 1975) y selecciones probadas más viejas (M Col 1684, CM 342-55 y CM 489-1).

Cuadro 1. Principales características climáticas y edáficas de las localidades de los ensayos regionales de 1980-81 en Colombia.

Zona	Localidad	Altitud (msnm)	Temp. media (°C)	Precipi- tación ^a (mm)	Estación seca ^b	Días hasta cosecha	Textura del suelo	pH	Materia orgánica (%)	P Bray II (ppm)	K (meq/100 g)
I	Media Luna ^c	10	27.2	1693	4	358	Franco-arenosa	6.5	0.6	8.4	0.08
	Media Luna ^d	10	27.2	1515	4	327	Arcillo-arenosa	6.4	0.6	6.4	0.07
	Rionegro	250	27.0	1719	4	359	Franco-arenosa	4.2	2.0	3.9	0.10
	Nataima	430	27.8	1489	4	350	Franco-arenosa	6.1	1.4	67.1	0.40
II	Chigorodó	28	28.0	1840	2	320	Franco-arcillo- limosa	6.6	3.8	17.2	0.45
	San Martín	300	25.0	2220	2	329	Arcillosa	4.2	5.0	3.2	0.18
	Florencia	450	25.0	2900	1	352	Limosa	3.8	4.4	4.6	0.23
III	CIAT-Palmira	1000	23.8	870	2	327	Arcillosa	6.8	4.6	56.5	0.73
	Caicedonia	1200	22.2	1601	1	338	Franco-arcillo- arenosa	5.6	3.3	26.6	0.21
IV	Carimagua	200	26.2	1963	3	375	Arcillo-limosa	4.4	3.8	4.4	0.15

a. Precipitación real total durante el ciclo de cultivo de la yuca.

b. 4 = muy pronunciada; 1 = prácticamente inexistente.

c. Siembra de mayo.

d. Siembra de septiembre.

Cuadro 2. Rendimiento de variedades e híbridos de yuca ICA-CIAT promisorios en nueve localidades de Colombia durante los ensayos regionales 1980-81.

Variedades e híbridos	Rendimiento de materia seca de raíces (t/ha) ^a										Rendimiento promedio (t/ha)
	Media Luna	Chigorodo	Carimagua	Rionegro	San Martín	Nataima	Florencia	Palmita	Caicedonia	Caicedonia	
Mejor local ^b	5.6	6.0	2.1	6.3	4.6	9.4	6.4	5.2	13.4	6.5	
M Col 1684	12.3	8.9	6.2	11.2	5.3	12.9	9.6	7.0	17.9	10.1	
CM 342-170	10.1	6.1	5.1	7.7	6.0	12.6	5.6	10.2	9.1	8.0	
CM 507-37	8.1	10.7	7.9	13.8	9.2	13.2	9.8	10.0	18.9	11.2	
CM 523-7	7.5	7.3	9.0	9.2	6.2	9.5	7.8	10.8	16.8	9.3	
CM 507-34	6.9	5.5	5.5	11.0	8.2	10.7	8.6	8.3	16.5	9.0	9.3
CM 91-3	6.8	6.1	7.1	7.9	6.0	10.0	6.4	12.2	18.5	9.0	
CM 342-55	8.2	7.0		7.1	7.1	10.2	5.7	10.6	10.4	8.2	
CM 489-1	5.3		6.1	8.6	7.4	9.0	5.8	14.6	17.0	9.2	
CM 321-188	7.1				4.6	8.4	5.4	13.1	13.1	8.6	
CM 517-1	4.4				3.2	7.2			14.8	6.9	
CM 462-6	6.9		4.5	7.7	3.2			8.9		6.9	
CM 391-2			4.6	7.8	6.7		5.6	10.0	18.6	9.3	
CM 430-37			5.9		6.4			8.4	19.1	10.3	
CM 430-9			7.4		6.5			8.1	16.7	9.0	
CM 430-9			5.7		2.2		4.4		4.5	7.2	
CMC-40 (M Col 1468)	12.9							12.3	21.3	14.0	
ICA HMC-1	8.6				8.0		6.8		17.1	10.6	
ICA HMC-2				7.2	6.6					7.7	
CM 451-1	8.3									6.7	
CM 323-375	6.9						7.2			8.1	
CMC-76 (M Col 1505)		9.0								8.9	
CM 516-7			5.2					12.7		7.7	
CM 340-30				7.3				8.1		9.2	
ICA HMC-7				7.7				10.8		6.2	
CM 344-71			3.5			6.6		8.6		9.3	
CM 311-69			6.4					12.2		10.6	
CM 305-41						8.2		13.0		8.9	
CM 440-5						8.9				5.8	
ICA HMC-53		5.8								4.2	
CMC-9 (M Col 1438)					4.2					5.6	
Chiroza					5.6					9.6	
M Mex 59										11.7	
CM 308-197						11.7				6.1	
CM 192-1						6.1				8.6	
CM 520-5								8.6		10.1	
CM 517-5								10.1		8.8	
CM 517-2								8.8		7.0	
M Ven 218							7.0			11.2	
CM 305-120									11.2		
Promedio incluyendo variedades locales	7.4	7.8	5.7	8.6	6.1	9.6	6.8	10.1	15.2	8.5	
Mejor híbrido o variedad promisorio	12.3	12.9	9.0	13.8	9.6	13.2	9.8	14.6	21.3	12.9	

a. Los espacios en blanco indican que no se probaron variedades en estas localidades.

b. Mejores variedades locales: para Media Luna, cultivar Secundina; para Chigorodo, Patepaba; para Carimagua, Ilanera; para Rionegro, Venezolana; para San Martín, Temprana; para Nataima, Venezolana; para Florencia, Caquetana; para CIAT-Palmira, M Col 113; para Caicedonia, Chiroza Gallinaza.

El rendimiento promedio de las selecciones del CIAT fue superior al rendimiento promedio del mejor cultivar local en todas las localidades de ensayo (Cuadro 2). Las localidades actuales de los ensayos regionales abarcaron desde la zona edafoclimática I (Media Luna, Rionegro, Nataima), la II (Carimagua) y la III (Florencia) hasta la IV (CIAT, Caicedonia). La localidad de Chigorodó se considera ubicada entre las zonas I y III, y la de San Martín, entre las zonas II y III. Esto indica que la tecnología actual del CIAT, que incluye genotipos seleccionados, puede cubrir una amplia gama de áreas geográficas.

El rendimiento, en promedio, de las mejores selecciones del CIAT en cada localidad fue de 12.9 t/ha (Cuadro 2). Este nivel es aproximadamente cuatro veces el promedio nacional e indica que, mediante una mayor selección entre las líneas del CIAT en cada localidad, se puede obtener hasta un 400% de mejora en el rendimiento por encima del promedio nacional sin depender del riego, la aplicación de fertilizantes o el control químico de enfermedades e insectos, en una amplia gama de variación ambiental.

CM 507-37 superó en rendimiento al mejor cultivar local, casi en un 100%, en las nueve localidades (Cuadro 2). En cuatro localidades, CM 507-37 dio el rendimiento más alto entre todos los genotipos evaluados. Las regresiones de los rendimientos de CM 507-37 y de los mejores cultivares locales con respecto al nivel general de productividad de cada localidad de ensayo (nivel calculado como el rendimiento total en promedio, de todos los genotipos evaluados en cada localidad) fueron altamente significativas (Figura 1). También se obtuvieron regresiones similares para otras selecciones del CIAT (Figura 2). La superioridad del rendimiento de las selecciones del CIAT parece ser universal--pese a la variación, tanto en geografía como en nivel de productividad--dentro del rango de condiciones en las cuales se adelantan las pruebas. Estas selecciones pueden poseer un cierto nivel de estabilidad en sistemas además de estabilidad macro- y microespacial.

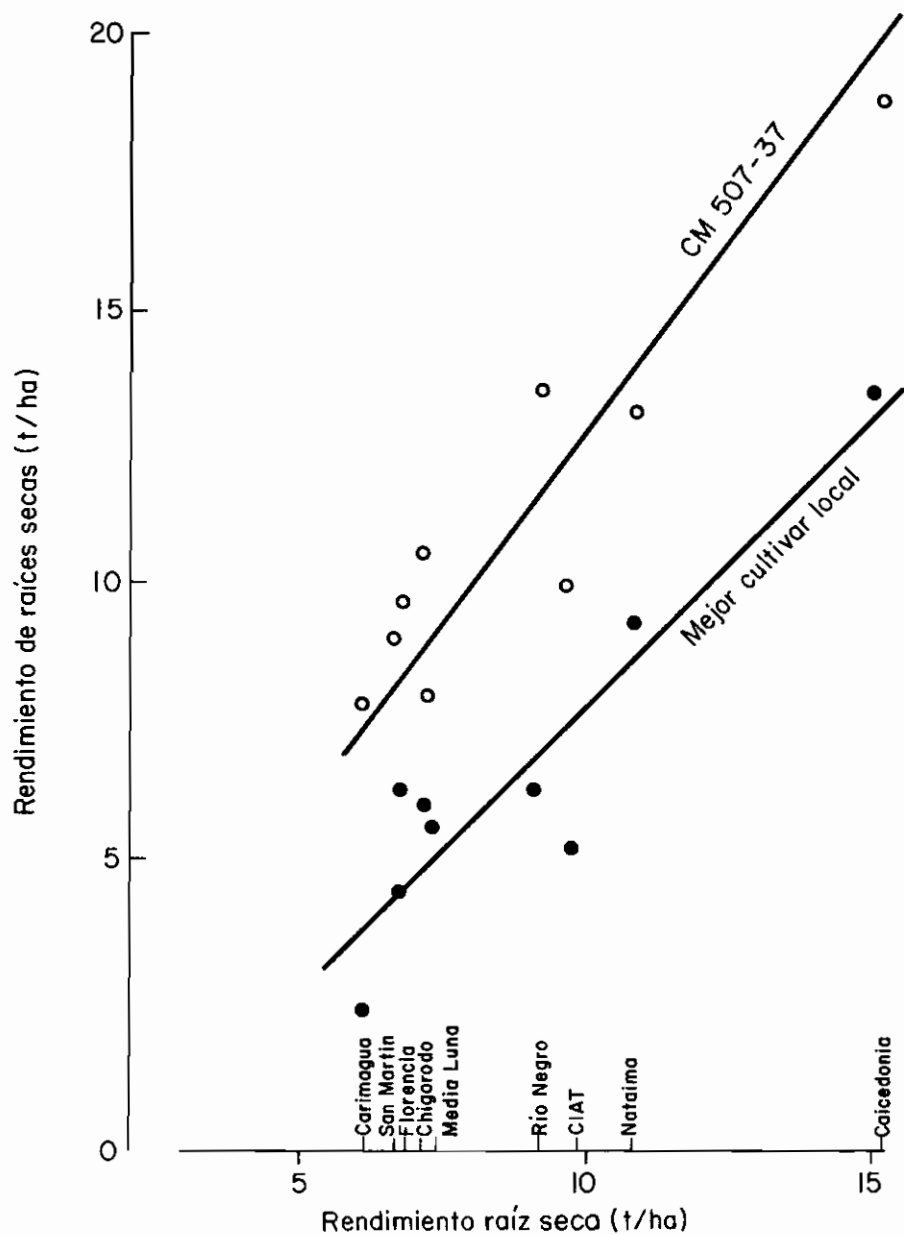
Las selecciones del CIAT, tanto accesiones de germoplasma como líneas híbridas, han venido mostrando superioridad en rendimiento en comparación con las variedades locales desde los primeros años de los pruebas regionales, pero rara vez han presentado un mayor contenido de materia seca en las raíces que las variedades locales. Este año, CM 523-7 superó en rendimiento a la variedad local en todas las localidades y su contenido de materia seca en las raíces fue superior al de las variedades locales en ocho de las nueve localidades.

En conclusión:

Los rendimientos actuales de yuca se pueden elevar hasta en un 400% mediante la adopción de los siguientes pasos: (a) tecnología de bajos insumos pero prácticas culturales mejoradas (100%); (b) genotipos disponibles del CIAT (100%); y (c) selección en las localidades de los mejores genotipos del CIAT (100%) (Figura 3).

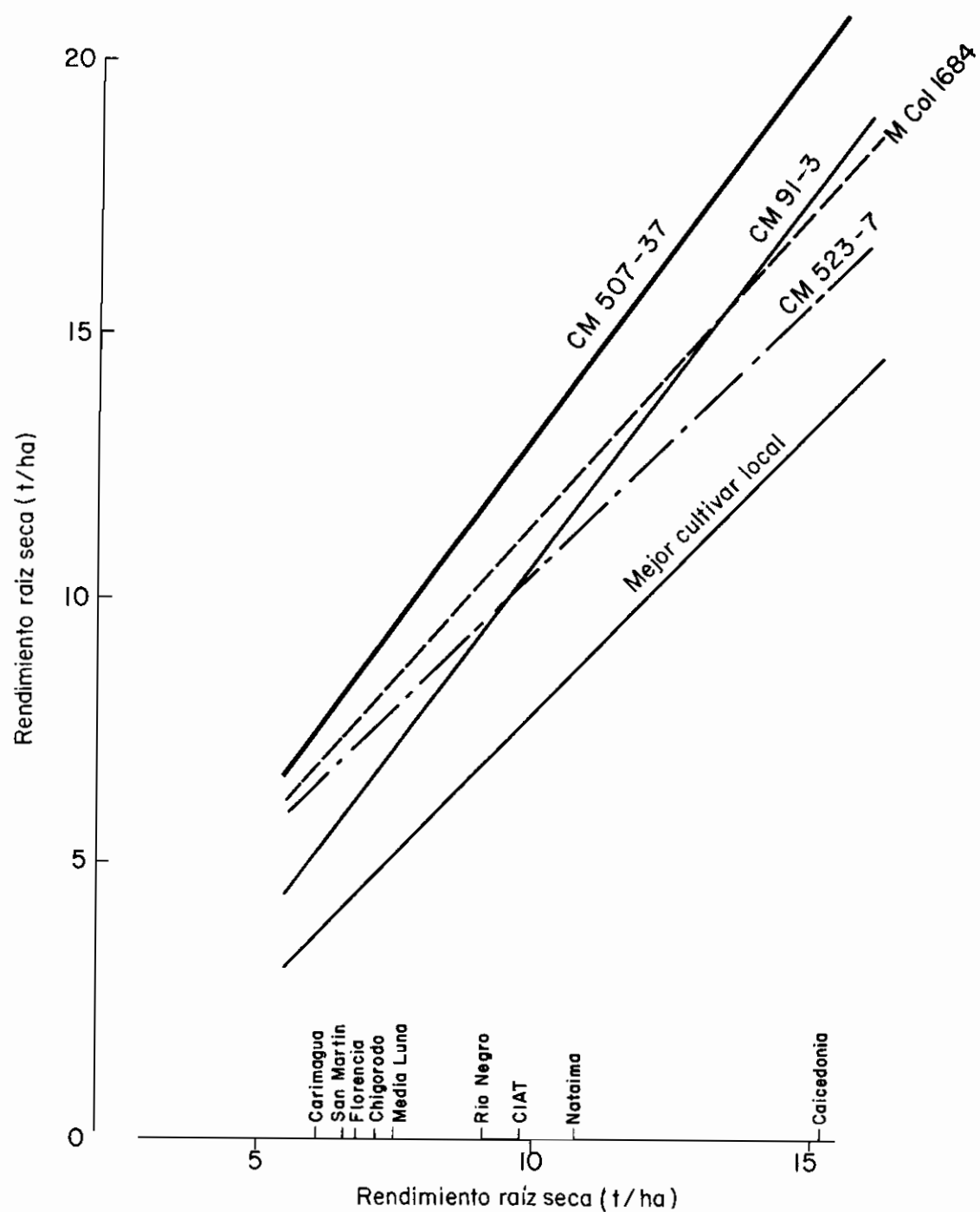
Este patrón de mejoramiento del rendimiento es válido en un amplio rango de variaciones geográficas.

- Ciertos genotipos cuidadosamente seleccionados pueden estar adaptados a variaciones ambientales muy amplias.
- Existen genotipos mejorados que dan un mayor rendimiento de raíces frescas y también presentan un mayor contenido de materia seca en las raíces que las variedades locales.



(Productividad expresada como el rendimiento medio de todas las entradas en cada localidad y en cada año)

Figura 1. Regresión de los rendimientos de CM 507-37 y de las mejores variedades locales, respecto al nivel de productividad de la localidad de ensayo (siembra de 1980/81).



(Productividad expresada como rendimiento medio de todas las entradas en cada localidad y en cada año).

Figura 2. Regresión de los rendimientos de líneas seleccionadas del CIAT y de las mejores variedades locales, con respecto al nivel de productividad de la localidad de ensayo (siembra de 1980/81).

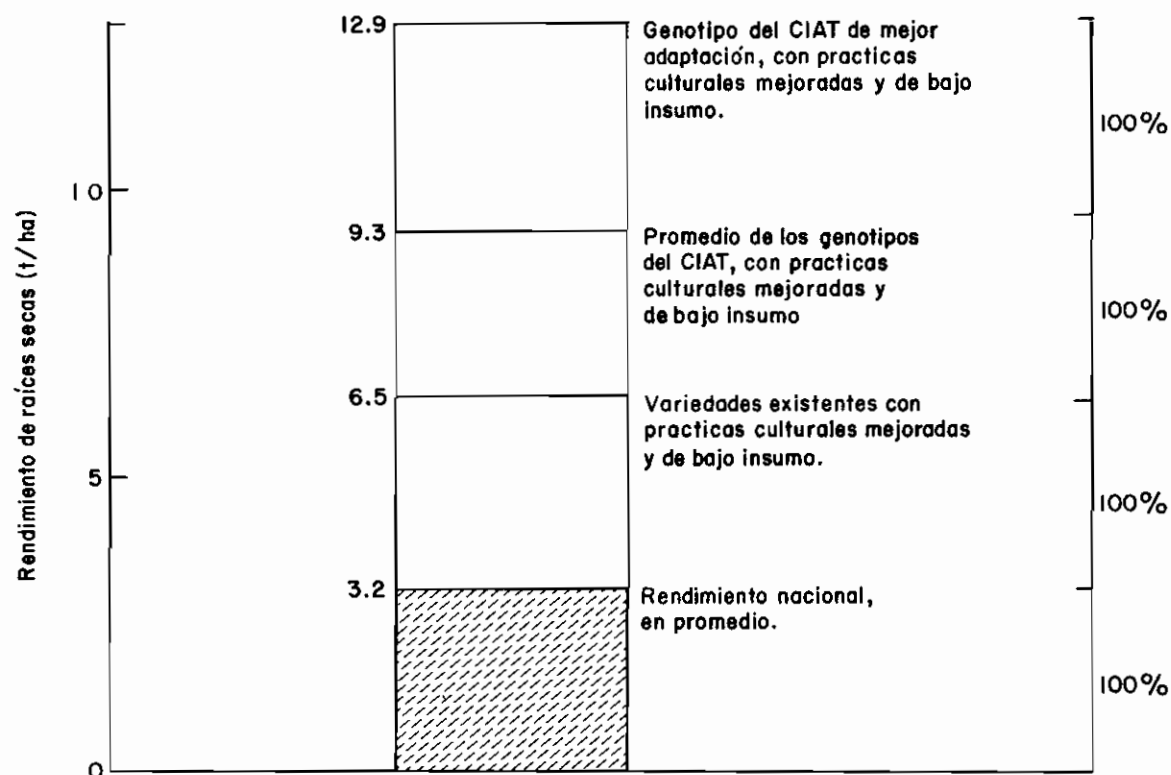


Figura 3. Posibilidad, en promedio, de mejoramiento en el rendimiento de yuca en localidades por debajo de 1300 m de altitud en Colombia, siguiendo ciertos pasos (calculada de los ensayos regionales de 1980/81 en nueve localidades).

Resultados Globales de Siete Años de Pruebas Regionales en Colombia

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los rendimientos, en promedio, de los genotipos del CIAT y sus valores relativos en comparación con el rendimiento de los cultivares locales en cada localidad. Los datos en el Cuadro 3 son estadísticamente significativos puesto que cada número es un promedio de, generalmente, más de 50 parcelas. Los del Cuadro 4 son algo variables puesto que cada número se obtiene después de la división por el dato de rendimiento del cultivar local, el cual generalmente proviene del promedio de solamente cuatro parcelas. Sin embargo, en términos generales, estos datos indican las localidades en las cuales los genotipos del CIAT han presentado un buen comportamiento.

Los genotipos del CIAT han dado rendimientos consistentemente altos y su ventaja relativa en comparación con los cultivares locales ha sido altamente significativa en Ríonegro y Nataima. Se puede observar una tendencia similar en Chigorodó y en San Martín, aunque los datos, y sus puntos respectivos, son más escasos. En Media Luna y en Carimagua, el rendimiento de los genotipos del CIAT ha sido relativamente inestable pero es ampliamente superior al rendimiento de los cultivares locales.

Cuadro 3. Rendimiento, en promedio, de selecciones de yuca del CIAT en siete años de ensayos regionales (peso seco, t/ha/año).

