

18969

18969

## Desarrollo de Germoplasma

(90)

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 más 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 sólida 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)	Precipi- tación (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 <sup>a</sup>	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 género 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 <sup>a</sup>
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 <sup>b</sup>	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> Secundina <sup>b</sup>	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 <sup>a</sup>	Acaros <sup>b</sup>
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
<b>Testigos</b>				
Pan de Azucar <sup>c</sup>	19.2	34.6	2.0	4.0
Enanita <sup>c</sup>	12.8	32.8	0.5	4.0
M Bra 12	12.5	30.2	4.0	3.0
Coloradita <sup>c</sup>	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 <sup>a</sup>	CBB <sup>b</sup>	Super- alargamiento <sup>b</sup>
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 <sup>a</sup>	Phoma <sup>b</sup>
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 <sup>c</sup>	15.1	28.7	3.5	2.0
M Col 2006	14.4	31.5	1.7	2.0
M Col 2061 <sup>c</sup>	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 <sup>c</sup>	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 <sup>a</sup>
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 de 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.<sup>a</sup>

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

\*  $\bar{P} = 0.05$ .

\*\*  $\bar{P} = 0.01$ .

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



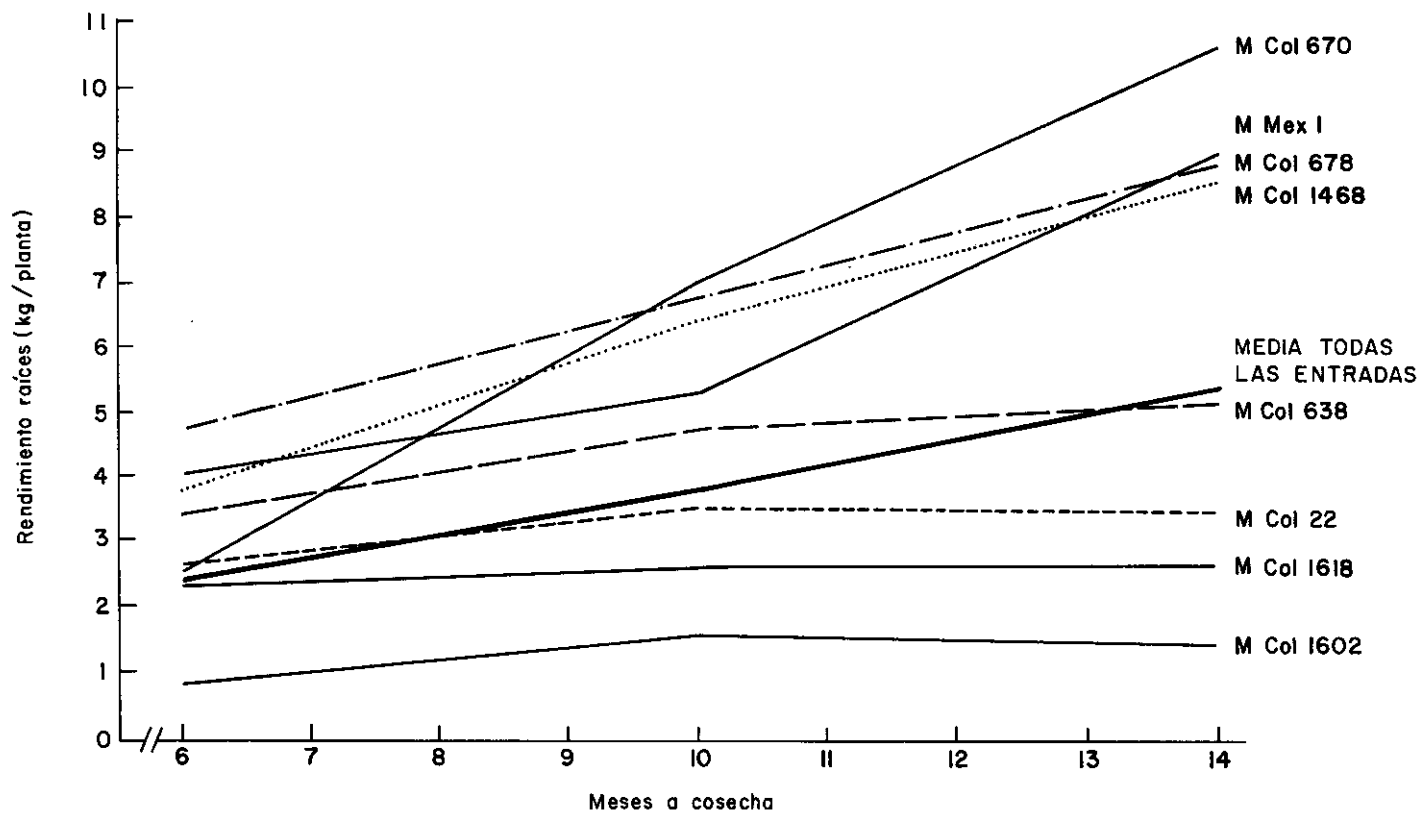


Figura 1. Comparación de líneas de yuca por madurez temprana en el CIAT (cosecha a los 6, 10 y 12 meses).