Localidad	Año de siembra						Promedio
	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	
Media Luna	6.1	4.0	2.8	4.6	6.4	4.9	5.2
Chigorodó						14.9	11.1
Carimagua	1.6	6.3	5.9	7.3	2.5	2.1	4.5
Rionegro	6.8	5.5	9.9	6.2	7.6	5.6	7.2
San Martín						6.6	6.4
Nataima	11.0	5.6	7.8	7.5	7.1		8.1
Florencia			4.3				5.6
CIAT-Palmira	13.2	9.2	10.7	9.0	10.0	12.4	10.7
CIAT-Quilichao				13.3	6.9	6.9	9.0
Caicedonia	13.3	7.3	14.6	9.3	16.7	13.3	12.8
Pereira		5.2	12.2	12.1	9.6		9.8
Popayán		0.6	1.7	3.7			2.0

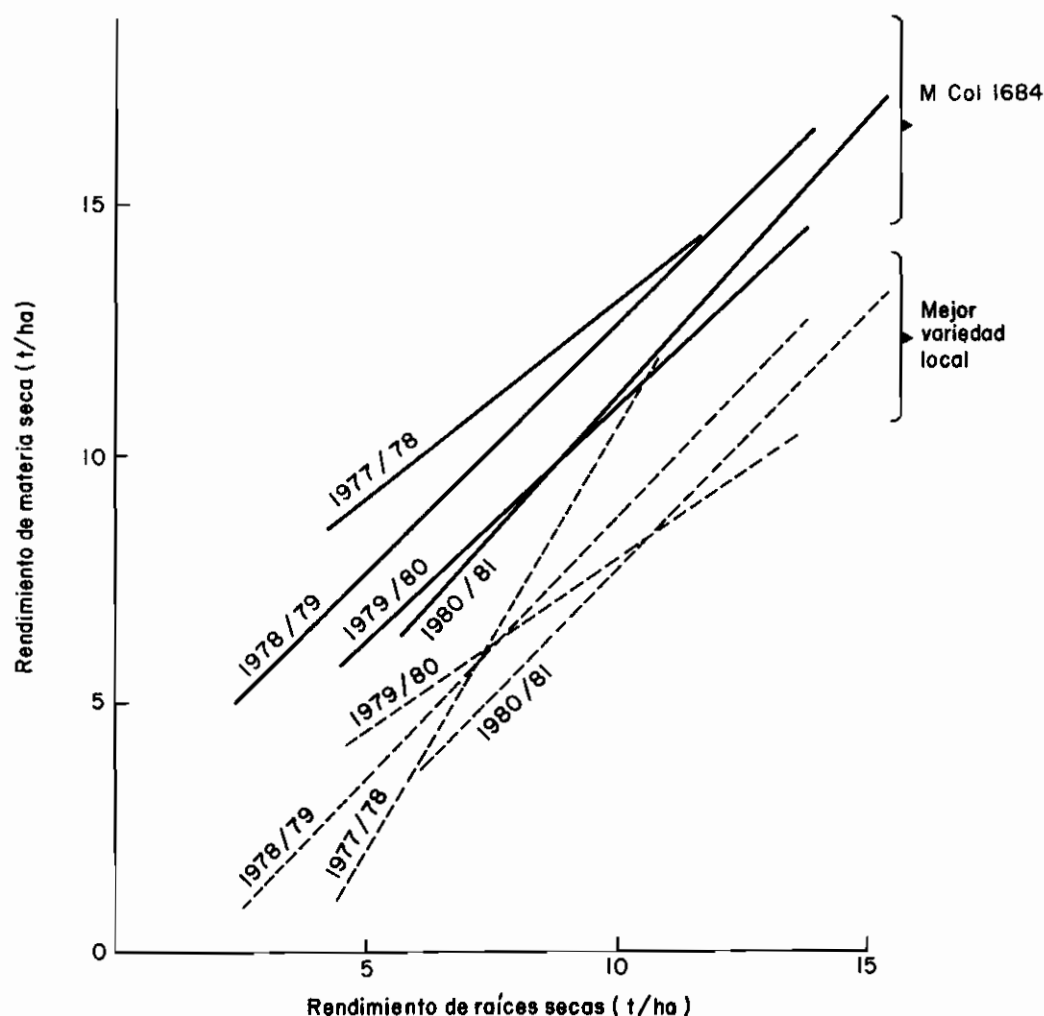
Cuadro 4. Rendimiento de selecciones de yuca del CIAT en comparación con los cultivares locales en siete años de ensayos regionales (% por localidad por año).

Localidad	Año de siembra							Promedio
	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	
Media Luna	119	303	153	250	238	152	136	193
Chigorodó	-	-	-	-	-	159	153	146
Carimagua	115	91	106	225	65	153	271	146
Rionegro	167	155	196	162	133	128	140	154
San Martín	-	-	-	-	-	128	139	133
Nataima	154	-	296	111	224	-	103	177
Florencia	-	-	77	-	-	-	107	92
CIAT-Palmira	123	119	138	106	180	138	197	143
CIAT-Quilichao	-	-	-	86	119	92	-	99
Caicedonia	98	129	98	207	102	138	115	127
Pereira	93	92	74	84	67	-	-	82
Popayán	28	11	38	39	-	-	-	29

En CIAT-Palmira y en Caicedonia, el nivel de rendimiento fue alto y los genotipos seleccionados mantuvieron su superioridad en comparación con los cultivares locales. Estos datos indican claramente que los genotipos del CIAT constituyen una fuente muy útil para la selección de variedades en las zonas edafoclimáticas (ZEC) I, II y IV.

Los genotipos del CIAT fueron inútiles en Popayán (ZEC IV). Los rendimientos en Pereira fueron altos, pero los genotipos del CIAT no mostraron superioridad en comparación con las variedades locales. Pereira se encuentra localizada entre las ZEC IV y VI. Los genotipos del CIAT parecen no tener éxito en Florencia (ZEC III) y en CIAT-Quilichao (ZEC entre IV y VI). Esto indica que los genotipos del CIAT actualmente disponibles no son tan útiles en las tierras altas tropicales y en áreas de bosques húmedos como en otras áreas, justificando así la decisión tanto de detener el ensayo en Popayán hasta que los fitomejoradores (sección de Desarrollo de Germoplasma) obtengan nuevas selecciones para la región, como de iniciar una selección más intensiva en Florencia.

M Col 1684 se identificó como material de alto rendimiento y ampliamente adaptado en los ensayos regionales 1977/78. La comparación entre las regresiones y los rendimientos de M Col 1684 y de las variedades locales, respecto a la productividad de la localidad de ensayo, durante cuatro años consecutivos, indican que la superioridad en rendimiento y la amplia adaptación de M Col 1684 ha sido consistente durante los cuatro años de pruebas (Figura 4). M Col 1684 es un buen ejemplo de la alta capacidad de rendimiento y buena estabilidad espacial en combinación con alguna estabilidad en el tiempo.



(Productividad expresada como el rendimiento medio de todas las entradas en cada localidad y en cada año)

Figura 4. Regresión de los rendimientos de M Col 1684 y de las mejores variedades locales, con respecto al nivel de productividad de la localidad de ensayo en cuatro años de siembra.

Durante los siete años de pruebas regionales (por debajo de una altitud de 1300 msnm) en las cuales se incluyeron variedades locales, el rendimiento, en promedio, de los cultivares locales en todas las localidades de ensayo permaneció básicamente constante, en tanto que el de todos los genotipos del CIAT aumentó ligeramente, y el de los mejores genotipos del CIAT (promedio de los genotipos del CIAT de mejor comportamiento en cada localidad) aumentó significativamente (Figura 5). Esto puede reflejar el avance anual del esquema global de selección en el Programa de Yuca del CIAT.

Mediante ensayos repetidos en diversas localidades, se han identificado varias accesiones promisorias del germoplasma, y líneas

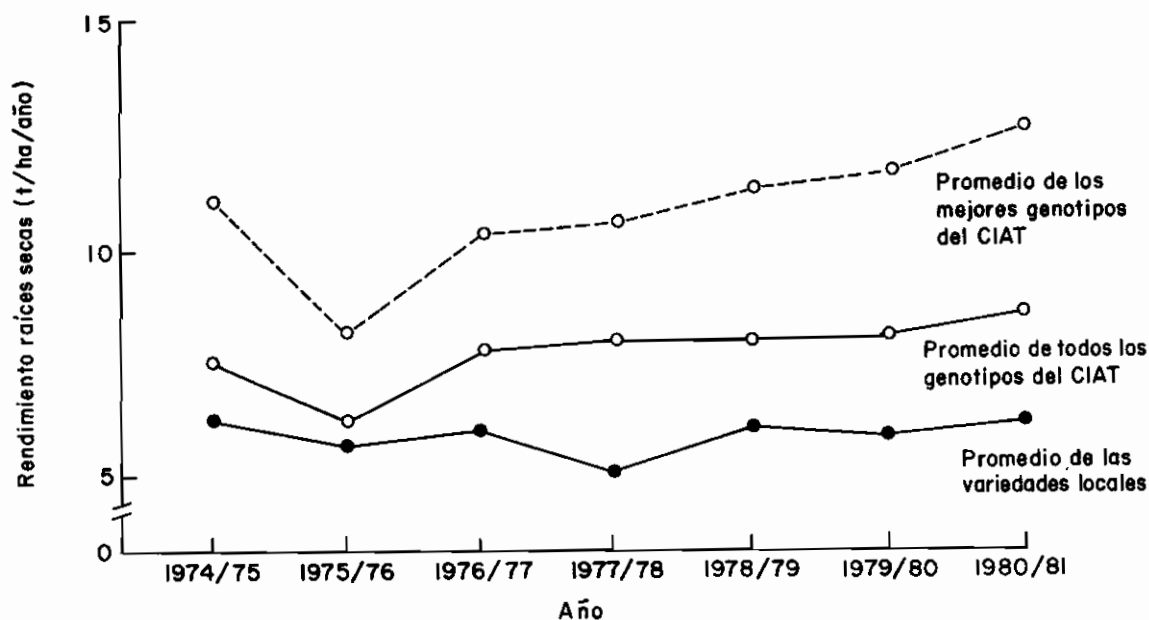


Figura 5. Cambio anual en los promedios de rendimiento de las variedades locales, de todos los genotipos del CIAT, y de los mejores genotipos del CIAT en los ensayos regionales hechos por debajo de una altitud de 1300 m.

Cuadro 5. Rendimiento, en promedio, de accesiones promisorias del germoplasma de yuca y de líneas híbridas (resumen de siete años de ensayos hechos por las secciones de Ensayos Regionales y Mejoramiento Varietal del CIAT, en 12 localidades de Colombia).

Genotipo	No. de ensayos ^a	Rendimiento de raíces frescas (t/ha/año)	Contenido de materia seca en las raíces (%)	Rendimiento de raíces secas (t/ha/año)
Accesión del germoplasma				
M Col 22	(47)	22	34	7.4
M Col 1468 or CMC 40	(55)	28	30	8.4
M Col 1684	(55)	30	31	9.3
M Ven 218	(28)	25	33	8.2
Líneas híbridas				
CM 91-3	(25)	29	34	9.8
CM 321-188	(24)	33	35	11.4
CM 342-55	(22)	32	29	9.2
CM 342-170	(21)	29	33	9.4
CM 489-1	(23)	35	29	10.3
CM 507-37	(20)	28	31	8.8
CM 523-7	(20)	23	37	8.4
Testigo local	(79)	17	33	5.7

a. Las cifras entre paréntesis indican el número de ensayos en los cuales se probó cada genotipo.

híbridas (Cuadro 5). Estas se están enviando a los programas nacionales interesados como cultivo de tejidos. Además, estos genotipos se utilizan con frecuencia en el esquema de hibridación de la sección de Mejoramiento Varietal.

Las líneas híbridas que habían sido cruzadas antes de 1975 y seleccionadas posteriormente (hasta CM 550) fueron los genotipos evaluados en los ensayos regionales de 1980/81. Muchas líneas nuevas seleccionadas que fueron obtenidas en 1976 (hasta CM 900) se encuentran ahora sembradas en los ensayos regionales de 1981/82, y las líneas obtenidas en 1977 (hasta CM 1400) están siendo multiplicadas para los próximos ensayos (Cuadro 6). Muchas de estas líneas incluyen como progenitor a M Col 1684. El número CM llega ahora hasta cerca de 4500; por consiguiente, existe una amplia oportunidad para refinar la selección de variedades.

Pruebas Regionales a Nivel Internacional

El Cuadro 7 presenta los resultados resumidos de los materiales de yuca más promisorios en siete años de ensayos regionales a nivel internacional en 11 países. M Col 1468 (CMC 40) y M Col 1684, seguidos por M Ven 218 y M Mex 59, son los materiales superiores de primera generación que han tenido la oportunidad de ser probados durante la mayoría de los ciclos. Las accesiones M Col 1468 y M Col 1684 han demostrado ser los materiales más ampliamente adaptados hasta el momento. El alto rendimiento de M Col 1468 puede ser el resultado de ensayos repetidos en muchas localidades en países del Caribe en donde este genotipo parece adaptarse bien. La similitud de los resultados de los ensayos internacionales y de los ensayos regionales en Colombia es muy alentadora. Se espera que, empleando el cultivo de tejidos como medio para transferir germoplasma mejorado, se pueda probar en todos los países posibles algunas líneas híbridas que ya están demostrando un alto rendimiento en Colombia.

La Siembra de Primer Semestre versus la Siembra de Segundo Semestre en Media Luna

Como esta localidad probablemente representa una de las zonas edafoclimáticas más importantes en donde se siembra yuca en el mundo, se decidió sembrar el ensayo regional en dos estaciones de siembra diferentes durante tres años consecutivos. Según una encuesta realizada por esta sección en 1980, el 70% de la yuca se siembra en mayo y el 30% en septiembre. Parece ser que los agricultores de la región prefieren el primer semestre debido a un mejor precio en el mercado durante los meses de enero-marzo del año siguiente.

A pesar de que solamente se ha cosechado un ciclo de ensayo y que no se pueden sacar conclusiones sólidas, es posible hacer algunas inferencias parciales. Como se puede observar en el Cuadro 8, existe una gran diferencia entre las dos estaciones de siembra. La siembra del segundo semestre produjo 2.4 toneladas más de materia seca/ha que la del primer semestre.

Cuadro 6. Líneas promisorias de yuca recibidas por la sección de Agronomía/Ensayos Regionales, de la sección de Mejoramiento Varietal.^a

Línea	Progenitor	Año de hibridación	Año de transferencia
M Col 1468 (CMC 40)			1974
M Col 1684			1976
CM 305-38	M Col 113 x M Col 22	1973	1977
CM 305-41	M Col 113 x M Col 22	1973	1977
CM 321-188	M Col 22 x M Ven 270	1974	1977
CM 342-55	M Col 22 x M Col 1468	1974	1978
CM 430-37	Llanera x M Col 647	1974	1978
CM 489-1	M Col 882 x M Ven 270	1975	1978
CM 342-170	M Col 22 x M Col 1468	1974	1979
CM 91-3	M Col 688 x Llanera	1973	1979
CM 507-37	Llanera x M Col 1684	1975	1979
CM 523-7	M Col 655A x M Col 1515	1975	1979
CM 681-2	M Ven 185 x M Col 22	1976	1980
CM 723-3	CM 180-4 x M Col 647	1976	1980
CM 728-2	CM 180-5 x M Col 1684	1976	1980
CM 728-3	CM 180-5 x M Col 1684	1976	1980
CM 834-1	SM 76-66 x CM 309-56	1976	1980
CM 840-177	M Col 638 x M Ven 218	1976	1980
CM 841-168	M Col 638 x M Pan 70	1976	1980
CM 845-91	M Ven 270 x M Col 1684	1976	1980
CM 848-3	SM 76-66 x M Pan 114	1876	1980
CM 849-1	SM 76-66 x M Ven 218	1976	1980
CM 922-2	M PTR 26 x CM 314-20	1977	1980
CM 946-2	CM 309-37 x CM 429-17	1977	1980
CM 950-3	CM 308-19 x M Col 1684	1977	1980
CM 951-6	CM 309-37 x M Col 638	1977	1980
CM 955-2	CM 309-37 x M Ven 218	1977	1980
CM 962-4	CM 309-93 x M Pan 70	1977	1980
CM 975-5	CM 321-160 x M Col 1292	1977	1980
CM 982-20	CM 321-170 x M Col 1684	1977	1980
CM 996-6	CM 323-99 x M Col 638	1977	1980
CM 903-4	M Ven 218 x CM 309-37	1977	1981
CM 942-14	CM 307-37 x M Col 1684	1977	1981
CM 975-1	CM 321-160 x M Col 1292	1977	1981
CM 976-15	CM 321-160 x M Col 1684	1977	1981
CM 981-8	CM 321-170 x M Col 1292	1977	1981
CM 1016-31	M Col 22 x M Mex 11	1977	1981
CM 1022-4	M Col 22 x CM 416-2	1977	1981
CM 1191-12	CM 321-160 x CM 485-17	1977	1981
CM 1299-2	CM 442-5 x CM 180-4	1977	1981
CM 1305-3	CM 446-22 x M Col 1684	1977	1981
CM 1335-4	CM 462-1 x M Col 1292	1977	1981

a. Las líneas que han sido eliminadas no figuran en la lista.

Cuadro 7. Rendimiento, en promedio de raíces frescas de accesiones sobresalientes del germoplasma de yuca, en los ensayos regionales a nivel internacional, en 11 países^a.

Accesión (línea)	No. de ensayos ^b	Rendimiento promedio (t/ha)
M Col 1468 (CMC 40)	(30)	24.2
M Col 1684	(20)	22.4
M Ven 218	(10)	22.0
M Mex 59	(13)	20.7
M Col 1505 (CMC 76)	(8)	19.0
M Col 1513 (CMC 84)	(10)	18.6
M Col 22	(13)	18.2
Mejor testigo	(35)	15.7

a. Países: Cuba, Haití, República Dominicana, México, Honduras, Costa Rica, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Filipinas, y Estados Unidos (Florida).

b. Las cifras entre paréntesis indican el número de ensayos en los cuales se evaluó cada genotipo.

Cuadro 8. Comparación de los rendimientos de yuca (t de materia seca/ha) de las siembras de mayo y septiembre, en los ensayos de Media Luna, 1981.

Variedad	Ensayo de mayo		Ensayo de septiembre		Diferencia en MS (t/ha)
	MS (%)	MS (t/ha)	MS (%)	MS (t/ha)	
M Col 1684	28	7.5	33	12.3	4.8
CM 507-37	24	6.7	31	8.1	1.4
CM 323-375	25	6.2	29	6.9	0.7
CM 91-3	29	6.0	33	6.8	0.8
CM 507-34	25	5.6	31	6.9	1.3
CM 342-170	26	5.4	33	10.1	4.7
CM 462-6	20	5.3	26	6.9	1.6
CM 523-7	29	5.3	37	7.5	2.2
CM 321-188	27	5.2	30	7.1	2.3
CM 342-55	21	4.9	28	8.2	3.3
Secundina-R	35	4.4	36	5.6	1.2
CM 451-1	27	3.9	32	8.3	4.4
CM 489-1	21	3.0	23	5.3	2.3
Media	26	5.3	31	7.7	2.4
C.V. 23.7					
$\alpha = 0.01^{**}$					
$r = .62 \quad \alpha = 0.05^{*}$					

Existe una tendencia general en todos los materiales a dar mayores porcentajes, tanto de materia seca como de producción, durante el segundo semestre. A pesar de que hay accesiones que dan buena producción en ambos semestres tales como M Col 1684--que ocupó el primer lugar en ambos semestres--hay algunas líneas que producen mucho más durante el segundo semestre tales como CM 342-170, CM 451-1 y CM 342-55, las cuales mostraron la mayor diferencia en producción por semestre saltando de las posiciones 6, 12, y 10 respectivamente, en el primer semestre, a las posiciones 2, 3, y 4 en el segundo semestre. Esto indica que pueden estar mejor adaptadas a la siembra del segundo semestre. Sin embargo, algunas líneas tales como CM 323-375, CM 91-3, la variedad local Secundina, CM 507-37, mostraron una producción relativamente estable en ambos semestres. Estos ensayos pueden conducir a la identificación de genotipos particulares para cada semestre como también algunos que presenten un buen comportamiento en ambos.

La diferencia en rendimiento entre semestres se puede atribuir, parcialmente, a una mayor infestación de enfermedades y plagas en la siembra de mayo con respecto a la siembra de septiembre. Los principales problemas en el ensayo de mayo fueron el CBB, el superalargamiento, la antracnosis, los trips y los ácaros, pero la accesión M Col 1684 y las líneas CM 91-3 y CM 507-37 presentaron buena tolerancia de campo a estas plagas y enfermedades. La precipitación y su distribución también desempeñaron una función importante en la severidad de las enfermedades además de que afectaron directamente el rendimiento. El ensayo del primer semestre recibió suficiente precipitación y bien distribuida durante los primeros seis meses, seguida por 100 días con poca precipitación entre noviembre 16 de 1980 y abril 18 de 1981. Durante este tiempo, solamente se presentaron 10 lluvias con un total de aproximadamente, 21 mm. El ensayo del segundo semestre recibió una precipitación bien distribuida durante los primeros dos meses y luego soportó una sequía prolongada de 100 días antes de que comenzara la siguiente estación lluviosa.

El período seco prolongado fue común en ambos ensayos; sin embargo, en el ensayo del primer semestre, se presentó durante los últimos meses del ciclo, en tanto que durante el segundo semestre ocurrió inmediatamente después del establecimiento del cultivo, cuando la planta es joven y presenta una menor demanda de agua (Figura 6).

Efecto del Origen de las Estacas en el Rendimiento

A medida que el área y la intensidad del cultivo de la yuca continúan aumentando, es también probable que los ataques por enfermedades y plagas aumenten en su intensidad a menos que se incorpore en las nuevas variedades resistencia genética adecuada. En cualquier cultivo de propagación, es necesario disponer de un buen material de siembra (estacas) para obtener altos rendimientos. En yuca, una mala brotación o un establecimiento con poco vigor pueden reducir drásticamente los rendimientos y la producción del material de propagación; esto es particularmente cierto cuando las plantas han sido

afectadas por ataques severos de enfermedades y plagas. Aunque las estacas de mala calidad pueden tener la habilidad de brotar aun en condiciones de estrés severo, un alto porcentaje de brotación no implica necesariamente un alto rendimiento de raíces.

A diferencia de las semillas de cultivos de grano, las estacas de yuca, por lo regular, no se venden y los agricultores usualmente producen su propio material de siembra; en regiones con problemas de campo severos, los agricultores pueden introducir estacas para suplir sus necesidades puesto que no pueden almacenar el material de siembra en forma efectiva por un período prolongado. Probablemente, la manera más económica de producir estacas es sembrar un campo separado de producción de semilla en la misma región en donde se va a cultivar yuca. Puesto que Carimagua se considera como una localidad con problemas severos de enfermedades y plagas para la producción de yuca, a principios de los ensayos regionales se decidió introducir todo el material de siembra de CIAT-Palmira, que es una localidad libre de enfermedades.

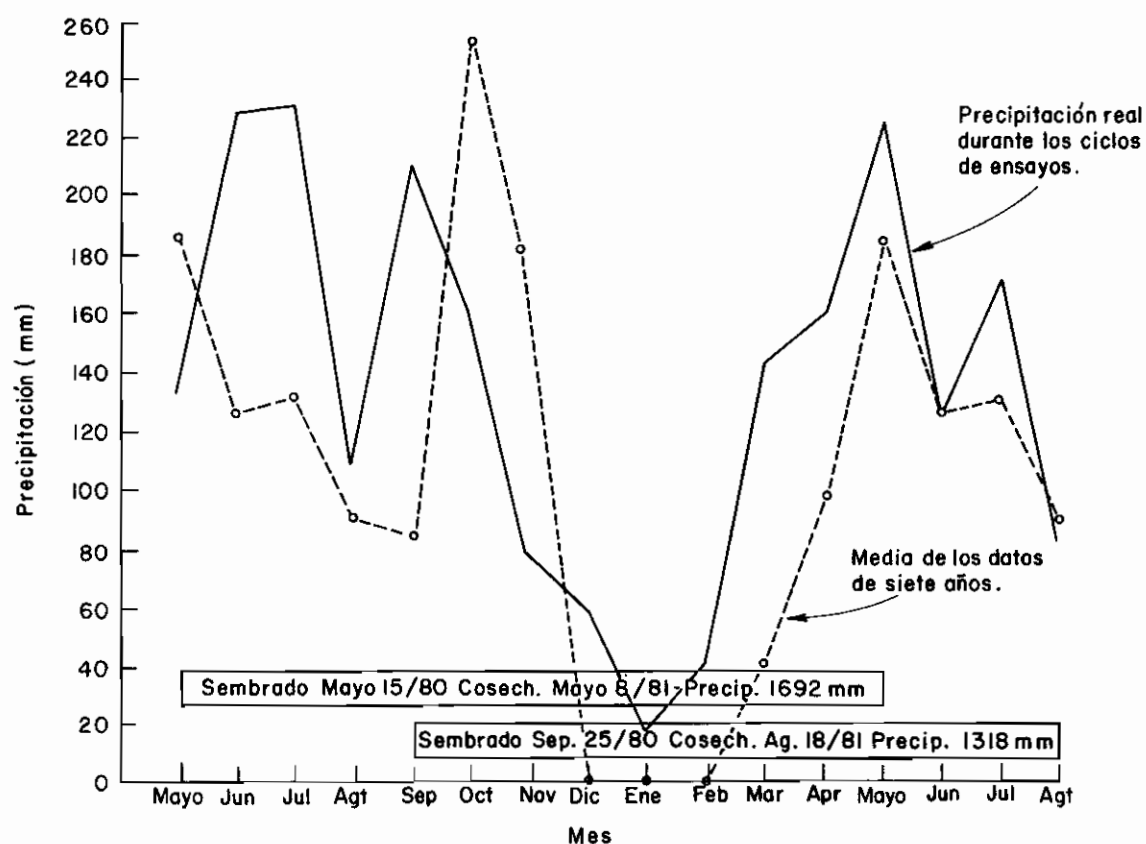


Figura 6. Cantidad y distribución de la precipitación (mm) durante los ensayos de primer y segundo semestres en Media Luna.

La información presentada se obtuvo de ensayos de observación sembrados durante tres años consecutivos en tres localidades seleccionadas según diferentes grados de severidad de enfermedades y plagas. Carimagua se describió anteriormente; Media Luna se considera como intermedia y Ríonegro se puede clasificar como relativamente libre de problemas mayores. Las variedades se seleccionaron según su comportamiento sobresaliente en rendimiento y por su comportamiento en años anteriores en estas localidades. Las cifras para la localidad de CIAT-Palmira (Cuadro 9) se obtuvieron directamente de las parcelas de los ensayos regionales repetidos, en tanto que las cifras para las otras localidades se obtuvieron de una sola parcela de 250 plantas después de excluir las plantas de los bordes.

En las tres localidades, el material de siembra producido en la misma localidad dio un rendimiento un poco mayor que las estacas producidas en el CIAT. Los datos presentados en el Cuadro 10 se obtuvieron de ensayos regionales de dos localidades en donde el material de siembra había sido obtenido en hileras de borde de aquellos materiales seleccionados para pruebas posteriores (Informe Anual 1974).

Se puede observar (Cuadro 10) que en la localidad de Ríonegro, dos de las cuatro accesiones seleccionadas dieron un rendimiento casi igual con estacas producidas ya sea en CIAT o en Ríonegro; una accesión dio un rendimiento ligeramente mayor y la otra ligeramente menor, pero en todos los casos fueron superiores a la mejor variedad local. La variación en rendimiento, de un año a otro, en una misma localidad es mayor en las accesiones seleccionadas que en la variedad local, la cual, a pesar de presentar la misma tendencia de variación que los demás materiales, experimentó un cambio menor en magnitud.

La variación estacional fue también alta para Caicedonia pero, en este caso, todas las accesiones incluyendo la variedad local presentaron diferencias grandes, a pesar de que las dos accesiones seleccionadas dieron un rendimiento superior con estacas producidas en el CIAT. Se debe tener presente que en ambas localidades se hizo solamente una observación de las estacas producidas en el CIAT, en tanto que se registraron tres observaciones para cada una de las dos localidades. También se debe anotar que la variación entre años fue alta para el rendimiento de todos los materiales presentados en el Cuadro 6.

Propagación Mediante Yemas Foliares

Para obtener mayor información sobre el agua y la mano de obra que se ahorran empleado ese método sin dejar de alcanzar altas tasas de propagación, se realizó un experimento con dos nuevas líneas de yuca en CIAT-Palmira: CM 681-2 y CM 723-3. Cada línea ocupó tres cámaras de enraizamiento con 600 hojas cada una, para un total de 1800 hojas por línea. Las temperaturas diurnas y nocturnas se registraron al medio día, a las 8:00 pm, y a las 6:00 am, con temperaturas, en promedio, en las cámaras de 39, 26, y 22°C, respectivamente. Se utilizaron seis tratamientos (Cuadro 11) y se instalaron nuevas boquillas nebulizadoras (2 por cámara) que arrojaban 50 litros por hora. Las nuevas boquillas

Cuadro 9. Rendimiento de raíces frescas (t/ha) de yuca de estacas producidas en cuatro localidades con diferentes grados de enfermedades y plagas^a.

Variedad	1979		1980		1981		Promedio	
	CIAT-Palmira ^b	Carimagua	CIAT-Palmira	Carimagua	CIAT-Palmira	Carimagua	CIAT-Palmira	Carimagua
M Col 1684	14.5	20.0	9.5	8.0	19.4	20.2	14.4	16.0
HMC-2	13.9	25.0	15.4	20.0	-	18.0	14.6	21.0
Llanera (C)	-	12.6	-	4.5	-	6.6	-	7.9
	CIAT-Palmira	Media Luna	CIAT-Palmira	Media Luna	CIAT-Palmira	Media Luna	CIAT-Palmira	Media Luna
M Col 1684	40.7	50.0	-	-	37.4	48.0	39.0	49.0
Secundina (C)	-	8.8	-	10.1	-	12.6	-	10.5
	CIAT-Palmira	Rionegro	CIAT-Palmira	Rionegro	CIAT-Palmira	Rionegro	CIAT-Palmira	Rionegro
M Col 1684	40.9	45.0	24.6	20.0	35.0	40.0	33.5	35.0
Venezolana	-	18.3	-	13.6	-	19.1	-	17.0

a. Carimagua = severo; Media Luna = intermedio; Rionegro = relativamente libre; CIAT-Palmira = libre de enfermedades.

b. Los datos de CIAT-Palmira se obtuvieron de datos regionales repetidos; los datos de otras localidades se obtuvieron de una sola parcela de 250 plantas después de excluir las plantas de los bordes.

Cuadro 10. Rendimiento de raíces frescas (t/ha) de yuca a partir de estacas producidas en tres localidades libres de las principales enfermedades.

Variedad	1974		1975	1976	1977	Promedio	
	CIAT-Palmira	Rionegro	Rionegro	Rionegro	Rionegro	CIAT-Palmira	Rionegro
M Mex 59	34.7		24.5	45.0	33.5	34.7	34.3
CMC 40	28.6		16.1	32.4	21.7	28.6	23.4
CMC 84	26.0		18.2	47.9	29.4	26.0	31.8
CMC 76	25.8		20.5	32.4	-	25.8	26.4
Colombiana	-	15.7	11.7	16.1	12.9		14.1
Variedad	CIAT-Palmira	Caicedonia	Caicedonia	Caicedonia	Caicedonia	CIAT-Palmira	Caicedonia
	CIAT-Palmira	Caicedonia	Caicedonia	Caicedonia	Caicedonia	CIAT-Palmira	Caicedonia
M Mex 59	40.0		23.7	52.0	18.7	40.0	31.4
M Mex 23	39.6		17.3	37.4	-	39.6	27.3
Chiroza		32.3	15.8	41.2	12.1	-	25.3

nebulizadoras redujeron el consumo de agua en un 50%. Este aspecto también podría ser mejorado si se pudieran comprar en el mercado local boquillas que arrojaran gotas de tamaño más pequeño. Las cámaras permanecieron cubiertas todo el tiempo a fin de mantener una humedad y temperatura altas y así estimular el enraizamiento.

Como se puede observar en el Cuadro 11, el Tratamiento 1 fue el mejor. Este resultado es alentador, no solamente porque contribuye a ahorrar agua sino también porque se requiere menos mano de obra para su manejo ya que solamente se debe abrir y cerrar la llave una vez al día. Esta sección está actualmente utilizando este tratamiento para la propagación de rutina dentro del programa y con el tiempo se podrán lograr algunas mejoras.

Cuadro 11. Porcentaje de enraizamiento de esquejes de hojas-yema de yuca, en diferentes condiciones de intensidad de nebulización.

Tratamiento	Enraizamiento (%)		
	CM 681-2	CM 723-3	Promedio
Nebulización continua, 6 días, sólo el día (12 h)	100	96	98
Nebulización continua, 3 días, luego 6 días, 3 veces al día 1 h (a las 8 am, 12 m y 4 pm)	90	88	89
Nebulización continua, 6 días (24 h)	83	77	80
Nebulización continua, 3 días, luego 3 días, 1 h (a las 10 am)	76	64	70
Nebulización continua, 3 días (24 h)	52	48	50
Nebulización continua, 3 días, sólo durante el día (12 h)	42	38	40

Posibilidad de Transferencia de los Resultados de las Pruebas Regionales

Se hizo una comparación entre los resultados de los ensayos regionales y los resultados de los ensayos de evaluación a nivel de finca con el objeto de verificar si los agricultores pueden manejar la nueva tecnología y obtener resultados similares a los obtenidos en los ensayos manejados por el personal del CIAT. En la siembra de mayo en Media Luna, cuando se siembra el 70% de la yuca en esa región, los resultados muestran poca diferencia entre las parcelas manejadas por el CIAT o por los agricultores, pese a que se consideró que los agricultores utilizaron un manejo relativamente pobre (Cuadro 12). Sin embargo, en la siembra de mayo-septiembre las diferencias fueron notorias; pese a ello, el agricultor bueno logró obtener rendimientos considerablemente mejores con la nueva tecnología y el híbrido continuó mostrando mayores rendimientos que la variedad local testigo.

Estos datos indican que:

1. En la siembra de mayo, incluso con habilidades de manejo pobre, los agricultores pueden obtener rendimientos superiores con la nueva tecnología y los nuevos híbridos, y los niveles de rendimiento son muy cercanos a los obtenidos en los ensayos regionales.
2. En la siembra de septiembre, incluso los buenos agricultores no lograron igualar los niveles de rendimiento de las parcelas manejadas por el CIAT, pero la nueva tecnología, junto con la línea híbrida, dio rendimientos superiores a los de la tecnología tradicional con la variedad local testigo.

Cuadro 12. Comparación de los datos de rendimiento de yuca (t/ha) obtenidos en ensayos manejados por científicos (ensayos regionales) y por agricultores, con diferentes habilidades de manejo, en Media Luna.

Variedad	Siembra de mayo ^a						Siembra de septiembre ^a					
	Ensayo regional		Agricultor bueno		Agricultor malo		Ensayo regional		Agricultor bueno		Agricultor malo	
	RF	MS	RF	MS	RF	MS	RF	MS	RF	MS	RF	MS
<u>Tecnología tradicional</u>												
Secundina			10.0	3.3	6.1	1.9			7.7	2.6	5.2	1.9
CM 342-170			20.4	4.2	9.5	2.6			13.6	4.0	13.8	4.4
<u>Tecnología mejorada</u>												
<u>sin fertilizante</u>												
Secundina	12.6	4.4	16.5	5.3	10.5	3.3	15.7	5.6	11.6	3.8	3.4	1.1
CM 342-170	20.8	5.4	21.4	5.4	19.6	5.5	30.8	12.3	20.4	6.0	17.2	5.5

a. RF = raíces frescas; MS = materia seca.

Economía

La investigación de la sección de economía de yuca continúa concentrándose en un análisis de la adopción potencial y el impacto de la tecnología mejorada de producción. La investigación se realiza a varios niveles, incluyendo estudios a nivel de finca sobre la rentabilidad de la tecnología mejorada y las limitaciones para la adopción; análisis de costos de procesamiento y mercadeo; e investigación sobre la demanda final, especialmente el potencial de la yuca para entrar a mercados alternativos.

Con el tiempo, estos estudios se integrarán a un estimativo ex ante del precio de equilibrio y de la cantidad de la yuca después de introducir la tecnología mejorada. Sin embargo, aquí se presentan estudios individuales sobre la producción y la demanda.

Economía de la Producción

El enfoque de los estudios sobre producción continúan siendo objeto de investigación a nivel de finca. Los rendimientos de yuca en los sistemas actuales de producción son, en promedio, bajos y para cualquier región en particular exhiben una variación relativamente grande. Uno de los objetivos básicos de los ensayos a nivel de finca es comprender los factores determinantes de la productividad en los sistemas tradicionales de cultivo de yuca. Una hipótesis dominante es que los rendimientos varían no con base en diferentes niveles de insumos--como en un análisis estándar de respuesta--sino principalmente, con base en diversos factores de manejo, la mayoría de los cuales no requieren insumos comprados (Cuadro 1). Las restricciones del empleo de estos factores de manejo están, en la mayoría de los casos, definidas a niveles de sistemas más altos--es decir, a nivel del sistema agrícola o al nivel del sistema de mercadeo. Por consiguiente, los rendimientos no están principalmente determinados por el manejo independiente del sistema de cultivo de yuca, sino más bien por restricciones que imponen a estos componentes del manejo las exigencias de los sistemas agrícolas y de mercadeo.

Durante este año, los ensayos a nivel de finca se concentraron en la interacción entre la productividad y la época de siembra, y la época de cosecha. La extrema perecibilidad de la yuca después de la cosecha, la capacidad limitada ya sea de las plantas procesadoras tradicionales o de los canales de mercadeo del producto fresco, y los requerimientos del sistema de mercado o del de procesamiento en lo que respecta a un suministro continuo de yuca fresca, imponen restricciones a los agricultores en cuanto a su acceso al mercado. Los flujos de mercado están regulados ya sea por siembras escalonadas o por cosechas escalonadas, esto último porque la yuca tiene un período de cosecha indeterminado. Los estudios sobre los sistemas de yuca en otras partes de América Latina demuestran, en general, que la cosecha escalonada es mucho más importante que la siembra escalonada en lo que respecta a la

Cuadro 1. Determinantes del rendimiento y la producción en sistemas de cultivos de yuca.

Componentes del sistema de cultivos	Interacción varietal	Interacción edafoclimática	Determinantes de sistemas de mayor nivel	
			Sistema agrícola	Sistema de mercadeo
Manejo de la fertilidad del suelo	??	Alta	Limitantes de capital Rotación de cultivos Limitantes de tierra/ sistema de enrastramiento Asignación de "tierras de calidad"	Relaciones de precios producción/fertilizantes Interacción fertilizantes/calidad
Control de erosión	Baja	Alta	Rotación de cultivos/ asignación de tierras Sistemas de tenencia	Ninguno
Cultivos intercalados	Moderada	Moderada	Limitantes de mano de obra Limitantes de flujo de caja	Relaciones de precios de producción
Control de malezas	Moderada	Moderada	Limitantes de mano de obra	Jornales
Manejo de estacas	??	Baja/moderada	Ninguno	Ninguno
Manejo de plagas	Alta	Alta	Limitantes de capital ^a	Relaciones de precios producción/pesticidas Cambios en calidad
Epoca de cosecha	Moderada	Moderada	Limitantes de mano de obra Usos competitivos de la tierra	Precio estacional de la producción Acceso al mercado
Epoca de siembra	??	Alta	Asignación de recursos a otros cultivos	Precio estacional de la producción Acceso al mercado
Características varietales de "calidad"	Alta	Moderada/alta	Manejo de fertilidad	Descuentos en los precios del producto Acceso al mercado

a. Debido al ciclo de crecimiento largo, es dudoso que los fungicidas, pesticidas, etc. sean una opción.

regulación de los flujos del mercado. Este es especialmente el caso en el que existen períodos críticos de siembra definidos por variaciones estacionales debidas ya sea a la precipitación o a la temperatura.

En el Cuadro 2 se pueden observar las implicaciones de la siembra y la cosecha escalonadas en la productividad. Aunque hay alguna variación en la productividad entre estaciones de siembra, el aumento en el rendimiento durante el período de cosecha (definido como el período desde que los agricultores de la zona generalmente comienzan a cosechar hasta cuando terminan la cosecha), en la mayoría de los casos, es notorio. El aumento en la rentabilidad es aún mayor. Sin embargo, los agricultores cosechan durante el período de cosecha y, en zonas tales como Media Luna lo hacen, en lo posible, principalmente a principios del período.

Sin embargo, aunque los agricultores, en general, se enfrentan a un aumento en el rendimiento durante el período de cosecha, también se enfrentan a mayores riesgos. Los factores de riesgo incluyen riesgos en la producción, como en Mondomo donde la pudrición radical se debe a una alta precipitación fuera de estación, o como en Media Luna donde la calidad de las raíces tiende a disminuir (Informe Anual 1980). Más importante aún es el riesgo de mercado que, además del riesgo de una disminución de los precios durante el transcurso del período de cosecha, incluye el acceso al mercado.

Los agricultores en diferentes regiones han adoptado diferentes estrategias de mercadeo. En Socorro, los agricultores se enfrentan a un mercado del producto fresco muy limitado, en el cual los compradores cambian el precio durante el transcurso del día de mercado a medida que estiman la oferta que está entrando al mercado. Los agricultores rara vez cosechan más de 150 a 200 kg para cualquier día de mercado. En los Llanos (para el mercado fresco de Bogotá) y en Mondomo (para productoras de almidón en pequeña escala), los agricultores venden sus lotes de yuca bajo contrato. Por consiguiente, los agricultores no están interesados en obtener mayores rendimientos, y los compradores están más interesados en la continuidad de la oferta que en los aumentos en rendimiento. En Media Luna, los agricultores pueden venderle al mercado fresco urbano, donde existe una prima considerable a los precios, o al mercado industrial del almidón. El problema es el acceso al mercado fresco, pero no dejan de venderle a este mercado siempre que se presente la oportunidad. Los agricultores venden casi exclusivamente al mercado fresco a comienzos del período de cosecha y al mercado de almidón a fines de ese período, cuando se aproxima la estación de siembra.

Por consiguiente, la conclusión es que los rendimientos de yuca varían sensiblemente dependiendo de la época de siembra y, especialmente, de la época de cosecha. Sin embargo, en términos generales, la yuca se cosecha más temprano de lo que se consideraría como óptimo debido a limitaciones de mayor nivel por los sistemas agrícolas y de mercadeo. Habrá cabida para aumentos considerables en la eficiencia mediante lazos más estrechos entre los sistemas de producción de yuca y los sistemas de procesamiento de yuca, en la medida en que se desarrollen mercados alternativos y unidades de procesamiento en pequeña escala.

Cuadro 2. Efecto de la época de siembra y la época de cosecha en el rendimiento y la rentabilidad de la yuca en experimentos con alto nivel de manejo.

Región, variedad, de cosecha y tratamiento	Primera siembra		Cambio en		Segunda siembra ^a		Cambio en	
	Iniciación de cosecha (t/ha)	Terminación de cosecha (t/ha)	Rendimiento (%)	Rentabilidad (%)	Iniciación de cosecha (t/ha)	Terminación de cosecha (t/ha)	Rendimiento (%)	Rentabilidad (%)
<u>Media Luna</u>								
Secundina								
Sin fertilizar	12.4	16.5	33	50	9.4	11.6	27	42
Fertilizada	11.1	14.4	30	65	10.4	14.3	38	89
CM 342-170								
Sin fertilizar	17.2	21.4	24	32	16.9	20.4	21	27
Fertilizada	23.5	29.8	27	36	19.8	20.4	3	4
<u>Mondomo</u>								
Algodona								
Sin fertilizar	11.4	9.5	-17	-27	16.9	26.9	59	80
Fertilizada	22.3	2.4	-89	-	19.5	30.8	58	90
Barranqueña								
Sin fertilizar	15.4	9.2	-40	-56	5.2	9.1	75	444
Fertilizada	17.7	20.7	17	28	12.5	13.5	8	18
CMC 92								
Sin fertilizar	9.1	3.6	-60	-	12.1	30.9	155	242
Fertilizada	18.3	3.6	-80	-70	14.5	36.2	150	288
<u>Socorro</u>								
Chile								
Sin fertilizar	12.9	21.5	67	38	21.5	16.9	-21	-28
Fertilizada	13.4	26.3	96	105	23.3	18.5	-21	-29
CMC 92								
Sin fertilizar	10.6	16.2	53	39	-- ^b	-- ^b		
Fertilizada	13.4	22.3	66	69	-- ^b	-- ^b		
HMC 2								
Sin fertilizar	4.6	17.5	280	-	-- ^b	-- ^b		
Fertilizada	14.7	15.7	7	68	-- ^b	-- ^b		
<u>Llanos</u>								
Chirosa								
Sin fertilizar	11.2	18.0	61	86	N.I.	N.I.		
Fertilizada	13.4	14.9	11	18	N.I.	N.I.		
Cupa								
Sin fertilizar	5.8	7.1	22	50	N.I.	N.I.		
Fertilizada	7.9	10.3	30	80	N.I.	N.I.		

a. N.I. = no incluida como tratamiento.

b. Estacas destruidas durante el transporte.

Otros Ensayos a Nivel de Finca

A continuación se presentan avances de otros descubrimientos hechos en ensayos a nivel de finca por regiones.

Media Luna

Los ensayos a nivel de finca son una parte integral del sistema de pruebas y evaluación varietal del Programa de Yuca. En cada zona edafoclimática, variedades seleccionadas identificadas en las pruebas regionales pasan a ensayos a nivel de finca para su evaluación en diferentes regímenes de manejo--es decir, para evaluar la estabilidad del sistema bajo condiciones representativas de las fincas. Lógicamente, las variedades no tienen que pasar por la evaluación en ensayos a nivel de finca como requisito para su entrega a los programas nacionales; la evaluación es utilizada, más bien, por las secciones de desarrollo de germoplasma y de variedades como una verificación de sus parámetros de selección y sus metodologías de ensayo.

El híbrido CM 342-170 se evaluó dentro del diseño global del año que comprendía las épocas de siembra y de cosecha. El próximo año se evaluará en un diseño que determinará el efecto del sistema de rotación, el tipo de suelo, y la aplicación de fertilizantes. El híbrido y la variedad local, Secundina, se evaluaron con tres tratamientos: tecnología tradicional; una tecnología mejorada de insumos mínimos, que incluyó selección y tratamiento de estacas y mayor población de plantas; y la tecnología mejorada con 500 kg de un fertilizante de formulación 10-20-20. Además de evaluar los tratamientos en diferentes fechas de siembra y de cosecha, también fue posible separar a los agricultores en aquéllos que practicaron un control de malezas adecuado y en el momento oportuno, y aquéllos sin un manejo de las malezas.

Los resultados (Cuadro 3) muestran que el híbrido dio un rendimiento superior a la variedad local en todos los tratamientos, incluso con un control de malezas pobre. La interacción entre el control de malezas y otros factores de manejo es especialmente sorprendente. En términos generales, más de una vez hubo respuesta a la tecnología de mínimos insumos cuando el control de malezas fue inadecuado. Esto era de esperarse de un mejor establecimiento de la población y también de una mayor población. Sin embargo, al fertilizar parcelas que recibían un control de malezas pobre, los rendimientos disminuyeron en términos generales, probablemente debido a la respuesta de las malezas a los fertilizantes. Finalmente, en las parcelas con un buen control de malezas, el híbrido, a diferencia de la variedad local, mostró una respuesta rentable a la aplicación del fertilizante (excepto en la cosecha de septiembre). Este resultado demuestra la posibilidad de producir variedades con un potencial de rendimiento considerablemente mayor al cultivarlas en condiciones de insumos mínimos, pero que también responden a una mayor aplicación de insumos. Sin embargo, es necesario evaluar la estabilidad de este resultado respecto a otros factores de manejo y durante varios años.

Cuadro 3. Efecto de la época de siembra, la época de cosecha, y el control de las malezas en el rendimiento de dos variedades en Media Luna, 1981.