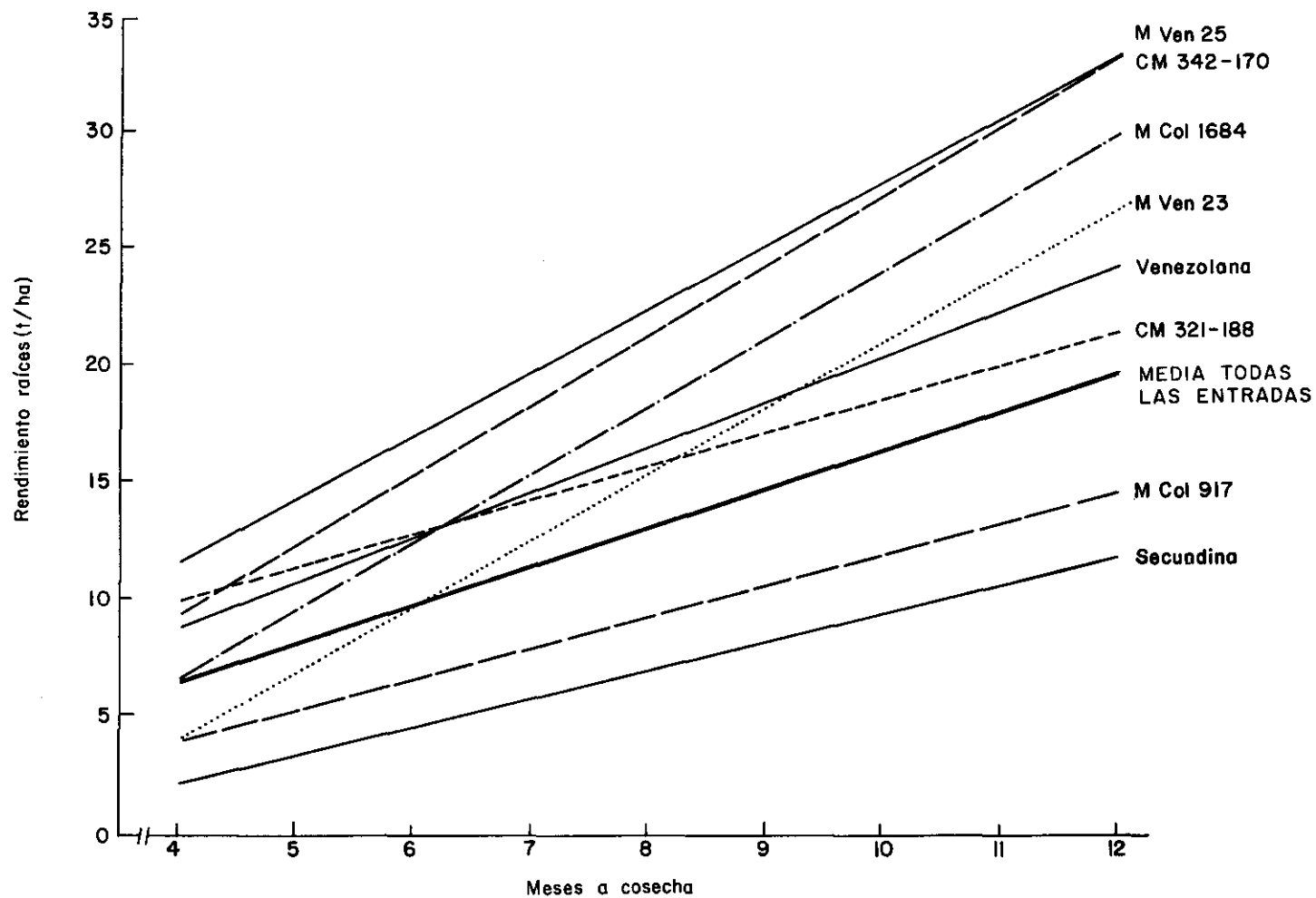


Figura 2. Comparación de líneas de yuca por madurez temprana en Media Luna (cosecha a los 4 y 12 meses).

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 (%)	
		Pre-siembra	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 accesiones mostraron el grado mínimo de 1 en una escala de 1 a 5 en un análisis cualitativo. Se resembraron 19 de las accesiones 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 accesiones 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.