Tratamiento	Siembra de mayo				Siembra de septiembre			
	Cosecha de febrero (273 days)		Cosecha de mayo (345 días)		Cosecha de julio (303 días)		Cosecha de septiembre (357 días)	
	Rendi- miento (t/ha)	Materia seca (%)	Rendi- miento (t/ha)	Materia seca (%)	Rendi- miento (t/ha)	Materia seca (%)	Rendi- miento (t/ha)	Materia seca (%)
<u>Buen control de maleza</u>								
Secundina								
Tradicional	6.5	-	10.0	32.8	9.0	38.1	7.7	34.1
Mejorado	12.4	33.4	16.5	32.4	9.4	35.5	11.6	33.5
Fertilizado	11.1	33.7	14.4	35.9	10.4	35.6	14.3	34.2
CM 342-170								
Tradicional	20.9	-	20.4	20.6	15.6	31.3	13.6	29.6
Mejorado	17.2	29.9	21.4	25.3	16.9	29.9	20.4	29.6
Fertilizado	23.5	28.6	29.8	24.1	19.8	28.6	20.4	28.8
<u>Control de maleza pobre</u>								
Secundina								
Tradicional	2.8	-	6.1	31.3	4.2	33.3	5.2	36.2
Mejorado	7.7	33.5	10.5	32.1	4.2	34.8	3.4	33.6
Fertilizado	7.1	31.9	9.6	31.0	3.3	33.2	7.2	36.4
CM 342-170								
Tradicional	11.4	-	9.5	28.0	9.6	29.6	13.8	31.7
Mejorado	17.7	32.2	19.6	28.0	12.9	30.3	17.2	32.3
Fertilizado	16.2	29.3	16.7	28.3	11.4	26.8	19.1	30.9

No obstante, el híbrido no presentó las características de calidad de Secundina. Su contenido de materia seca fue inferior al de Secundina y fue particularmente bajo en la cosecha de mayo, es decir, a comienzos de las lluvias. Aunque el híbrido no recibió la ventaja de una prima en su precio en el mercado fresco urbano (Col\$5.0/kg versus Col\$3.5/kg para el mercado industrial del almidón) siguió siendo el material más rentable en todos los tratamientos (excepto por la tecnología de insumos mínimos en la siembra de mayo y con un control de malezas adecuado, caso en el cual se observó una ligera diferencia). Dentro de este contexto, surge un interrogante sobre la estrategia de investigación, a saber: existen ventajas para separar los mercados con base en las características de calidad? Además, cuáles son los costos adicionales de investigación requeridos para producir una variedad de doble propósito que mantenga las características de calidad necesarias en condiciones más marginales? Los ensayos realizados en Mondomo dieron más luz sobre este aspecto.

Mondomo

Los resultados de los ensayos a nivel de finca en Mondomo demostraron los riesgos inherentes a la producción de yuca y confirmaron el efecto del sistema de enrastramiento en la productividad y calidad de la yuca (véase Informe Anual 1980). Además de estar diseñados para evaluar la época de siembra y cosecha, los ensayos también evaluaron cuatro variedades (dos locales y dos introducciones), cada una con dos tratamientos: un tratamiento de insumos mínimos (tratamiento y selección de estacas) y un tratamiento de fertilización (675 kg/ha de superfosfato triple y 250 kg/ha de cal dolomítica). Además, en estos ensayos se introdujeron dos complicaciones: variaciones en el historial de cultivo de la parcela y un ataque severo de chizas en la siembra de septiembre. En el Cuadro 4 se presentan las historias de las parcelas y los análisis de los suelos.

En la siembra de marzo (Cuadro 5) el efecto de la historia de la parcela en los rendimientos es aparentemente alto, por lo menos en la primera cosecha. A diferencia del año pasado, hubo una respuesta rentable al fertilizante en la parcela que tenía un alto nivel de fertilidad y ninguna respuesta en la parcela de baja fertilidad. (Esta interacción entre el rastrojo y la respuesta a los fertilizantes se evaluó sistemáticamente en 1982). Además, en la segunda cosecha hubo una pérdida considerable en rendimiento por pudrición radical, debido a un período de lluvias inusualmente prolongado. Sin embargo, como en la zona hay más de 200 procesadores de almidón en pequeña escala, el acceso de los agricultores al mercado no es una limitación para la cosecha en el momento oportuno y, dada una observación apropiada de los campos por parte de los agricultores, el riesgo se puede minimizar. En regiones tales como la del Socorro, esto no es posible.

Las siembras de septiembre (Cuadro 6) fueron afectadas por un brote severo de chizas de la región. El control que hacen los agricultores consiste en una aplicación de aldrín a las estacas, y la resiembra. En el ensayo se utilizó el control practicado por los agricultores, y las estacas afectadas se resembraron dos veces. Sin embargo, este control

Cuadro 4. Historia de cultivo de las parcelas y análisis del suelo en Mondomo, 1981.

Número de la parcela	Historia de cultivo	Análisis del suelo					
		Materia orgánica (%)	P (ppm)	K (meq)	pH	Al (meq)	Ca (meq)
<u>Siembra de marzo</u>							
1	3 cultivos de yuca/10 años de rastrajo	7.1	1.5	0.14	3.9	4.0	0.81
2	4 años de rastrajo/1 cultivo de yuca	7.9	1.0	0.24	5.1	0.2	7.30
<u>Siembra de septiembre</u>							
3	2 cultivos de yuca/desconocido	4.3	1.4	0.20	4.5	2.9	1.16
4	10 años de rastrajo	7.2	4.8	0.53	5.4	5.4	5.59
5	10 años de rastrajo	5.9	1.5	0.33	5.1	0.9	1.90
6	1 cultivo de yuca/5 años de rastrajo	7.3	2.1	0.13	4.2	3.2	1.60

Cuadro 5. Rendimientos de cuatro variedades de la siembra de marzo con dos fechas de cosecha en Mondomo, 1980-1981.

Variedad	Siembra de marzo	
	Cosecha de marzo (t/ha)	Cosecha de junio (t/ha)
<u>Enrastramiento prolongado</u>		
(parcela 2)		
Algodona		
Sin fertilizar	11.4	9.5
Fertilizada ^a	22.3	2.4
CMC 92		
Sin fertilizar	9.1	3.6
Fertilizada	18.3	3.6
Barranqueña		
Sin fertilizar	15.4	9.2
Fertilizada	17.7	20.7
Sata Dovio		
Sin fertilizar	17.9	2.8
Fertilizada	21.0	16.3
<u>Enrastramiento acortado</u>		
(parcela 1)		
Algodona		
Sin fertilizar	9.1	8.3
Fertilizada	4.4	1.4
CMC 92		
Sin fertilizar	8.5	7.1
Fertilizada	5.9	2.4
Barranqueña		
Sin fertilizar	6.7	3.3
Fertilizada	7.4	4.4
Sata Dovio		
Sin fertilizar	4.3	2.5
Fertilizada	5.1	8.0

a. La fertilización incluyó 675 kg de superfosfato triple/ha + 250 kg de cal dolomítica/ha.

Cuadro 6. Rendimientos de cuatro variedades en la siembra de septiembre y la cosecha de septiembre en Mondomo, 1981.

Variedad	Parcela 3 ^a		Parcela 4		Parcela 5		Parcela 6	
	Rendimiento (t/ha)	Población (%)	Rendimiento (t/ha)	Población (%)	Rendimiento (t/ha)	Población (%)	Rendimiento (t/ha)	Población (%)
Algodona								
Sin fertilizar	6.3	30	16.9	87	3.5	33	12.6	81
Fertilizada ^c	20.3	86	19.5	96	3.6	48	17.8	86
CMC 92								
Sin fertilizar	12.8	83	12.1	56	4.0	48	9.5	56
Fertilizada	7.8	64	14.5	52	6.3	44	11.8	53
Barranqueña								
Sin fertilizar	3.9	45	5.2	76	2.8	63	8.6	75
Fertilizada	5.7	53	12.5	85	3.4	58	10.8	82
Sata Dovio								
Sin fertilizar	4.8	37	3.8	36	5.0	50	7.9	53
Fertilizada	7.5	34	9.7	50	5.9	41	12.5	63

a. Las parcelas son sistemas enrastrados: véase el Cuadro 4.

b. Población cosechada como porcentaje de la población sembrada.

c. La fertilización incluyó 675 kg de superfosfato triple/ha + 250 kg de cal dolomítica/ha.

no fue efectivo y las poblaciones eventuales de plantas rara vez alcanzaron el 80% de la población planeada; en el caso de la variedad introducida (Sata Dovio) la población de plantas fue de solamente un 46% de la planeada. El resultado plantea un problema continuo en la metodología de los ensayos a nivel de finca. Fuera de las variables de los tratamientos, los demás factores se mantienen constantes, como en el caso del control de las chizas, o se les permite variar, como en el caso de la historia de las parcelas, según las condiciones del agricultor. Una solución lógica sería realizar un mayor número de ensayos a nivel de finca en la región o--si el efecto de los tratamientos se ha de estudiar intensivamente--una solución más práctica sería controlar, a un alto nivel de manejo, variables no incluidas en los tratamientos.

Sin embargo, los ensayos dieron alguna luz sobre el punto relacionado con la segregación del mercado por medio de variedades con características diferenciales de rendimiento y de calidad. Barranqueña y Sata Dovio se consideran como variedades aptas para el mercado fresco, en tanto que Algodona y CMC 92 se consideran aptas solamente para uso industrial. La sección de Utilización de Yuca hizo análisis de calidad sobre el contenido de materia seca y de cianuro total en muestras provenientes de diferentes sistemas de rotación. Como características mínimas de calidad necesarias (pero frecuentemente insuficientes) para entrar al mercado fresco se pueden considerar un 33% de materia seca o más, y 100-200 ppm de cianuro, o menos. Como se muestra en el Cuadro 7, el nivel de fertilidad del suelo es un factor determinante crítico para la calidad de la yuca, aún más importante en estos resultados que las diferencias entre variedades. En parcelas con un enrastramiento corto, incluso las variedades "dulces" se tornaron amargas. En el caso de las variedades "amargas", el aumento en el nivel de cianuro por el estado de fertilidad del suelo fue muy marcado. Aunque los descubrimientos son solo preliminares, los resultados indican una posible relación entre períodos cortos de enrastramiento y aumentos en problemas de toxicidad. Ciertamente, los descubrimientos muestran por qué la producción de yuca de alta calidad frecuentemente se concentra en zonas de alta productividad.

Por consiguiente, hay, implícitas, tres estrategias para mantener la producción de yuca para el mercado fresco a la vez que para expandir su producción para uso industrial:

1. Desarrollo de variedades de doble propósito con las características de calidad exigidas aun produciéndolas en condiciones marginales.
2. Tecnología mejorada para las variedades locales producidas en condiciones marginales y concentración de los esfuerzos en mejoramiento genético en la obtención de rendimientos altos para el mercado industrial.
3. Especialización de la producción para el mercado fresco en áreas de tierra de primera, y para el mercado de yuca procesada en áreas marginales.

Cuadro 7. Efecto del sistema de enrastramiento y de la fertilización en la calidad de las raíces en Mondomo, 1981.

Variedad	Enrastramiento adecuado ^a				Enrastramiento acortado ^b			
	Fertilizada ^c		Sin fertilizar		Fertilizada ^c		Sin fertilizar	
	Materia		Materia		Materia		Materia	
	seca (%)	HCN (ppm)	seca (%)	HCN (ppm)	seca (%)	HCN (ppm)	seca (%)	HCN (ppm)
Algodona								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	34.5	-	35.2	-	30.7	-	26.6	-
Cosecha de junio	36.0	328	26.9	335	31.8	219	29.7	623
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	41.9	94	42.3	128	37.0	243	37.4	317
CMC 92								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	37.3	-	37.7	-	30.2	-	26.2	-
Cosecha de junio	33.7	182	27.9	83	29.8	154	32.9	409
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	38.3	195	37.1	306	39.3	287	35.6	624
Bárranqueña								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	38.7	-	37.0	-	29.7	-	28.8	-
Cosecha de junio	37.2	113	37.2	167	34.1	122	29.0	253
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	37.0	80	37.0	165	36.6	111	36.0	139
Sata Dovio								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	35.2	-	34.5	-	28.8	-	29.4	-
Cosecha de junio	41.3	71	36.3	179	33.9	123	33.5	194
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	34.5	107	37.5	207	34.8	266	37.0	224

a. Para la siembra de marzo, Parcela 2; para la siembra de septiembre, Parcela 4.

b. Para la siembra de marzo, Parcela 1; para la siembra de septiembre, Parcela 3.

c. La fertilización incluyó 675 kg de superfosfato triple/ha + 250 kg de cal dolomítica/ha.

Sin embargo, es necesario subrayar que, incluso con rendimientos mucho más altos en regiones con tierras de primera, los precios a nivel de finca son generalmente mucho más altos para poder competir con cultivos de mayor valor. Una comparación de los retornos implícitos de la tierra y del manejo entre las zonas de producción de los ensayos a nivel de finca y la zona de producción de tierras de primera en Caicedonia, da una idea de los retornos necesarios para incorporar la zona de alta productividad a la producción de yuca (Cuadro 8). La elección de la estrategia dependerá de las condiciones particulares de los países, pero los resultados, muy preliminares, de los ensayos a nivel de finca adelantados este año, indican que las estrategias (2) ó (3) serán las más lógicas a corto plazo.

Mercadeo

Impacto de la nueva tecnología

El impacto de las tecnologías mejoradas de producción agrícola en el sector pobre es de interés crítico, puesto que uno de los principales objetivos de la inversión en la investigación agrícola es mejorar el bienestar y la nutrición de dicho sector.

El sector de gentes pobres puede verse afectado por las innovaciones en la tecnología agrícola mediante una serie de mecanismos: los consumidores pobres ganan si hay precios más bajos en los alimentos; con la nueva tecnología puede surgir una mayor demanda de mano de obra la cual puede proporcionar más empleo e ingreso a los trabajadores de bajos ingresos; es posible que los agricultores pequeños aumenten sus ingresos al utilizar la nueva tecnología agrícola.

En el CIAT se está adelantando un estudio para evaluar el impacto probable de la nueva tecnología de producción de yuca. Aunque se presentarán algunos de los resultados preliminares de este análisis, es necesario anotar que el efecto de la nueva tecnología en el sector pobre se examina, en este caso, solamente por medio de los cambios en el consumo de alimentos y en los gastos en alimentos, ignorando los efectos directos en el ingreso y en el empleo los cuales se sabe son de importancia potencial y pueden ser objeto de investigación futura en el CIAT.

Brasil es un caso especialmente importante que merece ser considerado, no solamente porque ocupa una posición destacada como uno de los principales productores de yuca a nivel mundial y por ser fuente del 80% de la yuca de América Latina, sino también porque la yuca contribuye con un 8% de las calorías de su dieta nacional convirtiéndose así en una de las cinco fuentes más importantes de calorías en Brasil. Como cerca del 90% de la yuca consumida directamente en Brasil es en forma de harina (farinha de mandioca), aquí se analizarán los patrones de consumo de harina de yuca.

Cuadro 8. Comparaciones entre los rendimientos, los precios, y los retornos netos actuales a nivel de finca para la yuca, 1981.

Región	Insumo de mano de obra (días/año/ha)	Costos variables (pesos Col)	Rendimiento (t/ha)	Precio (pesos Col/kg)	Retornos netos (pesos Col)
Media Luna, Costa Norte	63.5	14,595	6.7	3.5	9,100
Mondomo, Cauca	82.3	19,021	7.2	4.4	12,439
Socorro, Santander	104.5	20,900	8.6	4.0	13,340
San Martín, Llanos	63.4	19,350	6.2	6.0	37,200
Caicedonia, Valle	46.1	16,992	25.4	7.5	173,508

Los factores que conducen a diferencias en los patrones de consumo de alimentos son diversos e incluyen preferencias diferenciales; sin embargo, los ingresos y los precios son factores determinantes que afectan el consumo. El consumo de harina de yuca tiende a ser más alto entre el sector pobre. La Figura 1 muestra que en todas las regiones de Brasil, el consumo promedio de harina de yuca es de 23 kg per cápita en el cuartil de ingresos más bajos, disminuyendo constantemente hasta 3.3 kg en el cuartil de ingresos más altos.

Sin embargo, en algunos de los grupos más pobres de Brasil, esta relación es todo lo contrario y el consumo de harina de yuca aumenta con el ingreso (Figura 2). En el noreste rural de Brasil, los gastos per cápita en harina de yuca aumentan con el ingreso hasta que los gastos totales per cápita llegan a cerca de Cr\$1000/año (Cruzeiros de 1974-75). Como los estudios de la Fundación Getulio Vargas, de Brasil, han indicado que hasta un 75% de la población del noreste rural de Brasil es deficiente en calorías y como este déficit es claramente más agudo en el sector de ingresos más bajos, es evidente que para aquéllos que sean más vulnerables a la desnutrición, un mayor consumo de la harina de yuca es de importancia crítica para mejorar su nivel de nutrición.

Los consumidores obtienen beneficios de la nueva tecnología agrícola mediante menores precios de los alimentos que resultan de costos de producción reducidos a medida que la nueva tecnología desplaza la curva de oferta hacia la derecha (Figura 3). La magnitud de esta disminución en los precios, y los beneficios resultantes para el consumidor están determinados, en gran parte, por la magnitud del desplazamiento de la oferta y la elasticidad del precio para la demanda.

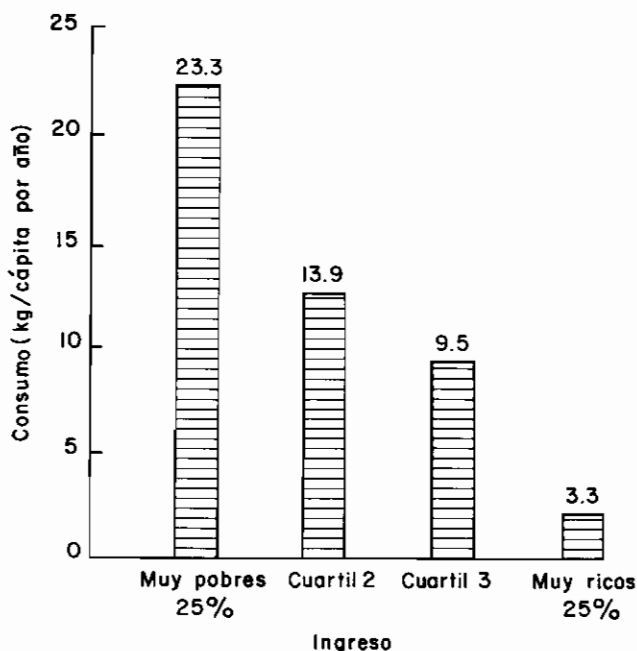


Figura 1. Consumo de harina de yuca por cuartil de ingresos en Brasil, 1975.

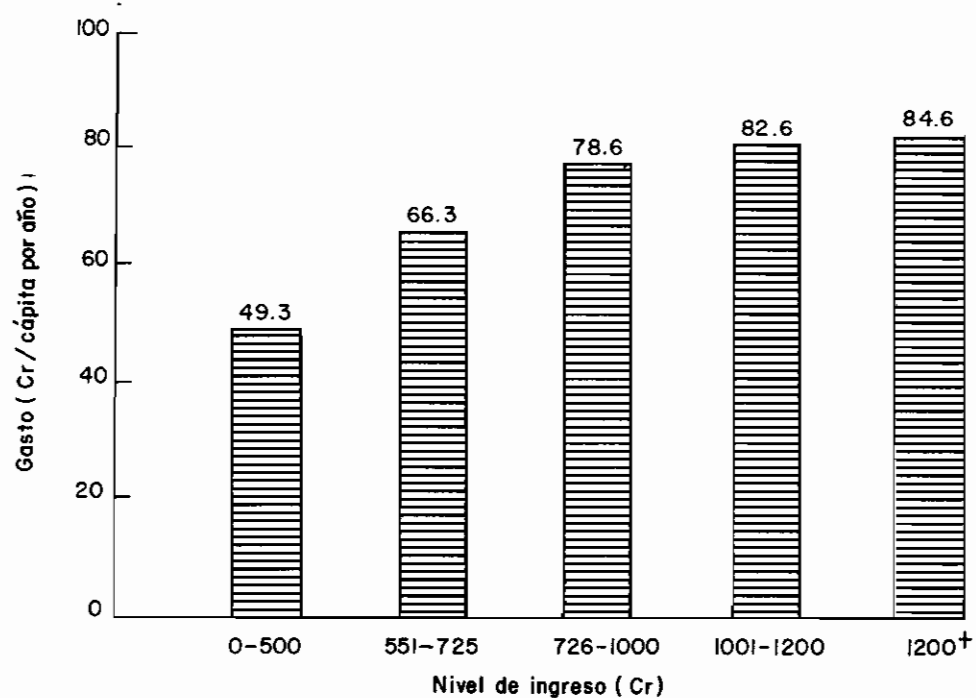


Figura 2. Gastos en harina de yuca según los ingresos en el noreste rural de Brasil, 1975.

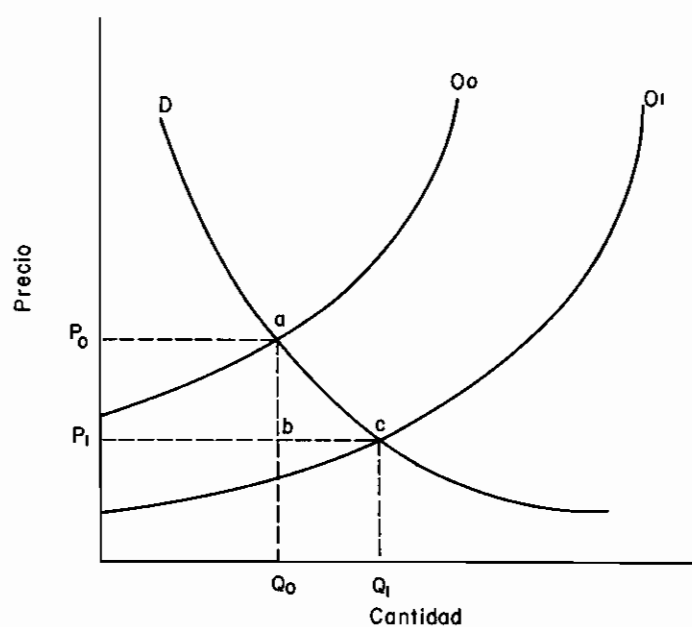


Figura 3. Modelo que estima los beneficios de los agricultores provenientes de la investigación agrícola.

Se estimaron las funciones de consumo utilizando datos publicados por la Fundacao Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística, con base en una encuesta de consumo de 45,397 hogares en Brasil. Los resultados de este análisis indican que la elasticidad del precio para la demanda en la harina de yuca es de -1.7.

Aunque este estimativo es relativamente mayor que el pensado en el caso de la harina de yuca, es posible una elasticidad moderadamente alta de la demanda para un producto consumido primordialmente por el sector pobre, puesto que bien se sabe que este sector responde más a los precios que el sector de altos ingresos. Además, las altas elasticidades-precio de la demanda cruzadas con productos de trigo y arroz confirman que los consumidores adaptan flexiblemente su consumo de estos tres productos en respuesta a los precios relativos. Finalmente, los coeficientes estimados satisfacen la condición de homogeneidad, dándoles por consiguiente, un mayor apoyo.

El Cuadro 9 presenta estimativos de los beneficios anuales de los consumidores de diferentes clases de ingresos. En este caso se simula el impacto de la nueva tecnología de producción de yuca que aumentó los rendimientos desde el promedio nacional actual de 8.9 al de 15 t/ha.

Se estima que los beneficios totales anuales por la nueva tecnología en el mercado de la harina de yuca brasilera son de 50 millones de dólares de E.U. Estos beneficios se concentran en gran medida en el sector pobre, con un 47% de los beneficios totales para el 25% de los consumidores más pobres. El mayor consumo debido a un menor costo de la harina de yuca también tendría un efecto nutricional importante. Entre el sector pobre rural del noreste brasilero, en donde se presenta el mayor consumo de harina de yuca, se estima que el consumo de nutrimentos aumentaría 75 calorías por día, satisfaciendo hasta un 20% de la deficiencia de calorías per cápita estimada, en promedio, para la región.

Cuadro 9. Impacto estimado de la nueva tecnología de producción de yuca en los consumidores de harina de yuca, en Brasil.^a

Cuartiles	Beneficios para los consumidores (\$000 de 1980)	Mayor consumo de calorías (cal/capita/día)
Cuartil de ingresos más altos	3,334	6.4
Cuartil 2	9,599	18.8
Cuartil 3	13,640	26.9
Cuartil de ingresos más bajos	23,542	45.1

a. Simulación de que la tecnología aumentó los rendimientos desde un promedio censal de 8.9 a 15 t/ha.

Estos resultados preliminares del estudio que se está realizando sobre consumo de alimentos en Brasil parecen indicar varias implicaciones claves de la tecnología mejorada de producción de yuca. Sobrevendrían beneficios significativos para los consumidores y éstos serían claramente disfrutados en forma no proporcional por el sector pobre, el cual también experimentaría una mejoría notable en su nutrición, especialmente en el noreste rural del Brasil.

Estudio del mercado de alimentos para animales

Un estudio de casos de la industria de alimentos para animales de Colombia ha indicado que la tecnología mejorada de producción de yuca puede permitir, de manera económica factible, que los productores de yuca tengan acceso al mercado colombiano de concentrados para animales el cual se encuentra en expansión rápida (Informe Anual 1980). Además, se demostró que dicho desarrollo conduciría a beneficios considerables para los consumidores, gracias a los precios reducidos de los alimentos; a una mejor balanza de pagos, debido a la sustitución de yuca producida internamente por granos importados; y a un mayor empleo para trabajadores y pequeños agricultores, que producirán para este mercado creciente.

Con base en este estudio han evolucionado dos líneas adicionales de investigación. En primer lugar, en colaboración con el Programa de Desarrollo Rural Integrado, se estableció en la costa norte de Colombia una planta piloto para el secamiento y la elaboración de trozos de yuca para su venta a la industria de los concentrados alimenticios. El análisis de los datos sobre el comportamiento de esta planta se está utilizando para evaluar, en forma más precisa, la rentabilidad de la promoción de la yuca como alimento para animales en Colombia.

Un segundo estudio ha evaluado el grado en el cual el caso de Colombia puede ser representativo de otras partes de América Latina. Esta investigación indica claramente que la industria de los concentrados para animales ha estado creciendo rápidamente en toda América Latina y que en otras regiones, como en Colombia, la mayor parte de los concentrados alimenticios se producen para la industria avícola (Cuadro 10). La producción avícola se ha elevado a tasas altas en toda América Latina y las elasticidades del ingreso para la demanda por productos de esta industria se encuentran, de modo consistente, entre las más altas de todos los alimentos, lo cual indica que es factible que una fuerte demanda contribuya a sostener un crecimiento rápido de la producción avícola.

Junto con la expansión de las industrias de los concentrados alimenticios y de la producción avícola, se ha presentado un surgimiento vigoroso en la producción de granos en muchos países de América Latina. Ha ocurrido un aumento especialmente vertiginoso en la producción de sorgo. El sorgo, que se utiliza casi exclusivamente como alimento para animales en América Latina, ha pasado de ser un cultivo insignificante a ser un cultivo rival del arroz y del trigo en términos de la producción total en la región.

Cuadro 10. Características de los mercados de alimentos para animales en países seleccionados.

País	Tasa de crecimiento de concentrados (%/año)	Ración en avicultura (% del total)	Tasa de crecimiento de la producción avícola (1970-79) (%/año)	Elasticidad ingreso de avicultura ^a	Tasa de crecimiento en producción de grano (%/año)	Importación de granos		Importaciones (% consumo grano para animales) (1977-79)	Precio interno a nivel finca (% precio FOB)
						1970-72 (000 t)	1977-79 (000 t)		
Brasil	13.0	75	10.5	0.7	3.7 ^b	-972 ^d	1250 ^e	3.8	103.2
Colombia	12.6	76	8.5	1.0	11.3 ^b	12 ^c	110 ^c	15.7	178.4
Ecuador	35.2	90	9.2	1.2	10.6 ^b	0	5 ^b	1.6	197.6
México	8.4	68	16.6	1.0	5.5 ^c	63 ^c	970 ^c	15.2	154.4
Peru	12.9	87	11.2	1.0	1.2 ^b	55 ^{bc}	211 ^{bc}	24.4	173.6
Venezuela	10.7	65	11.0	0.5	6.5 ^c	288 ^c	526 ^c	35.4	215.2

a. Estimativo de la FAO.

b. Maíz.

c. Sorgo.

d. Exportaciones.

e. Estimativo de 1980.

Sin embargo, a pesar del crecimiento tan fuerte en la producción de granos alimenticios para animales, la producción se ha rezagado con respecto a la demanda, lo cual ha conducido a importaciones de granos que son grandes y han aumentado también con el tiempo (Cuadro 10). Muchos países de América Latina han ofrecido altos incentivos de precios a los productores de granos con el fin de satisfacer la demanda (Cuadro 10). La política ha sido con frecuencia la de precios de sustentación a niveles muy por encima de los precios del mercado mundial, con el fin de estimular la producción y el empleo interno y conservar las divisas. Pese a esta situación--de un alto gravamen fiscal por mantener estos precios de sustentación--la producción interna no ha logrado mantener el ritmo de crecimiento de la demanda.

Por consiguiente, el contexto general de los mercados de alimentos para animales y de aves en muchos países de América Latina es, en términos generales, similar al que prevalece en Colombia. En particular, el alto precio interno de los granos alimenticios o un alto nivel de importaciones ofrecen la posibilidad de que la yuca entre al mercado de los alimentos para animales en muchos países, entre los cuales se destacan Perú, México, Ecuador y Venezuela, como también Colombia.

Como se discutió en la sección anterior de este informe, es factible que el mercado de la harina de yuca sea más importante en Brasil a corto plazo, aunque puede haber una oportunidad para que la yuca entre al mercado de los alimentos para animales una vez se sature la demanda de harina de yuca como alimento para la población humana. Claro está que se requieren estudios más detallados en cada país a fin de establecer, en forma más precisa, el potencial con que cuenta la yuca para entrar en el mercado de los alimentos para animales en el caso particular que se considere.

Como los estándares de calidad para la yuca procesada como harina o como trozos son menos rígidos que los exigidos por el mercado fresco--en lo que respecta a una serie de parámetros como el contenido de cianuro, la resistencia a la defoliación, el contenido de almidón, y las características culinarias--el descubrimiento de que el mayor crecimiento potencial de la yuca parece estar en los mercados de la yuca procesada indica que no es necesario restringir la selección varietal solamente a aquellos cultivares que serían adecuados para el mercado fresco. Suavizar algunos de estos criterios de calidad debe contribuir a una tasa más rápida de progreso en el desarrollo tecnológico, pero de ninguna manera se contempla el abandono de la investigación en yuca con alto potencial de rendimiento y buena calidad para el mercado fresco.

Utilización de la Yuca

Durante el período 1980/81, la sección de Utilización de Yuca hizo énfasis en tres áreas básicas de investigación: (1) el estudio de algunas factores que modifican la calidad de las raíces; (2) el efecto del procesamiento en la eliminación del cianuro de trozos de raíces enteras; y (3) la evaluación nutricional de harina de yuca en dietas de costo mínimo para pollos y cerdos. Además, un proyecto colaborativo entre el Programa de Desarrollo Rural Integrado, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), y el CIAT permitió obtener información preliminar sobre el procesamiento de yuca para el mercado de alimentos para animales en una región productora de yuca en la Costa Atlántica de Colombia.

Factores que Afectan la Calidad de las Raíces de Yuca

Los resultados obtenidos en el CIAT sobre evaluación de raíces de 10 variedades de yuca indicaron diferencias considerables entre ellas en lo que respecta a algunos parámetros de calidad tales como los contenidos de materia seca y de cianuro. Estas diferencias se reflejaron posteriormente en los trozos frescos de raíces enteras que se procesaron como alimento para animales.

Variedad y edad de la planta

La variedad y edad de las plantas, por lo general, se consideran como dos factores importantes que afectan tanto el rendimiento como la calidad de las raíces de yuca. En el CIAT se realizó un estudio para determinar los efectos de estos dos factores en la calidad de las raíces. Las raíces de dos variedades (CMC-40, un cultivar "dulce" bajo en cianuro, y CMC-84, un cultivar "amargo" alto en cianuro) se evaluaron mensualmente desde el noveno mes hasta el décimosegundo mes.

Contenidos de materia seca, almidón y azúcares en las raíces. El contenido de materia seca de las raíces se estimó mediante el método de la gravedad específica y también se determinó en muestras separadas de cáscara (cortezas de las raíces) y parénquima, mediante su secamiento en horno de vacío a 90°C durante cuatro horas. El Cuadro 1 presenta los resultados, los cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Las raíces (raíces enteras, cáscaras y parénquimas) de la variedad amarga CMC-84 presentaron mayor contenido de materia seca que las de la variedad dulce CMC-40.
2. No se observó una tendencia definida general en el cambio del contenido de materia seca con relación a la edad de las plantas. Se encontraron coeficientes de correlación lineal significativos entre los contenidos de materia seca de la cáscara y del parénquima de las raíces de CMC-84, pero no en los de CMC-40.

3. El parénquima presentó un mayor contenido de materia seca que la cáscara.
4. El máximo contenido de materia seca, estimado ya sea por gravedad específica o determinado por secamiento en el horno, se obtuvo a los nueve meses de edad en ambas variedades y tendió a disminuir ligeramente después de dicha edad. Los rendimientos máximos de raíces (2.0 y 3.8 kg para los cultivares CMC-40 y CMC-84, respectivamente) por planta se obtuvieron al décimosegundo mes.
5. El método de la gravedad específica subestimó en forma consistente y significativa el contenido de materia seca del tejido parenquimatoso de las raíces en comparación con la determinación mediante el secamiento al horno.
6. La proporción relativa en peso fresco, cáscara/parénquima, en las raíces comerciales, fue relativamente constante (16-17/84-83%) para ambas variedades durante el período comprendido entre los meses 9 y 12.
7. Las raíces de CMC-84 presentaron un sabor marcadamente amargo después de su cocimiento y no se consideraron adecuadas como alimento.

Cuadro 1. Efecto de la variedad y de la edad de las plantas de yuca en el contenido de materia seca de cáscaras, parénquima, y raíces completas (medias de 20 muestras).

Edad de plantas (meses)	Contenido de materia seca (%) ^a					
	Cáscaras		Parénquima		Raíces completas	
	CMC-40	CMC-84	CMC-40	CMC-84	CMC-40	CMC-84
9	24.7	30.6 ^b	41.7	45.1 ^b	34.8 ^b	40.0 ^b
10	23.0	31.5	38.2	46.0	33.5 ^b	39.8 ^d
11	21.8 ^c	26.9 ^d	36.5 ^c	38.9 ^d	32.3 ^c	37.0 ^d
12	23.3	30.4	35.7	41.9	32.3	38.7

a. Determinada en un horno al vacío a 90°C durante cuatro horas, excepto por las raíces completas, en las cuales se estimó mediante el método de la gravedad específica.

b. Medias de 19 muestras.

c. Medias de 18 muestras.

d. Medias de 15 muestras.

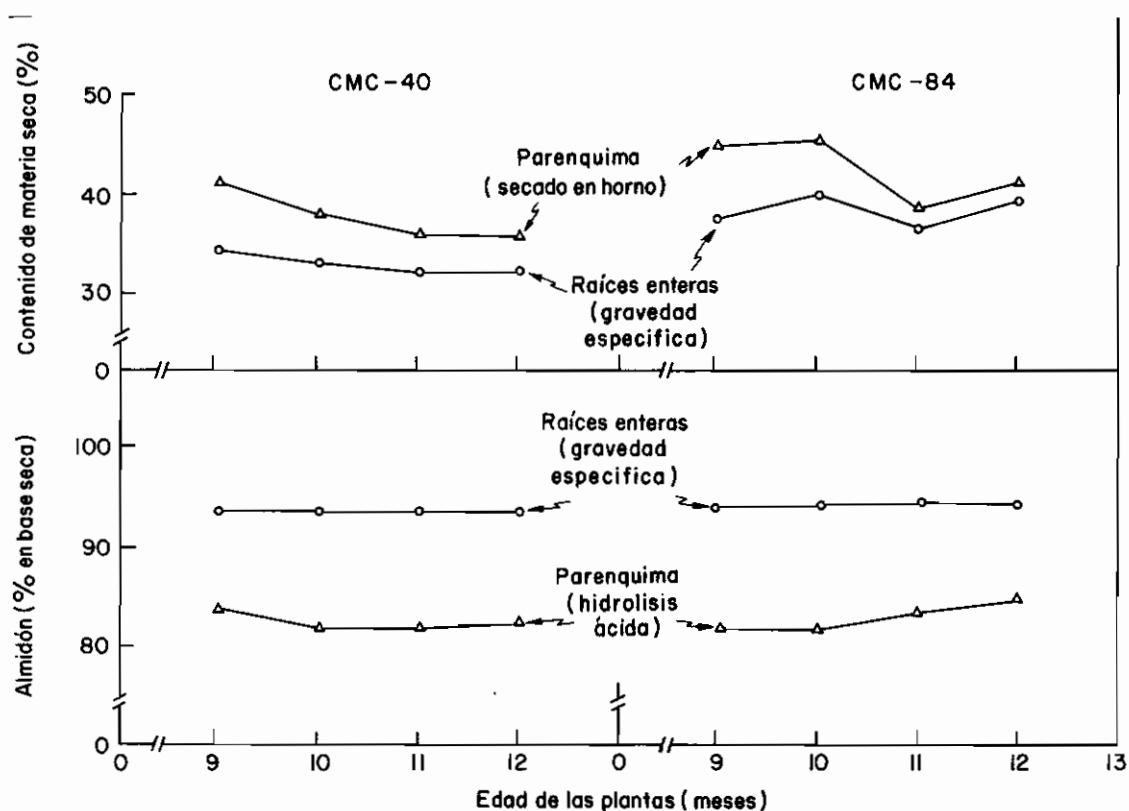


Figura 1. Efecto de la edad de las plantas en los contenidos de materia seca y de almidón, determinados mediante el método de la gravedad específica en raíces enteras, y por métodos químicos en muestras de parénquima.

El contenido de almidón de las raíces se estimó mediante el método de la gravedad específica y también se determinó mediante hidrólisis ácida en muestras de parénquima. En el método de la gravedad específica se utilizaron las raíces enteras, en tanto que el método químico se le aplicó a muestras secas liofilizadas de parénquima. La Figura 1 presenta gráficamente los contenidos, en promedio, de materia seca (Cuadro 1) y almidón de las raíces de las dos variedades en cada fecha de muestreo, y compara los valores obtenidos mediante los dos métodos. La edad de las plantas no afectó, prácticamente, el contenido de almidón de las raíces durante el período de evaluación. La comparación de los valores del contenido de almidón, expresados con base en materia seca y obtenidos mediante los dos métodos, indica que la gravedad específica sobreestimó el contenido real de almidón del parénquima o parte comestible de la raíz. Las diferencias entre los valores obtenidos por ambos métodos fueron significativas. Estos resultados indican que la estimación práctica de los contenidos de materia seca y de almidón mediante el método de la gravedad específica se debe reevaluar cuidadosamente, con el fin de obtener información confiable sobre estos dos parámetros de la calidad de las raíces para consumo fresco.

Los contenidos de azúcares totales y azúcares reductores (Figura 2) siguieron tendencias ligeramente diferentes durante el período comprendido entre los 9 y los 12 meses en las dos variedades. A los 12 meses de edad, el contenido total de azúcares fue un 5.5 y un 2.0% del contenido de materia seca del parénquima en las raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente. No se conoce la importancia de estos cambios de los contenidos de azúcares en la calidad real de las raíces para consumo fresco, pero pueden ser de importancia en la preparación de productos alimenticios a partir de raíces de yuca.

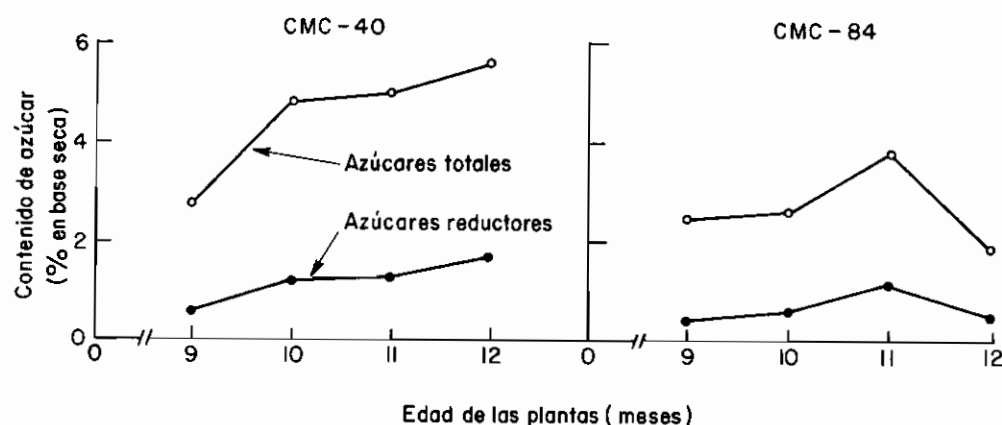


Figura 2. Efecto de la variedad y la edad de las plantas en el contenido de azúcares de las raíces de la yuca.

Contenidos de cianuro en hojas y raíces. La Figura 3 presenta los cambios en el contenido total de cianuro en las cáscaras y parénquimas de las raíces, como también en las hojas de plantas de las dos variedades estudiadas. Los análisis del contenido de cianuro se hicieron utilizando la metodología de la hidrólisis enzimática que permite la cuantificación del contenido de cianuro total y libre y, por consiguiente--por diferencia--el contenido de glucósido cianogénico o cianuro ligado.

La concentración más alta de cianuro se encontró en la cáscara, y la menor, en el parénquima. Las hojas presentaron concentraciones intermedias al compararlas con los tejidos radicales. Las raíces de la variedad CMC-40, considerada como baja en cianuro, presentaron niveles muy altos de cianuro en su cáscara, especialmente a los nueve meses de edad; el cianuro en la cáscara de las raíces de ambas variedades disminuyó con la edad de la planta y esta disminución fue más marcada en raíces de la variedad CMC-40. La concentración del cianuro en el parénquima fue el parámetro más estable y prácticamente, no fue afectado por la edad de la planta; el contenido de cianuro en el parénquima de raíces de la variedad CMC-84 fue, aproximadamente, tres veces mayor que el de raíces de la variedad CMC-40 (623 ± 25 vs. 234 ± 10 mg kg⁻¹, con base en materia seca). Los cambios en el contenido de cianuro de hojas de la variedad CMC-40 fueron más pronunciados que los de la variedad CMC-84.

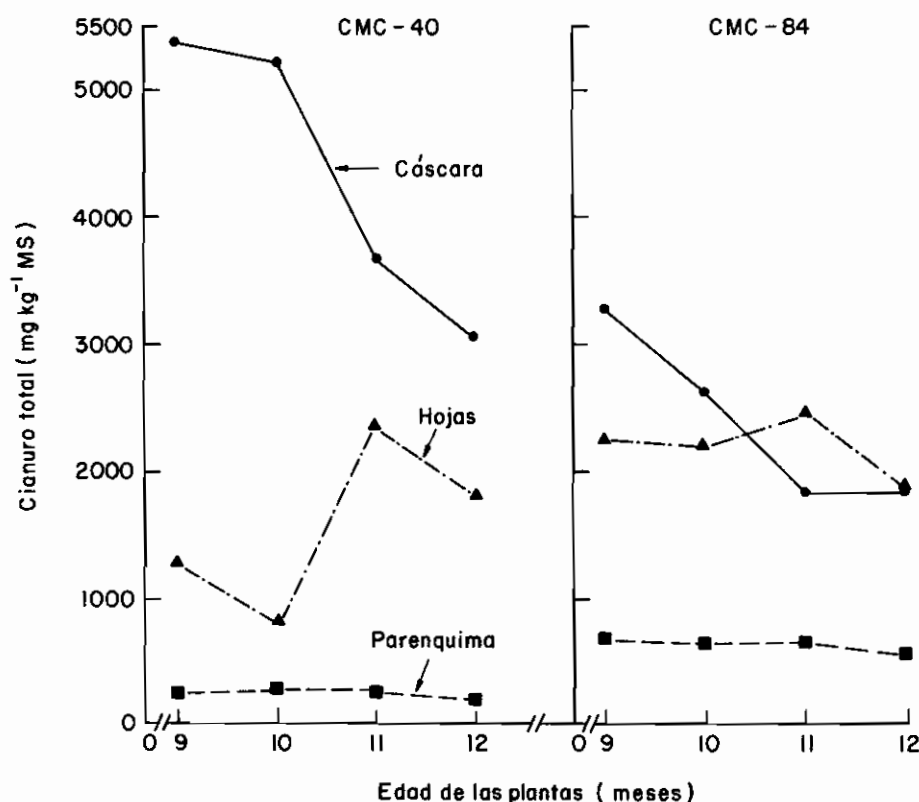


Figura 3. Efecto de la edad de la planta en el contenido de cianuro total en hojas y raíces (cáscara y parénquima de yuca).

Se computaron (Cuadro 2) los coeficientes de correlación lineal entre los niveles de cianuro de los tejidos analizados para cada variedad, y las fechas de muestreo. Se encontraron algunas correlaciones significativas, especialmente en la variedad CMC-84, entre los niveles de cianuro de hojas/cáscara y de cáscara/parénquima, pero prácticamente no se observó relación entre los niveles de cianuro de las hojas y el parénquima. Estos resultados explican la falta de éxito de los intentos hechos para obtener una correlación cercana entre los contenidos de cianuro de las hojas y de las raíces, con el fin de predecir el nivel de cianuro en estas últimas sin tener que cosechar las plantas.

Los resultados de los análisis también han confirmado que el 90% o más del cianuro total en los tejidos de yuca está presente en la forma de glucósidos cianogénicos o cianuro ligado, y solamente una pequeña porción (3-10%) se encuentra en la forma de cianuro libre. La edad de la planta afectó menos las proporciones de cianuro libre y ligado en los tejidos de la variedad CMC-84 que en las muestras de la variedad CMC-40; estas proporciones en el tejido parenquimatoso fueron también menos variables que aquéllas de la corteza de las raíces, y de las hojas (Figura 4).

Cuadro 2. Correlaciones lineales de los contenidos de cianuro total en hojas y raíces (cáscara y parénquima) de las variedades de yuca CMC-40 y CMC-84.

Variedad y edad de las plantas (meses)	No. de muestras	Coeficientes de correlación lineal (r)		
		Cáscara y parénquima	Cáscara y hojas	Hojas y parénquima
<u>CMC-40</u>				
9	20	0.45	0.11	0.13
10	20	0.35	0.18	0.00
11	18	0.60**	0.25	0.30
12	20	0.66**	0.15	0.35
<u>CMC-84</u>				
9	19	0.63**	0.40	0.06
10	20	0.56*	0.57**	0.57**
11	15	0.77**	0.58*	0.10
12	20	0.62**	0.66**	0.37

* P < 0.05.

** P < 0.01.

Efecto de la Variedad y de la Edad de las Plantas en la Calidad de los Trozos de las Raíces Frescas para la Alimentación Animal

Para la evaluación de la calidad de las raíces como alimento para animales, raíces cosechadas sin lavar de dos variedades (CMC-40 y CMC-84) se pasaron por una máquina tajadora de tipo tailandés, y los

trozos resultantes se muestrearon y analizaron inmediatamente por sus contenidos de cianuro y de materia seca. Las diferencias observadas en el contenido de materia seca del parénquima se reflejaron en los trozos frescos y siguieron aproximadamente los cambios debidos a las edades de las plantas (Cuadro 3). Debido a los altos niveles de cianuro encontrados en la cáscara, especialmente en las raíces de la variedad CMC-40, los contenidos de cianuro de los trozos frescos fueron considerablemente mayores que los encontrados en el parénquima; los niveles totales de cianuro en los trozos disminuyeron progresivamente conforme aumentaba la edad de las plantas como consecuencia de la tendencia similar observada en el contenido de cianuro, principalmente en las cáscaras. A los 12 meses de edad, los niveles totales de cianuro de los trozos fueron un $\frac{6}{1}$ y un 66% de los encontrados a los nueve meses (355/584 y 646/980 mg kg⁻¹ de materia seca) para las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente (Cuadro 3).

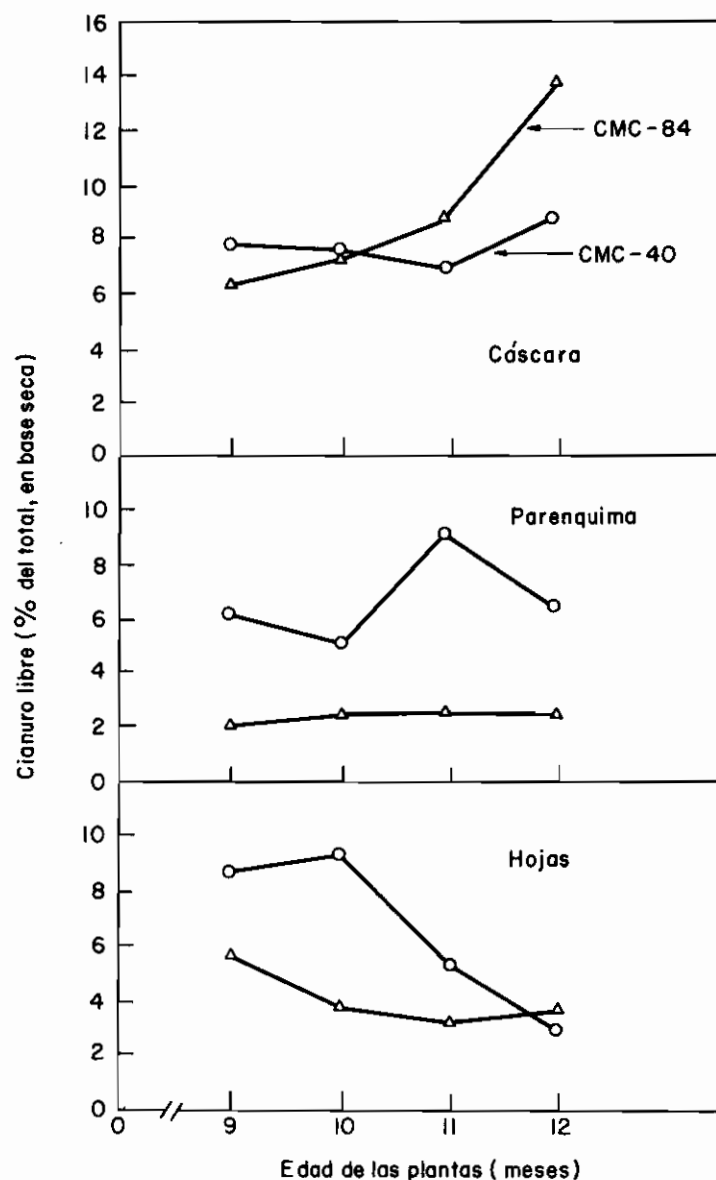


Figura 4. Efecto de la edad de las plantas de dos variedades de yuca en el contenido de cianuro libre (% del total) en tejidos de yuca.

El efecto más drástico del proceso de elaboración de los trozos fue la hidrólisis muy rápida del glucósido cianogénico que ocurrió tan pronto se destruyó la estructura de las raíces enteras. En promedio, los trozos frescos de la variedad CMC-40 presentaron proporciones más altas de cinauro libre que las de la variedad CMC-84 (33 vs. 21% del total) y estas proporciones fueron por lo menos tres o cuatro veces las encontradas en las muestras separadas de la cáscara y del parénquima de las raíces (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de materia seca y de cianuro en trozos frescos de raíces enteras, según la edad de las plantas, de las variedades de yuca CMC-40 y CMC-84 (medias de 18 muestras).

Edad de planta (meses)	CMC-40			CMC-84		
	MS (%)	CN total (mg kg ⁻¹ MS)	CN libre (% del total)	MS (%)	CN total (mg kg ⁻¹ MS)	CN libre (% del total)
9	41.3 ^a	584 ^a	32 ^a	43.8 ^b	980 ^b	18 ^b
10	41.8	459	24	41.8	750	23
11	33.7	379	35	32.2	723	24
12	34.7	355	42	39.3	646	20
Promedio			33			21

a. Medias de 14 muestras.

b. Medias de 17 muestras.

Procesamiento de las Raíces de Yuca

Algunas de las variedades promisorias de yuca producen raíces que contienen niveles relativamente altos de cianuro (Cuadro 4) en comparación con las variedades tradicionales locales de Colombia, las cuales, comúnmente, producen raíces con contenidos de cianuro bajos y excelente calidad culinaria. El procesamiento de las raíces de yuca para el mercado de alimentos para los animales requiere picar las raíces enteras y que se sequen los trozos, para obtener un producto final (harina de yuca) con un contenido de humedad del 10 al 14%. Debido a estas consideraciones y a la escasa información disponible sobre el efecto del secamiento en la eliminación del cianuro—especialmente de las variedades que contienen altos niveles—se ha obtenido información experimental en este campo.

Secamiento al sol de trozos de raíces enteras en pisos y en bandejas inclinadas

En este experimento de secamiento se utilizaron raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84 procedentes del estudio sobre el efecto de la variedad y de la edad de la planta en la calidad de las raíces. En cada fecha de muestreo, se secaron al sol trozos frescos ya sea en pisos de concreto o en bandejas de malla inclinadas. El piso de concreto utilizado fue o el corriente u otro pintado de negro, pero los resultados en ambos casos fueron similares y, por consiguiente, los datos se tomaron en conjunto. Las cantidades de trozos frescos por unidad de superficie fueron 8.5 y 10 kg m⁻² para el piso de concreto y las bandejas inclinadas, respectivamente. El tiempo de secamiento y los parámetros meteorológicos se registraron continuamente en el área de procesamiento, y las muestras de trozos frescos y secos se analizaron por sus contenidos de materia seca y de cianuro, además de someterlas a un análisis proximal.

Cuadro 4. Contenidos de materia seca y cianuro (total y libre) en trozos frescos de raíces enteras de 10 variedades de yuca.^a

Variedad	Materia seca (%)	Cianuro	
		Total (mg kg ⁻¹ MS)	Total libre (%)
M Col 1684	30.2 c	884 a	47.5 a
CM-323-375	37.3 a	573 b	35.2 b
CM-326-407	37.4 a	403 c	28.7 d
CM-342-55	31.7 c	381 c	35.6 c
CM-321-188	36.1 ab	306 d	39.5 d
M Ven 218	35.8 ab	281 d	26.4 c
M Col 22	36.8 a	267 d	26.6 e
CM-305-38	34.1 b	227 e	34.0 e
<u>Variedades locales</u>			
Llanera	31.4 c	173 f	23.5 f
Valluna	23.9 d	137 f	28.3 f
C.V.	6.89	11.58	9.14

a. Cada valor es la media de 10 muestras ($\pm$ error estándar). Las medias en cada columna con una misma letra exponencial no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05$).

El período en el cual se evaluó el efecto de la edad de las plantas de las variedades CMC-40 y CMC-84 correspondió a los primeros meses de 1981. En el Cuadro 5 se presentaron los resultados de los parámetros meteorológicos y del tiempo requeridos para que los trozos se secaran en el piso de concreto y en las bandejas durante dicho período. Los factores climáticos más importantes que afectaron la duración del período de secamiento fueron, aparentemente, la humedad relativa y la intensidad de la radiación solar. La temperatura, en promedio, permaneció relativamente constante a 23-20°C; a esta temperatura ambiental, con una baja humedad relativa y una alta radiación solar, los trozos de yuca se secaron prácticamente en dos días en el piso de concreto, y casi en un día en las bandejas. El aumento en la humedad relativa y la disminución en la radiación solar aumentaron el período de secamiento de los trozos en el piso de concreto hasta tres o más días, y la diferencia, en el tiempo de secamiento, entre el piso de concreto y las bandejas se redujo a un mínimo.

En estas condiciones climáticas, el proceso de secamiento de los trozos de yuca en piso de concreto condujo a una reducción considerable en su contenido de cianuro (Figura 5). Excepto por los trozos obtenidos de las plantas de nueve meses de edad de la variedad CMC-84, las cuales presentaron el nivel de cianuro total¹ más alto, todos los otros trozos secos presentaron menos de 100 mg kg⁻¹ (o ppm) de cianuro total (nivel

estándar establecido en el mercado europeo para la yuca importada); además, prácticamente un 50-70% del nivel de cianuro en los trozos secos se encontró en la forma de cianuro libre. La cantidad de cianuro residual [(CN total en los trozos secos - CN total en los trozos frescos) x 100] que quedaba en la harina de yuca fue 10-11% del nivel inicial de cianuro de los trozos frescos.

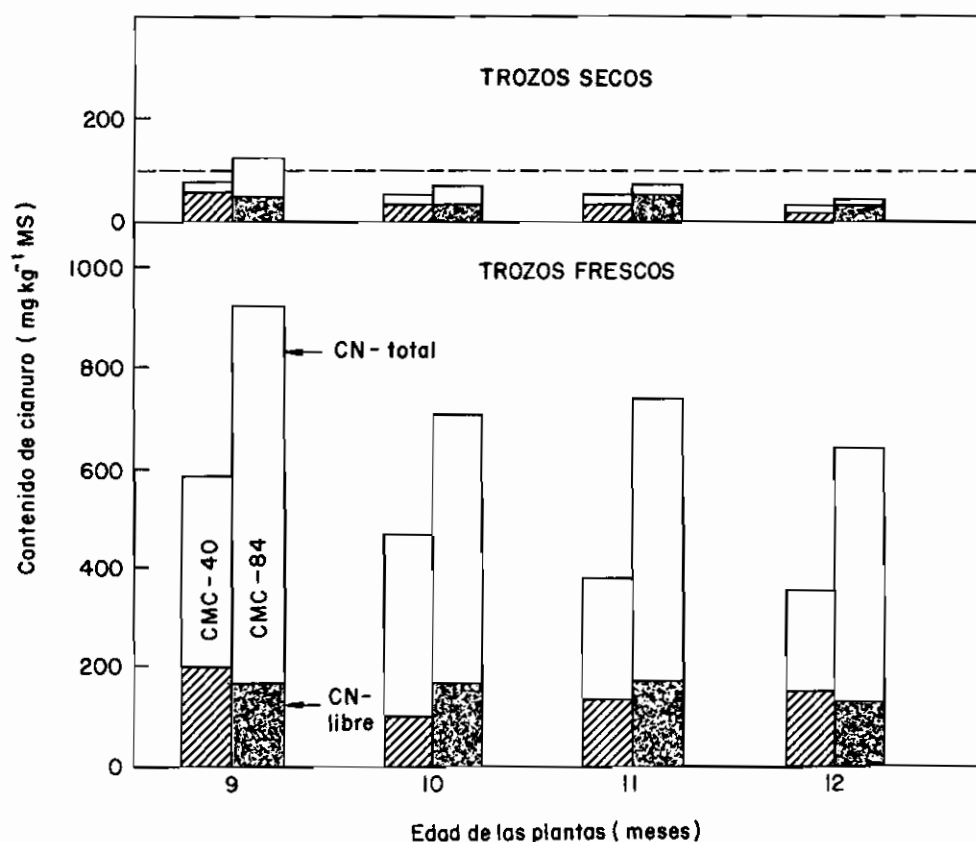


Figura 5. Efecto del secamiento al sol en pisos de concreto en la reducción del contenido de cianuro en trozos de raíces enteras de yuca.

El secamiento de los trozos en bandejas inclinadas resultó en un contenido de cianuro residual más alto (Figura 6) en comparación con los resultados obtenidos en el piso de concreto; esto se observó especialmente en los trozos de raíces de plantas de nueve meses de edad. La diferencia distintiva para esta serie particular de muestras en comparación con todas las demás (Cuadro 5) fue el período de tiempo muy corto (28 horas) requerido para secarlas debido a las condiciones climáticas favorables en este momento, incluyendo una alta velocidad del viento. Se ha sugerido que el secamiento al sol, y especialmente el secamiento en el piso, conduciría a mayores pérdidas de cianuro debido a los tiempos de secamiento más prolongados y con contenidos de humedad y

temperaturas en las cuales la linamarasa endógena se encuentra activa. En el caso de los trozos tomados de plantas de nueve meses de edad y secados en bandejas, el secamiento aparentemente fue muy rápido para permitir que se eliminara más cianuro. En general, el secamiento en bandejas fue menos eficiente para eliminar el cianuro, y la proporción de cianuro libre en los trozos secos fue considerablemente menor que en los trozos provenientes del secamiento en pisos.

Ambos métodos de secamiento parecieron ser relativamente eficientes para reducir el cianuro a niveles lo suficientemente bajos como para ser inocuos en la alimentación animal. En el Cuadro 6 se presenta la calidad global de los trozos secos, según los contenidos de algunos parámetros químicos; los contenidos de humedad, fibra cruda, y cenizas fueron suficientemente bajos como para suministrar, con los trozos secos, un alimento para animales de buena calidad, con carbohidratos--principalmente almidón--altamente digestibles.

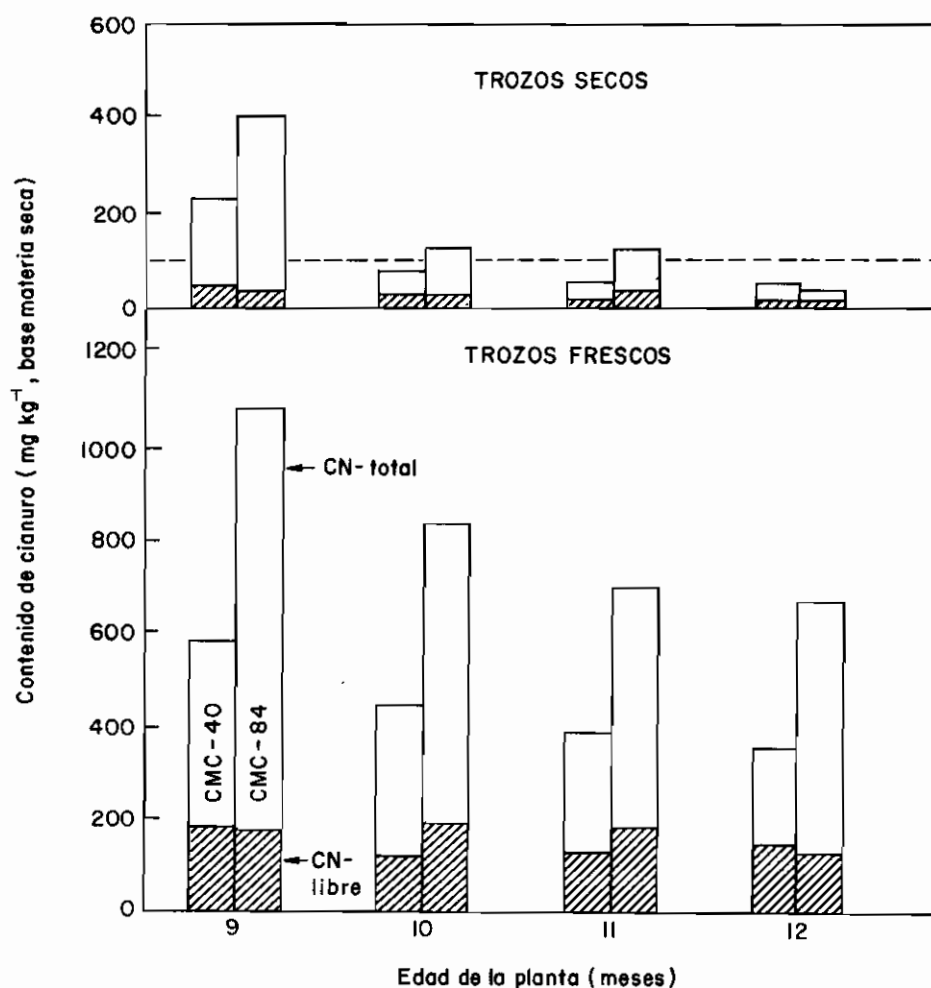


Figura 6. Efecto del secamiento al sol utilizando bandejas inclinadas en la reducción del contenido de cianuro en trozos de raíces enteras de yuca.

Cuadro 5. Tiempo de secamiento y condiciones meteorológicas registradas durante el período experimental, 1981.

Mes	Tiempo de secamiento (h)		Temperatura, promedio (°C)	Radiación solar, promedio (cal.g/cm ² /h)	Humedad relativa, promedio (%)
	Piso	Bandejas			
Enero	48- 50 ^a	28	24.1	89	49
Febrero	74- 77	56- 74	23.4	67-77 ^a	66
Marzo	56	54- 55	24.3	91-95	57
Abril	57-102	55-102	24.1	23-94	76

a. Representa los resultados y la información registrada para los períodos experimentales de secamiento de las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente.

Cuadro 6. Composición química, en promedio, de trozos secos de raíces enteras de dos variedades de yuca.^a

Variedad	Materia seca (%)		Con base en materia seca (%)			
	Trozos frescos	Trozos secos	Proteína cruda	Extracto etéreo	Fibra cruda	Cenizas
CMC-40	37.88	91.10	2.32	0.98	3.57	2.59
CMC-84	39.27	91.20	3.42	1.42	3.70	2.28

a. Cada valor es la media de un total de 40 muestras (10 muestras/mes tomadas durante el período comprendido entre los 9 y 12 meses de edad de las plantas).

Efecto de las cargas de trozos por secar en las pérdidas de cianuro

En este experimento se utilizaron raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84 provenientes de plantas de 15 meses de edad. Se estudiaron tres cargas para secar en bandejas (10, 15 y 20 mg m⁻²) y dos para secar en un piso de concreto (10 y 12 kg m⁻²). En estas cantidades, el secamiento en pisos fue mucho más eficiente en reducir el cianuro que el secamiento en bandejas (Figura 7). El aumento de la carga de trozos en las bandejas, hasta 20 kg m⁻², resultó en mayores pérdidas de cianuro que las obtenidas con cargas más bajas, especialmente con la variedad CMC-84, alta en cianuro. La proporción de cianuro libre en los trozos secos aumentó progresivamente a medida que aumentaron las cargas en las

bandejas. Incluso con cargas relativamente altas, el secamiento en piso y en bandejas de los trozos de la variedad CMC-40--baja en cianuro--produjo niveles de cianuro por debajo de 100 mg kg^{-1} con base en materia seca; sin embargo, no se logró alcanzar este bajo nivel de cianuro en trozos de la variedad alta en cianuro.

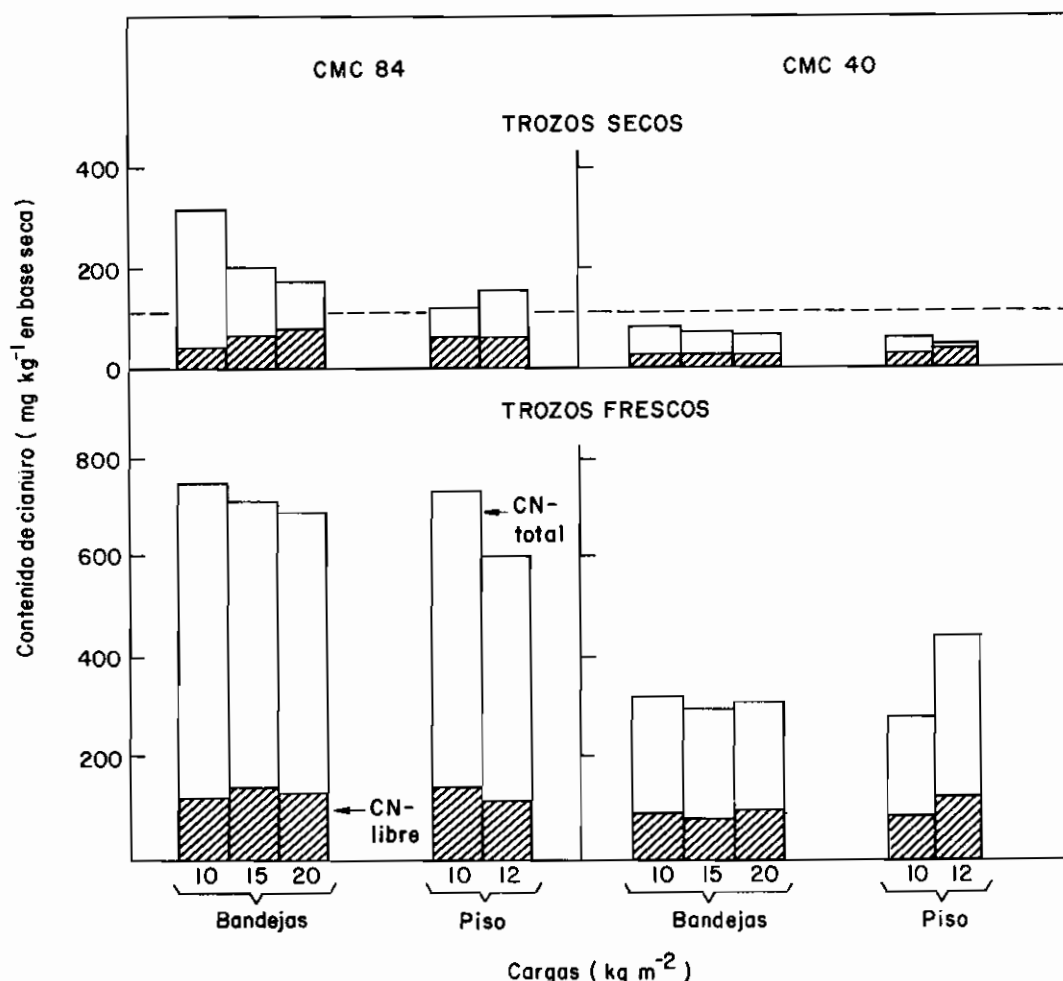


Figura 7. Efecto de la carga en la reducción del contenido de cianuro de trozos secados en bandejas o en piso de concreto.

Efecto del secamiento al sol en bandejas y del secamiento al horno en la eliminación del cianuro

En este estudio se utilizaron las 10 variedades de yuca presentadas en el Cuadro 4. La edad de los cultivares fue de 14 meses y se cosechó un número suficiente de plantas de cada cultivar para obtener un peso total de raíces de 100-120 kg. Las raíces enteras, sin lavar, se cortaron con una picadora tipo Malasia y los trozos resultantes se distribuyeron en cinco bandejas con marco de madera para su secamiento al sol y en cinco bandejas de metal para su secamiento en un horno.

En cada bandeja de madera se colocaron 15 kg de trozos frescos, obteniéndose una carga de aproximadamente 10 kg m^{-2} , y el período de secamiento al sol duró 48 horas. En cada bandeja de metal se colocaron 5 kg de trozos frescos, obteniéndose una carga de 10 kg m^{-2} , para su secamiento en un horno de aire forzado a 60°C durante un período de 24 horas. Los contenidos de cianuro total de los trozos frescos se presentan en el Cuadro 7. La variedad M Col 1684 presentó el nivel más alto de cianuro total en los trozos frescos (aproximadamente 900 mg kg^{-1} , con base en materia seca) en tanto que las variedades Llanera y Valluna presentaron los valores más bajos de cianuro dentro de un rango de $100\text{--}200 \text{ mg kg}^{-1}$.

En todas las variedades, el secamiento en horno a 60°C produjo trozos secos con un contenido final de cianuro menor ($P \leq 0.05$) que el de trozos equivalentes secados al sol (Cuadro 7). Los trozos de la variedad M Col 1684 secados en horno fueron los únicos que presentaron un contenido de cianuro de más de 100 mg kg^{-1} , con base en materia seca. Excepto por diferencias ligeras en cuatro variedades (M Ven 218, M Col 22, Llanera y Valluna), los trozos secos de las demás variedades presentaron proporciones similares de cianuro libre después de ambos procesos de secamiento. Aproximadamente un 60 a 80% del cianuro total en los trozos secos se encontró en la forma de cianuro libre. Los valores de cianuro residual en los trozos secados en horno oscilaron en un rango de 13 al 21%, en comparación con 20 a 30% para los trozos secados al sol de las mismas variedades.

Cuadro 7. Efecto del secamiento al sol y en horno, en bandejas, en el contenido de cianuro de los trozos secos.^a

Variedad	Cianuro total (mg kg^{-1} , base MS)		Cianuro libre	
	Secados al sol	Secados en horno	Secados al sol	Secados en horno
M Col 1684	182 a	122 a	77 ab	72 abc
CM-323-375	123 bc	91 b	70 bc	79 ab
CM-326-407	107 d	61 d	52 e	55 e
CM-342-55	81 e	51 de	65 cd	70 c
CM-321-188	113 cd	59 d	73 bc	74 abc
M Ven 218	88 e	45 ef	83 a	72 bc
M Col 22	126 b	78 c	69 c	80 a
CM-305-38	60 f	30 g	65 cd	66 cd
<u>Variedades locales</u>				
Llanera	49 g	36 fg	65 cd	61 de
Valluna	30 h	16 h	60 d	72 bc
C.V.	7.83	14.39	8.78	8.46

a. Cada valor es la media de cinco muestras. Las medias de cada columna seguidas por una misma letra no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05$).

Ensilaje de raíces y eliminación del cianuro

En algunas áreas tropicales, la humedad relativa y la precipitación son tan altas que no es posible hacer un secamiento al sol de los trozos de raíces enteras. El proceso de ensilaje es una manera de preservar raíces de yuca después de la cosecha, hasta por medio año o más, raíces que todavía serán fácilmente consumidas por los animales. Las raíces se pueden cosechar todas al mismo tiempo, se pueden picar, empacar en un silo hermético, y almacenar por períodos de 6 a 9 meses. El Cuadro 8 muestra los datos sobre el contenido de cianuro de biomasa ensilada de dos silos que contenían trozos de raíces de plantas de la variedad CMC-40, de 12 meses de edad; en una semana, el contenido total de cianuro se redujo a 70-85% de su valor inicial y prácticamente todo este cianuro (90-100%) ya se hallaba presente en la forma de cianuro libre. Después de seis meses, el cianuro total--todo en la forma libre--se redujo a un 25-36% de la concentración inicial contenida en trozos frescos.

Cuadro 8. Efecto del ensilaje de trozos de raíces enteras de la variedad CMC-40, en su contenido de cianuro.

Tiempo (semanas)	Silo no. 1			Silo no. 2		
	Cianuro		Diferencia con inicial (%)	Cianuro		Diferencia con inicial (%)
	base materia Total (mg kg ⁻¹)	seca Libre/total (%)		base materia Total (mg kg ⁻¹)	seca Libre/total (%)	
0	503	40	100	556	43	100
1	433	92	86	387	100	70
2	396	96	79	391	96	70
4	341	93	68	350	95	63
8	319	91	63	275	100	49
14	167	100	33	253	100	46
26	180	96	36	141	96	25

a. Cada valor es la media de muestras triplicadas tomadas de los silos que contenían, aproximadamente, 5 toneladas de trozos frescos.

Los ensayos de alimentación realizados en el CIAT con cerdos en crecimiento indican que el ensilaje de yuca permite un comportamiento de los cerdos igual o mejor que el obtenido con las dietas usadas como testigo. El proceso de ensilaje podría ser una forma promisorio de almacenar raíces de yuca cortadas en trozos en las áreas húmedas tropicales, en donde el secamiento de la yuca al sol no siempre es posible.

Evaluación Nutricional con Cerdos y Pollos

Durante los últimos años se obtuvo en el CIAT amplia información experimental sobre la utilización de la yuca en la alimentación de

cerdos, como parte de las actividades de la anterior Unidad de Producción Porcina. En los últimos dos años, se ha hecho énfasis en la evaluación de la incorporación de harina de yuca en dietas para cerdos mediante el empleo de una formulación de costo mínimo y una evaluación de la apetecibilidad de las dietas que contienen diversos niveles de harina de yuca para lechones. El trabajo experimental con pollos, principalmente pollos asaderos, ha recibido atención especial debido al hecho de que el sector avícola consume la mayor proporción de alimentos balanceados en América Latina y, por consiguiente, es el mercado más atractivo para la yuca como alimento para animales.

Preferencia de los lechones por las dietas que contienen harina de yuca

A los precios actuales de los concentrados de Colombia--y probablemente, de otros países de América Latina--el programa de formulación de costo mínimo indica que la harina de yuca se podría incluir en dietas para cerdos a niveles entre el 20 y 40%, dependiendo de su calidad y de su valor nutritivo relativo (aproximadamente un 85% o menos del precio del sorgo o del maíz) en comparación con los precios de los granos.

Una de las partes más importantes de un programa global de alimentación porcina es la alimentación de los lechones ya que afecta el comportamiento del destete, el cual determinará, en gran parte, los resultados económicos de la producción porcina. La alimentación de lechones normalmente requiere la utilización de dietas balanceadas para obtener un comportamiento óptimo.

Se realizaron dos experimentos para estudiar la preferencia que mostraban los lechones por dietas más o menos apetecibles que contenían varios niveles de harina de yuca. Se utilizaron niveles de a) 0, 14 y 28%, y de b) 0, 20 y 40% de harina de yuca en el primer y segundo experimentos, respectivamente. La harina se obtuvo mediante el secamiento al sol de trozos de raíces enteras de la variedad de yuca CMC-40, que contenían 56 mg kg^{-1} de cianuro total, el 50% del cual se encontraba en forma de cianuro libre.

En cada experimento, las tres dietas quedaban disponibles para los lechones en comederos automáticos separados, durante el período comprendido desde los 14 hasta los 56 días de edad de los lechones; el destete se realizó a los 42 días. En ambos estudios, tanto los lechones lactantes como los destetos mostraron preferencias consistentes por las dietas que contenían los niveles más altos de harina de yuca (28 y 40% para el primer y segundo experimentos, respectivamente) a juzgar por su consumo de estas dietas en comparación con las otras (Cuadro 9). Ligeramente más de la mitad (53%) del alimento total consumido por los lechones estuvo constituido por la dieta que contenía un 40% de harina de yuca, en el segundo experimento. El comportamiento de las camadas, en términos del número de lechones y de su peso corporal, fue normal.

Cuadro 9. Comparación del consumo de alimento en cerdos lactantes y destetos alimentados con dietas que contenían harina de yuca^a.

Nivel de harina (%)	Consumo (kg de dieta/camada)		Total
	14-42 días	42-56 días	
<u>Experimento 1</u>			
0	7.9	26.1	34.0
14	5.0	18.9	23.9
28	12.8	29.6	42.4
Totales	25.7	74.6	100.3
<u>Experimento 2</u>			
0	1.8	14.7	16.5
20	3.0	26.2	29.2
40	12.4	39.1	51.5
Totales	17.2	80.0	97.2

a. Los valores corresponden a la media de 15 (2a. y 3a. pariciones) y 10 (1a. parición) camadas para los experimentos 1 y 2, respectivamente

Los resultados experimentales obtenidos indican que las dietas balanceadas que contienen niveles de harina de yuca hasta de 40% son preferidas por los lechones, lo cual conduce a un mayor consumo de alimento y resulta en un mejor comportamiento de las camadas.

Evaluación de harina de yuca de variedades bajas y altas en cianuro en dietas para pollos asaderos

Una revisión de la literatura sobre la utilización de la harina de yuca en la alimentación avícola ha demostrado que la información experimental hasta ahora registrada es muy inconsistente. Algunos resultados mediocres obtenidos con harina de yuca se han atribuido principalmente, a los posibles efectos tóxicos del cianuro presente en ella; sin embargo, prácticamente en todos los casos registrados no se intentó determinar realmente la veracidad de este argumento. Los resultados experimentales obtenidos en el CIAT sobre procesamiento indican que incluso las raíces de variedades altas en cianuro pueden ser detoxificadas adecuadamente--o se puede reducir su contenido considerablemente hasta niveles inocuos--mediante un secamiento adecuado de los trozos de las raíces de yuca.

En colaboración con la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional, Palmira, se realizaron dos experimentos con pollos para estudiar el efecto de dos niveles de harina de yuca (10 y 20%) en el comportamiento de pollos. El secamiento al sol en pisos de concreto de trozos de raíces de una variedad alta en cianuro (M Col 1684) y de aumento en la concentración energética de las dietas que contenían un

dos variedades bajas en cianuro (M Col 113 o Valluna, y Llanera) produjo harinas de yuca con los siguientes contenidos, en promedio, de cianuro total, expresados con base en materia seca: 115 (9% libre), 31 (71% libre), y 20 (33% libre) mg kg⁻¹ para las variedades M Col 1684, M Col 113, y Llanera, respectivamente.

Como testigo se utilizó una dieta comercial, y las dietas experimentales con niveles fijos de harina de yuca (10 y 20%) se formularon mediante programación lineal de costo mínimo. Los resultados del primer experimento se presentan en el Cuadro 10 y demuestran la superioridad de la dieta comercial; sin embargo, las dietas que contenían un 20% de harina de yuca produjeron mejores resultados que las que contenían un 10% en ambos tipos de harina utilizados, lo cual indica que no hubo un efecto tóxico aparente a esos niveles. Los resultados de los grupos alimentados con la harina de yuca de la variedad M Col 1684 fueron similares, aunque ligeramente inferiores, a los de los grupos alimentados con harina de yuca de la variedad M Col 113. Es evidente que el menor consumo de alimento por los animales alimentados con las dietas a base de harina de yuca fue, al menos parcialmente, el factor responsable del comportamiento inferior de estos grupos. Las observaciones durante el período experimental indicaron que los pollos alimentados con las dietas que contenían harina de yuca gastaron más tiempo consumiéndolas que aquéllos alimentados con la dieta testigo.

Cuadro 10. Efecto de la harina de yuca obtenida de variedades con bajo y alto contenido de cianuro en dietas para pollos asaderos^a.

Nivel de harina de yuca (%)	M Col 113			M Col 1684		
	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia
0 ^b	1977	4346	2.2	-	-	-
10	1714	3982	2.4	1655	4018	2.5
20	1804	4264	2.4	1796	4213	2.4

a. Cada valor es la media de 140 pollos por grupo durante un período de ocho semanas.

b. 0 = dieta comercial sin harina de yuca.

Se realizó un segundo experimento utilizando los mismos dos niveles de harina de yuca y sustituyendo la harina de la variedad M Col 113 por la de Llanera. En este experimento se estudiaron dos tratamientos adicionales, suplementando la dieta que contenía un 20% de harina de yuca con una cantidad suficiente de aceite vegetal para aumentar el contenido energético de estas dietas en aproximadamente, un 5% más de energía metabolizable. Los resultados, en general, fueron mejores que

los del primer experimento (Cuadro 11) y, a un 20% de harina de yuca, el comportamiento obtenido fue similar al de la dieta comercial y mejor que el del grupo alimentado con la dieta que contenía un 10% de harina de yuca. La adición del aceite resultó en un peso corporal similar al del grupo alimentado con la dieta comercial y en una mejor conversión alimenticia.

Estos resultados iniciales indican que la harina de yuca producida en forma adecuada, de variedades que contienen niveles altos en cianuro, se puede utilizar en la alimentación de pollos sin que ocasione problemas nutricionales, por lo menos hasta en un 20% de la dieta. El 20% de harina integral de yuca resultó en un comportamiento de los pollos incluso mejor que los alimentados con el alimento balanceado comercial.

Cuadro 11. Efecto de la adición de aceite vegetal a las dietas con base en harina de yuca para pollos asaderos.^a

Nivel de harina de yuca (%)	Llanera			M Col 1684		
	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia
0 ^b	2160	4633	2.2	-	-	-
10	1998	4370	2.2	2076	4503	2.2
20	2142	4548	2.2	2082	4548	2.2
20 + A.V. ^c	2195	4523	2.1	2179	4480	2.1

a. Cada valor es la media de 105 pollos por grupo durante un período de ocho semanas.

b. 0 = dieta comercial sin harina de yuca.

c. Aceite vegetal para incrementar en 5% el nivel de energía metabolizable de las dietas.

Proyecto Piloto para el Secamiento de la Yuca en la Costa Atlántica de Colombia

Durante 1981, un proyecto colaborativo entre el Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI), la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), y el CIAT, permitió el establecimiento y el funcionamiento inicial de una pequeña Planta Piloto para el secamiento de trozos de raíces de yuca en Betulia (Departamento de Sucre).

Para obtener las observaciones preliminares sobre el secamiento de yuca a nivel de finca, se construyó un área de 300 m² de piso de concreto y se utilizó una máquina picadora tipo tailandés, con un costo total aproximado de Col\$200,000. La planta piloto operó con la

participación activa de la asociación de agricultores de dicha localidad rural (APROBE, Asociación de Productores de Betulia) no sólo como abastecedores de las raíces de yuca sino como participantes en la mano de obra requerida para el procesamiento.

Durante el período febrero-abril, se hicieron las siguientes observaciones:

1. La máquina picadora requirió $1\frac{1}{2}$ a 2 horas para procesar 3 toneladas de raíces frescas de yuca.
2. La carga óptima de trozos frescos por unidad de superficie de piso de concreto fue de $8-10 \text{ kg m}^{-2}$; una mayor carga (12 kg m^{-2}) dificultó el volteado de los trozos durante las primeras horas del secamiento.
3. Utilizando estas cargas, y con una radiación solar efectiva de 10 horas por día (8 am a 6 pm), prácticamente se requirieron 2 a $2\frac{1}{2}$ días para secar los trozos hasta un contenido de humedad del 14% o menos.
4. Se requirió un mínimo de tres trabajadores para la operación de corte, uno o dos para voltear los trozos y dos a tres para recoger y empacar los trozos secos. Para esta operación en pequeña escala se requieren, por lo menos, dos trabajadores de tiempo completo.
5. Se obtuvo un rendimiento en peso del 35 al 37%; es decir, de 1 tonelada de raíces frescas de yuca se obtuvieron 350 a 370 kg de trozos secos.

Cooperación Internacional

Capacitación Científica en el CIAT

En 1981, 38 profesionales de 16 países asistieron a cursos de capacitación científica en el CIAT que fueron manejados en colaboración con la Oficina de Capacitación Científica. Los participantes procedían de los siguientes países. Brasil, 10; México, 5; Colombia, 4; Cuba, 4; Estados Unidos, 3; Ecuador, 2; Perú, 2; y 1 de cada uno de los siguientes países: República Dominicana, Honduras, Venezuela, Paraguay, Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Malaysia. De estos participantes, 20 asistieron al Curso Intensivo de Producción de Yuca y 12 al Curso Especial de Cultivo de Tejidos en Yuca; de los restantes, 2 recibieron capacitación especializada, a largo plazo, en técnicas de cultivo de tejidos de yuca, 1 en fisiología de yuca, 3 en investigación avanzada para tesis de Ph.D. y 1 para tesis de maestría. Después de la fase intensiva del Curso de Producción de cinco semanas, 7 de los 20 participantes permanecieron en el CIAT para recibir capacitación adicional en Agronomía, Suelos, y Entomología durante otras 13 semanas, tiempo en que cada participante adelantó un proyecto especial de investigación a corto plazo. Con base en esta experiencia se decidió hacer énfasis en dicha especialización en los futuros cursos de capacitación científica, no solamente debido a su demanda y al interés mostrado, sino también debido a la oportunidad para que los participantes adquieran mayor experiencia en aspectos específicos en la investigación de yuca.

A fin de acelerar el flujo de germoplasma de líneas de yuca seleccionadas, se dictó un curso de tres semanas sobre microtécnicas para el intercambio de germoplasma a técnicos y biólogos que trabajan con yuca en sus respectivos países. Esto es de particular importancia, debido a que estos profesionales trabajan continuamente en actividades rutinarias de cultivo de tejidos.

En el Cuadro 1 se presenta una lista de participantes en los cursos de yuca, procedentes de los diferentes países.

Semilla Distribuida

En el Cuadro 2 se presenta, en detalle, un resumen de la semilla de yuca distribuida a distintos países.

Actividades en América Latina

Los científicos del Programa visitaron este año nueve países de América para hacerle un seguimiento al desarrollo de sus programas nacionales. Los países visitados fueron Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú, Ecuador, Cuba, México, Haití y República Dominicana. Pese a que la mayoría de estos países han mostrado un progreso continuo en sus

esfuerzos de investigación y extensión de la yuca, solamente se mencionarán aquí aquéllos que presenten logros notorios o que hayan iniciado una nueva fase en el desarrollo de un programa nacional de yuca.

Los esfuerzos hechos para adiestrar mejoradores de yuca y suministrarles más tarde materiales genéticos han tenido un éxito parcial en Tailandia y en Malaysia, donde muchos materiales nuevos se hallan ya en las etapas finales de evaluación.

Cuadro 1. Participantes^a en los programas de capacitación científica en yuca del CIAT, hasta octubre de 1981.

País	Número de participantes	País	Número de participantes
<u>America Latina</u>		<u>Asia</u>	
Brasil	86	Tailandia	22
Colombia	61	Malaysia	14
México	31	Indonesia	11
Venezuela	14	Filipinas	11
República Dominicana	13	India	5
Cuba	10	Sri Lanka	5
Ecuador	9	Japón	<u>1</u>
Perú	8		69
Costa Rica	8	<u>Otros</u>	
Honduras	5	Estados Unidos	9
Panamá	5	Holanda	6
Bolivia	5	Alemania Occidental	5
Guyana	4	Reino Unido	3
Haití	4	Seychelles	1
Paraguay	3	Trinidad	1
Nicaragua	2	Italia	<u>1</u>
El Salvador	2		26
Chile	<u>1</u>		
	271		
<u>Africa</u>		Total	375
Camerún	3		
Africa del Sur	3		
Nigeria	2		
Tanzania	<u>1</u>		
	9		

a. Algunos participantes estuvieron en más de un curso.

Cuadro 2. Semillas híbridas de yuca distribuidas desde 1973 hasta 1981.

País	Número de semillas híbridas por:	
	Polinización controlada	Polinización abierta
<u>América Latina</u>		
Brasil	12,840	7,340
Perú	1,500	300
Bolivia	50	350
Guyana	500	
Colombia		1,050
Venezuela		650
México	5,050	
Cuba	2,500	350
Nicaragua		300
República Dominicana		300
Trinidad	600	
Islas Vírgenes	1,000	
<u>América del Norte y Europa</u>		
Estados Unidos	950	8,000
Canadá		100
Reino Unido		1,000
<u>Asia</u>		
Tailandia	16,770	9,980
Malaysia	5,700	350
Filipinas	7,050	350
Indonesia	1,600	350
India	2,150	350
Taiwan	1,200	
Japón	2,000	
<u>Región del Pacífico</u>		
Seychelles	900	
Tonga	350	
Samoa	350	
Australia	900	
Nueva Zelanda	300	
<u>Africa</u>		
Nigeria (IITA)	1,550	51,770
Kenya	400	
Tanzania	1,000	
Africa del Sur	1,650	
Total	68,860	82,890

Cuba

En Cuba se observó un gran progreso en la integración de la investigación, la transferencia de tecnología, y la implementación de nueva tecnología de yuca. De las 20,000 ha sembradas de yuca 10,113 se encuentran actualmente cultivadas bajo el denominado "sistema colombiano", el cual tiene como base la tecnología del CIAT adaptada a las condiciones de Cuba.

Es importante anotar que de estas 10,133 ha, 7700 se encuentran sembradas con Señorita; 2300 con Pinera; y 133 con CMC-40 (M Col 1468). Estas tres variedades se seleccionaron mediante una versión modificada del programa de ensayos regionales desarrollado en el CIAT, se multiplicaron mediante un sistema de propagación rápida con base en el desarrollado en el CIAT, y se entregaron a los agricultores en todo el país. Se espera que en pocos años la mayor parte del área se encuentre sembrada con éstas y otras nuevas selecciones. Actualmente, con estas nuevas variedades y con nueva tecnología, el rendimiento nacional de Cuba, en promedio, es de aproximadamente, 16 t/ha, en comparación con el de 7 t/ha hace cuatro años. Este aumento en la producción ha permitido sacar a la yuca de la lista de alimentos racionados en Cuba.

Ecuador

A fin de prestarle asistencia al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el diseño de la estrategia del Programa Nacional de Yuca para la producción, secamiento, y comercialización, un equipo de siete expertos del CIAT visitó las principales áreas productoras de yuca en el Ecuador y formularon acciones que debían realizarse. Este proyecto fue patrocinado por el INIAP y actualmente se encuentra en estudio por parte de planificadores agrícolas de Ecuador.

Haití

En América, Haití es el país con mayor deficiencia de calorías per capita. A pesar de que solamente tres profesionales de Haití han recibido capacitación formal en yuca en el CIAT, ellos han hecho un buen trabajo en lo que respecta a introducción, multiplicación y evaluación de variedades.

En un ensayo repetido de rendimiento, los cultivares CMC 40 (M Col 1468), CM 323-375, y la variedad local Madame Francois produjeron 38, 21, y 21 t/ha de raíces frescas con 28, 28, y 29% de contenido de almidón, respectivamente. De las introducciones del CIAT que han sido evaluadas ampliamente, CMC 40 ya se ha entregado a los agricultores con el nombre de Madame Jacques y M Col 1684 está siendo multiplicada para su evaluación posterior y su posible lanzamiento.

Se le prestará atención especial a este país, especialmente en lo que respecta a la capacitación y al intercambio de germoplasma. Estas actividades se coordinarán conjuntamente con el Ministerio de Agricultura, el ODN (Organisme de Développement du Nord) y la AID de los Estados Unidos.

República Dominicana

La República Dominicana es uno de los países que ha recibido la mayor parte de las ventajas de la colaboración del CIAT. De los 13 profesionales de este país que han recibido capacitación en el CIAT, ocho aún se encuentran trabajando con este cultivo y dos están buscando grados profesionales superiores con miras a fortalecer aún más el esfuerzo nacional en yuca. Debido a su interés y a su buena participación, las visitas del personal del CIAT también han sido relativamente frecuentes.

La República Dominicana produce suficiente yuca para abastecer las necesidades locales, pero la industria desea ampliar la producción de yuca para sustituir importaciones, principalmente las relacionadas con el trigo para la elaboración de pan y con los alimentos para animales. Para avanzar en este aspecto, aumentará la colaboración en lo que respecta al secamiento y procesamiento de yuca, como también al intercambio de germoplasma. Las introducciones del CIAT han probado que dan rendimientos significativamente mayores que los cultivares locales (Informe Anual 1979) pero requieren mayor evaluación y también más introducciones nuevas, puesto que los materiales probados hasta el momento son primeras generaciones de materiales mejorados en el CIAT.

En un ensayo repetido de rendimiento en La Cumbre (Cuadro 3) la variedad local preferida Zenon dio el rendimiento más bajo y CMC 40 dio el rendimiento más alto. Es necesario anotar que esa variedad se cultivó comercialmente en la República Dominicana, pero debido a problemas por el deterioro de la yuca después de la cosecha, el área sembrada se ha reducido. Sin embargo, los investigadores de yuca la consideran como una adición valiosa a sus recursos de germoplasma y potencialmente útil como fuente de harina para la elaboración de pan y como alimento para animales.

Cuadro 3. Rendimiento de raíces frescas en un ensayo repetido en La Cumbre, República Dominicana.

Cultivo	Rendimiento (t/ha) ^a
CMC-40 (M Col 1468)	27
Bilín	18
Machetazo	16
ICA HMC-2	12
Zenon (variedad local preferida)	8

a. A los ocho meses de edad.

Paraguay

Junto con Perú, Paraguay ha sido uno de los países más visitados en los últimos ocho años con el fin de ofrecerle la colaboración del CIAT en yuca mediante diversas actividades del programa. A pesar de la baja respuesta a nuestra insistencia en el pasado, este año se ha demostrado un interés real; Paraguay envió dos agrónomos al CIAT para capacitarlos en yuca antes de volver a trabajar, de tiempo completo, en este cultivo. Se espera que con esta relación renovada, la investigación y la extensión de yuca en este importante país productor dé buenos resultados.

Actividades en Asia

Las actividades de cooperación internacional en yuca en este importante continente disminuyeron con la terminación del Proyecto Especial de Proyección Externa de Yuca, patrocinado por el International Development Research Centre (IDRC). A pesar de los problemas logísticos impuestos por la distancia, el Programa de Yuca del CIAT continuará prestando asistencia a este continente, restringido el Programa más por recursos financieros que por no desear trabajar en esta importante área productora de yuca.

Uno de los miembros del equipo de yuca del CIAT visitó este año a Malaysia, Tailandia y Filipinas para revisar el estado del progreso y para reunir información.

Malaysia

Gracias a un mejorador de yuca y a antiguos participantes de los programas de capacitación científica del CIAT, ya se ha establecido en Malaysia un programa completo de mejoramiento genético. Están ya disponibles los resultados de las 6050 semillas híbridas F₁ de yuca enviadas al Malaysian Agricultural Research and Development Institute, MARDI (Cuadro 2) después de pasar por selección de plantas individuales, ensayos en una sola hilera, ensayos preliminares de rendimiento, y ensayos repetidos de rendimiento.

En varios ensayos, los híbridos del CIAT seleccionados localmente mostraron rendimientos de raíces frescas y contenidos de materia seca en las raíces iguales o ligeramente superiores a los del mejor cultivar local Black Twig, pero algunas selecciones en que M Col 1684 era una de las líneas parentales en el cruzamiento (Cuadro 4) superó significativamente en rendimiento, tanto de raíces frescas como de almidón, a Black Twig. Actualmente, todas aquellas selecciones que superen en rendimiento a Black Twig por margen grande, están siendo multiplicadas para su evaluación posterior junto con aquellos materiales del CIAT enviados en cultivos de tejidos.

Estos resultados son un índice del valor de los híbridos del CIAT para el Programa de Mejoramiento Genético de Yuca de MARDI. En Malaysia es difícil lograr que muchos clones florezcan y, por consiguiente, el

fitomejorador de ese país le envía solicitudes al CIAT de semillas de cruces específicos. Estos cruces se hacen en el CIAT y la semilla se despacha a Malaysia.

Tailandia

Con un valor de las exportaciones de aproximadamente US\$700 millones y un área total sembrada de 1.2 millones de ha, la importancia de la yuca para Tailandia no requiere de más explicación. Debido a la importancia del cultivo en su economía, Tailandia ha puesto atención considerable al desarrollo de sus capacidades de investigación en yuca. De un total de 30 investigadores de yuca en Tailandia, 22 han recibido capacitación científica intensiva, a largo o corto plazo, por intermedio del CIAT.

A Tailandia se ha enviado un total de 26,750 semillas híbridas F₁ de yuca (Cuadro 2). Varias introducciones del CIAT fueron cruzadas con variedades de Tailandia (Cuadro 5). Algunas selecciones de estos cruzamientos superaron el comportamiento de la variedad Rayong 1, que se cultiva en aproximadamente 1 millón de ha en Tailandia. Los resultados más interesantes se obtuvieron con las selecciones de cruzamientos hechos en el CIAT por un participante tailandés en los cursos de capacitación (Cuadro 6). Varias selecciones fueron superiores a Rayong 1 tanto en rendimiento de raíces frescas como en contenido de materia seca en las raíces. El material que dio el mejor rendimiento (27-77-10) es una selección proveniente del cruzamiento CM 321-170 x M Col 1684; 29-77-5 por su parte, es una selección proveniente del cruzamiento CM 321-170 x M Mex 17.

Cuadro 4. Ensayo repetido de rendimiento en Jalan Kebun, Malaysia, con líneas híbridas selectas del CIAT.

Línea	Peso fresco de raíces (t/ha)	Contenido de materia seca	
		(%)	(t/ha)
CM 621-7M (M Col 638 x M Col 1684)	50.9	22	11.3
CM 621-17M	49.0	22	11.0
CM 621-22M	54.6	20	11.0
CM 621-42M	45.0	23	10.4
CM 621-43M	41.0	25	10.3
CM 621-24M	41.9	22	9.5
CM 621-20M	36.7	23	8.6
Black Twig (mejor variedad local)	34.7	23	8.1
CM 860-2M (M Col 638 x M Col 1292)	31.1	23	7.3
CM 621-36M	32.3	22	7.3
CM 860-13M	30.8	23	7.1
Medang	29.6	23	6.9
CM 621-18M	31.0	20	6.4

FUENTE: S.L. Tan, MARDI, Malaysia, 1981.

Cuadro 5. Ensayo repetido de rendimiento con cruces realizados localmente en Tailandia.

Línea	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)	Contenido de materia seca	
		(%)	(t/ha)
(V1 x R) 21-8	55.4	32	18
(M31 x CMC-76) 21-2 ^a	52.0	32	17
(V1 x R) 21-7	49.3	30	15
(V69 x M Col 1684) 21-2 ^a	46.7	35	16
(R x V69) 21-5	46.1	33	15
SSM61-75-45-21-15 ^a	43.3	35	15
(CMC-76 x V43) 21-1 ^a	42.2	36	15
SV25-21-1	40.1	36	14
Rayong 1 (mejor variedad local)	40.1	32	13

a. Cruces Tailandia x CIAT.

FUENTE: Tiraporn, C., Dept. Agr., Tailandia.

Cuadro 6. Ensayo repetido de rendimiento en Tailandia con líneas híbridas selectas del CIAT.

Línea	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)	Contenido de materia seca	
		(%)	(t/ha)
27-77-10 ^{ab}	25.8	27	7.0
29-77-10 ^{ac}	16.4	32	5.3
27-77-16 ^a	20.9	24	5.0
29-77-5 ^a	18.4	27	5.0
36-77-1	15.5	30	4.7
36-77-11	17.9	25	4.5
33-77-5	18.1	24	4.4
27-77-14 ^a	17.4	24	4.1
27-77-8 ^a	15.6	26	4.1
68-77-12	15.6	25	4.0
07-77-1	15.6	25	4.0
67-77-7	12.6	31	3.9
20-77-8 ^a	18.5	20	3.8
28-77-2	16.3	23	3.7
29-77-16 ^a	17.3	21	3.6
35-77-15	16.1	22	3.6
Rayong 1 (mejor variedad local)	14.0	25	3.5

a. Cruzamientos hechos en el CIAT por Charn Tiraporn.

b. 27 = CM 321-170 x M Col 1684.

c. 29 = CM 321-170 x M Mex 17.

FUENTE: Tiraporn, C. op. cit.

Algunas selecciones han sido evaluadas en ensayos regionales (Cuadro 7) con buenos resultados. La línea CM 305-13T dio un rendimiento de raíces frescas más alto y CM 407-7T presentó un mayor contenido de materia seca en las raíces que el mejor cultivar local, Rayong 1. Estas dos líneas se están multiplicando para su posible lanzamiento a pesar de sus pequeñas diferencias con la variedad local, principalmente para disminuir el riesgo presentado por el cultivo de un solo genotipo.

Cuadro 7. Ensayos regionales en tres localidades de Tailandia.

Línea	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)			
	Huay Pong	Kon Khaen	Ban Mai	Promedio
CM 305-13T ^a	25.5	31.0	28.5	28.3
CM 305-21T ^a	27.4	31.4	20.7	26.5
CM 376-34T ^a	28.7	24.7	19.2	24.2
CR14-30	24.9	23.7	20.6	23.1
CM 14-82	20.4	23.8	23.5	22.6
CR 18-127	24.5	21.4	21.4	21.7
CM 407-7T ^a	22.7	21.4	19.1	21.1
CR 14-46	20.3	19.2	23.7	21.1
Rayong 1 (mejor variedad local)	20.2	26.5	23.1	23.3

a. Híbridos del CIAT seleccionados en la estación experimental de Huay Pong.

Filipinas

En Filipinas existen tres programas de yuca capaces de seleccionar genotipos: el grupo de mejoramiento de cultivos de raíces en la Universidad de Filipinas, Facultad de Agricultura (UPCA), Los Baños; el Centro de Investigación y Capacitación en Cultivo de Raíces de Filipinas, en Visca, Visaya; y el Programa de Cultivo de Raíces en SEARCA (Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture).

A estos programas el CIAT les ha enviado 7400 semillas híbridas F₁ (Cuadro 2) como también 15 clones de yuca. Pese a que los clones del CIAT han presentado superioridad general en comparación con las variedades locales--particularmente los altos rendimientos de M Col 1684--en localidades tales como Cavite, Cagayan de Oro, y Mindanao, en SEARCA no ha continuado la evaluación sistemática de los materiales del CIAT puesto que este proyecto, desarrollado conjuntamente con el CIAT, ya no tiene financiación internacional.

Sin embargo, en Los Baños--a pesar del tifón que afectó la primera evaluación de introducciones--UPCA ha logrado sembrar ensayos regionales en tres localidades en el ciclo 1980-81 (Cuadro 8). El germoplasma del

CIAT está relativamente mal representado por M Col 1468 (CMC 40), M Ven 218, M Mex 59, CMC 76 y SM1-150, puesto que M Col 1684 se perdió. Sin embargo, M Col 1468, SM1-150 y M Ven 218 ocuparon el cuarto, quinto y sexto lugar entre las 18 entradas ensayadas.

Cuadro 8. Ensayos regionales en tres localidades de Filipinas.

Variedad	Rendimiento de raíces frescas (t/ha)			
	Los Baños	La Carlota	General Santos	Promedio
Bogor	41.3	37.4	46.6	41.3
Vassourinha	32.2	33.0	51.0	38.7
Hawaiian 4	34.8	32.2	45.3	37.4
M Col 1468 ^a	27.8	40.0	-	33.9
SM1-150 ^a	24.8	38.5	34.5	32.6
M Ven 218 ^a	25.7	35.3	32.2	31.1
Branca	23.4	27.3	42.5	31.1
Naura	31.8	34.2	25.9	30.6
Green Twig	25.1	29.1	31.5	28.6
M Mex 59 ^a	31.1	32.8	19.1	27.7
W236	31.4	27.0	23.6	27.3
Black Twig	38.5	29.8	12.4	26.9
CMC-76 ^a	29.6	28.3	19.3	25.7
Mameya	28.7	24.6	20.1	24.5
IH	24.0	-	-	24.0
W78	23.4	28.8	19.6	23.9
Davao City	24.8	21.3	19.0	21.7
Java Brown	28.6	21.8	7.0	19.1

a. Introducción del CIAT.

FUENTE: San Pedro, J.L., Institute of Plant Breeding, UPCA, Filipinas.

Conclusiones

Después de siete años de relación con muchos países interesados en la yuca en todo el mundo, se puede concluir, en términos generales, que:

1. Las selecciones de germoplasma del CIAT y los materiales híbridos constituyen universalmente una fuente valiosa para los programas nacionales de mejoramiento genético de la yuca. Las semillas híbridas del CIAT parecen proporcionar oportunidades inmediatas para la selección de variedades en muchos casos.
2. Para acelerar el movimiento de germoplasma y a la vez disminuir el riesgo de transferir enfermedades, se deben dedicar más esfuerzos de capacitación científica en lo que respecta al cultivo de tejidos de yuca. Esto es de interés particular para muchos países, puesto que, pese a que la mayoría de los materiales locales tienen alto

contenido de almidón, generalmente su rendimiento potencial es bajo. Por consiguiente, muchos países todavía tienen la necesidad real de introducir y evaluar la mayor cantidad posible de materiales nuevos, según sus capacidades y recursos locales.

3. A pesar del número considerable de personas que recibieron capacitación durante los últimos siete años, no se ha observado un impacto significativo en la productividad de la yuca en un área amplia. El buen trabajo adelantado por los investigadores de yuca en los programas nacionales fuertes de yuca--en los cuales el CIAT ha tenido definitivamente una participación--no ha llegado, hasta el momento, al agricultor debido al tiempo requerido para probar y luego multiplicar los nuevos genotipos de yuca.
4. Cualquier expansión posible del área sembrada con yuca y todo aumento en su productividad para propósitos industriales--principalmente en la industria de alimentos para animales--se deben integrar con el secamiento, el procesamiento, la utilización, y la comercialización en todo el ámbito yuquero mundial y particularmente, en América Latina.

Publicaciones del Programa y del Personal Científico

- Connor, D.J. y Cock, J.H. 1981. Response of cassava to water shortage.II. Canopy dynamics. Field Crops Research 4:285-296.
- Connor, D.J. y Palta, J. 1981. Response of cassava to water shortage. III. Stomatal control of plant water status. Field Crops Research 4:297-311.
- Connor, D.J.; Cock, J.H.; y Parra, G.E. 1981. Response of cassava to water shortage.I. Growth and yield. Field Crops Research. 4:181-200.
- Elango, F. y Lozano, J.C. 1981a. Epiphytic survival of Xanthomonas manihotis on common weeds in Colombia. En: Proc. of 5th International Conf. on Plant Pathogenic Bacteria. CIAT, Cali, Colombia. p. 203-209.
- Elango, F. y Lozano, J.C. 1981b. Pathogenic variability of Xanthomonas manihotis, the causal agent of cassava bacterial blight. Fitopatología Brasileira 6:57-65.
- Elango, F.; Lozano J.C.; y Peterson, J.F. 1981. Relationships between Xanthomonas c. pv. manihotis, X. c. pv. cassavae and Colombian yellowish isolates. En: Proc. of 5th International Conf. on Plant Pathogenic Bacteria. CIAT, Cali, Colombia. p. 96-104.
- Howeler, R.H. 1981a. Mineral nutrition and fertilization of cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. No.09 EC-4. 52 p.
- Howeler, R.H. 1981b. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia No. 09SC-4. 55 p.

- Howeler, R.H.; Edwards, D.G.; y Aher, C.J. 1981. Application of the flowing solution culture techniques to studies involving mycorrhizas. *Plant and Soil* 59:179-183.
- Leihner, D.E. 1981. Fuel from biomass--future role and potential of cassava. *Entwicklung und landlicher Raum*. 15(1):18-21.
- Leihner, D.E. y López, J. 1980. Pérdidas en el rendimiento y la calidad de la yuca (Manihot esculenta Crantz), causada por coquito. *Revista COMALFI (Colombia)* 7(3 y 4):21-29.
- Leihner, D.E.; Holguín, J.; y López J. 1980. El coquito (Cyperus rotundus L.) en el cultivo de la yuca: Interacciones y control. *Revista COMALFI (Colombia)* 7(3 y 4):3-20.
- López, J. y Leihner, D.E. 1980. Control químico de malezas en policultivos con yuca. *Revista COMALFI (Colombia)* 7(1 y 2): 19-28.
- Lozano, J.C. y Laberry, R. 1981. Screening for durable resistance to cassava bacterial blight caused by Xanthomonas campestris pv. manihotis on cassava (Manihot esculenta Crantz). *Plant Disease*. 66(4): 316-317.
- Lozano, J.C.; Bellotti, A.C.; Reyes, J.A.; Howeler, R. H.; Leihner, D.; y Doll, J. 1981a. Field problems in cassava. 2nd ed. No.07EC-1. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Lozano, J.C.; Bellotti, A.C.; Reyes, J.A.; Howeler, R.H.; Leihner, D.; y Doll, J. 1981b. Problemas en el cultivo de la yuca, 2nd ed. No. 07SC-1. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Pineda, B.; Jayasinghe, U.; Morales, F.; y Lozano, J.C., 1980. Partículas similares a Closterovirus asociadas con enfermedad

"Cuero de Sapo" en Yuca. Trabajo presentado en el Congreso Nal.de
ASCOLFI. Medellín, Colombia.

Sanders, J. H. y Lynam, J. K. 1981. New agricultural technology and
small farmers in Latin America. Food Policy 6(1).

Teri, J. M.; Lozano, J.C.; y Thurston, H.D. 1981. Epidemiology of
cassava brown leaf spot. Fitopatologia Brasileira. 6:341-344.

Toro, J.C. y Atlee, C.B. 1981. Prácticas agronómicas para la
producción de yuca; una revisión de la literatura. No. 09SC-5.
Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 44 p.

Varela, A.M. y Bellotti, A.C. 1981. Algunos aspectos biológicos y
observaciones de un nuevo piojo harinoso de la yuca Phenacoccus
herreni (Homoptera: pseudococcidae) en Colombia. Revista
Colombiana de Entomología 7(1 y 2): 21-26.

Vargas, O. y Bellotti, A.C. 1981. Pérdidas en el rendimiento causadas
por moscas blancas en el cultivo de la yuca. Revista Colombiana
de Entomología 7(1 y 2): 13-20.

Personal
(a diciembre 31 de 1981)

Científicos principales

James H. Cock, Ph.D., Fisiólogo, Coordinador
Anthony C. Bellotti, Ph.D., Entomólogo, Entomología
Guillermo G. Gómez, Ph.D., Nutricionista/Bioquímico, Utilización de Yuca
Clair Hershey, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
Reinhardt Howeler, Ph.D., Científico de Suelos, Suelos y Nutrición de Plantas,
Kazuo Kawano, Ph.D., Fitomejorador, Fitomejoramiento
Dietrich Leihner, Dr. agr., Agrónomo, Prácticas Culturales
J. Carlos Lozano, Ph.D., Patólogo, Fitopatología
John K. Lynam, Ph.D., Economista Agrícola, Economía
Julio César Toro, Ph.D., Agrónomo, Agronomía

Científicos visitantes

Mabrouk El-Sharkawy, Ph.D., Fitopatólogo

Especialista visitante

Ewald Sieverding, Ph.D., Suelos y Nutrición de Plantas

Científicos posdoctorales

Upali Jayasinghe, Ph.D., Virología

Asociados de investigación visitantes

*Zainol Abd Azis, M.S., Fisiología
*Benhard Lohr, M.S., Entomología
Jan Margaret Salick, M.S., Entomología
*Hendrick Veltkamp, M.S., Fisiología
*Robert Zeigler, M.S., Fitopatología

Asociados de investigación

Alvaro Amaya, M.S., Germoplasma
Rafael Orlando Díaz, M.S., Economía
Rafael Alberto Laberry, M.S., Fitopatología
Benjamín Pinedo, M.S., Fitopatología
Jorge Santos, M.S., Utilización
Octavio Vargas, M.S., Entomología

* Se retiró durante el año.

Asistentes de investigación

Bernardo Arias, Ing. Agr., Entomología
Eitel Adolfo Burckhardt, Lic. Biol., Suelos
Luis Fernando Cadavid, Ing. Agr., Suelos
Fernando Calle, Ing. Agr., Suelos (sede Carimagua)
Ernesto Celis, Ing. Agr., Agronomía
Carolina Correa, Lic. Econ., Economía
Julián Hernández, Ing. Agr., Suelos (sede Carimagua)
Julio Eduardo Holguín, Ing. Agr., Fisiología
Diego Izquierdo, Lic. Econ., Economía
Gustavo Jaramillo, Ing. Agr., Agronomía
Lucy Kadoch, Lic. Biol., Fisiología
Javier López, Ing. Agr., Prácticas Culturales
Pedro Millán, Ing. Agr., Germoplasma
Germán E. Parra, Ing. Agr., Fisiología
Edgar Salazar, Ing. Agr., Suelos (sede Carimagua)
Mauricio Valdivieso, Zoot., Utilización
*Ana Milena Varela, Lic. Biol., Entomología
Ana Cecilia Velasco, Clin. Lab., Fitopatología

* Se retiró durante el año.