

# Mejoramiento Genético

---

## de la Yuca

---

en  
América Latina



El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una institución de investigación agrícola orientada al desarrollo y dedicada al alivio perdurable del hambre y la pobreza en los países en desarrollo por medio de la aplicación de la ciencia.

El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1991 tales donantes son: Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1991: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.

Las fotos de la portada ilustran episodios en el desarrollo de una nueva variedad de yuca:



- Flores femeninas abiertas listas para ser polinizadas. Las flores masculinas abrirán a las dos semanas.



- Plántula procedente de una semilla botánica en el momento del trasplante al campo.



- Evaluación del potencial de producción de un nuevo híbrido.



- Un agricultor prueba una nueva variedad en su finca.

(Fotos de Clair Hershey.)

# **Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina**

**Publicación con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por medio de su Proyecto Desarrollo de Recursos Humanos para la Generación y Transferencia de Tecnología en Cultivos de Raíces y Tubérculos (GLO/87/001).**



**OZFD-Y8D-TSXP**



ISBN 958-9183-16-6

# Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina

Edición técnica:  
Clair H. Hershey

**CIAT** Centro Internacional de Agricultura Tropical

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

**Publicación CIAT No. 82**  
**ISBN 958-9183-16-6**  
**Tirada: 700 ejemplares**  
**Impreso en Colombia**  
**Febrero 1991**

**CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Hershey, C. H. (ed.). Cali, Colombia. p. xvi, 426.**

**1. Yuca — Mejoramiento — Ensayos, conferencias, etc. 2. Yuca — América Latina — Ensayos, conferencias, etc. I. Hershey, Clair H. II. Centro Internacional de Agricultura Tropical.**

# Contenido

	Página
PROLOGO	xv
<b>I EL CULTIVO DE LA YUCA EN PAISES LATINOAMERICANOS</b>	<b>1</b>
EL CULTIVO DE LA YUCA EN BOLIVIA	
J. Lennis y A. Alvarado	3
Características Agroclimáticas	3
Estado Actual del Cultivo	5
Utilización	6
Limitaciones de la Producción	8
Organización y Estrategia de la Investigación	10
Conclusiones	12
Referencias	12
A MANDIOCA NO BRASIL	
W. M. G. Fukuda y M. C. M. Porto	15
Aspectos Climáticos	16
Situação Geral da Cultura e Limitações para a Produção	17
Organização e Estratégia da Pesquisa em Melhoramento	30
Conclusões	38
Referências	40
EL CULTIVO DE LA YUCA EN COLOMBIA	
J. M. Luna Rondón	43
Descripción Agroclimática	43
Estado Actual del Cultivo	44

	Página
Utilización	48
Limitaciones de la Producción	49
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	53
Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma	57
Bibliografía	57
<b>EL CULTIVO DE LA YUCA EN CUBA</b>	
<b>S. Rodríguez M.</b>	<b>59</b>
Descripción Agroclimática	59
Estado Actual del Cultivo	62
Utilización	64
Limitaciones de la Producción	65
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	65
Estructura para el Intercambio de Germoplasma	68
Proyecciones	68
Conclusiones	69
<b>EL CULTIVO DE LA YUCA EN ECUADOR</b>	
<b>F. O. Hinojosa G.</b>	<b>71</b>
Descripción Agroclimática	71
Estado Actual del Cultivo	72
Utilización	77
Limitaciones de la Producción	77
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	78
Estructura para Intercambio Internacional de Germoplasma	79
Proyecciones	80
Conclusiones	80
Bibliografía	80



	Página
<b>EL CULTIVO DE LA YUCA EN MEXICO</b>	
<b>F. Legorreta Padilla</b>	<b>83</b>
Descripción Agroclimática	84
Estado Actual del Cultivo	85
Utilización	86
Limitaciones de la Producción	88
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	89
Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma	94
Proyecciones	95
Conclusiones	96
Bibliografía	97
<b>EL CULTIVO DE LA YUCA EN PANAMA</b>	
<b>J. A. Aguilar</b>	<b>99</b>
Descripción Agroclimática y Estado Actual del Cultivo	99
Limitaciones de la Producción	100
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	100
Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma	102
Proyecciones	102
Conclusiones	102
Bibliografía	103
<b>EL CULTIVO DE LA YUCA EN REPUBLICA DOMINICANA</b>	
<b>M. Sosa Vásquez</b>	<b>105</b>
Descripción Agroclimática	105
Estado Actual del Cultivo	107
Utilización	113
Limitaciones de la Producción	114
Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento	115

	Página
Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma	119
Proyecciones	120
 <b>II ASPECTOS BASICOS EN EL PLANEAMIENTO Y LA EJECUCION DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO EN YUCA</b>	 123
 <b>FORMAÇÃO DA BASE GENÉTICA E MANEJO DOS RECURSOS GENÉTICOS DE MANDIOCA: O CASO DO BRASIL</b>	
A. Costa Allem y C. Oliveira Goedert	125
Introdução	125
Erosão Genética	126
Coleções Nacionais de Germoplasma de Mandioca	130
Recursos Genéticos de Espécies Silvestres de <i>Manihot</i>	134
Interação entre o CENARGEN e Unidades com Coleções Ativas	140
Organograma Tentativo de uma Coleção de Germoplasma de Mandioca	146
Formação da Base Genética: Manejo de Recursos Genéticos	150
Síntese do Manejo de Recursos Genéticos	154
Referências	158
 <b>UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES SELVAGENS NO MELHORAMENTO DE MANDIOCA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO</b>	
T. Lozada Valle	163
Introdução	163
Primeiros Programas de Melhoramento	164
Pesquisas Atuais e Perspectivas	166
Conclusões	174
Resumo	174
Bibliografia	174

**GENETICA, CITOGENETICA Y MEJORAMIENTO  
DE LA YUCA**

<b>J. Acosta Espinoza</b>	<b>177</b>
Introducción	177
Genética y Citogenética de la Yuca	177
Estructura Floral, Hábito de Floración y Polinización	179
Generalidades sobre el Mejoramiento Genético de la Yuca	180
Estimación de Parámetros Genéticos	183
Mejoramiento de Poblaciones	183
Hibridación Interspecífica	186
Métodos no Convencionales de Mejoramiento	187
Observaciones Generales	188
Bibliografía	189

**ESTIMACION DE LOS PARAMETROS  
GENETICOS EN LA YUCA**

<b>A. Bueno</b>	<b>197</b>
Introducción	197
Parámetros Genéticos Adecuados para el Mejoramiento de Plantas	198
Estimación de los Componentes de la Varianza en la Yuca	205
Estimaciones de la Heredabilidad Obtenida en Yuca	209
Caracteres Correlacionados en Yuca	214
Conclusiones	216
Referencias	217

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES CRITÉRIOS DE  
SELEÇÃO EM POPULAÇÕES SEGREGANTES  
DE MANDIOCA**

<b>A. Bueno</b>	<b>221</b>
Introdução	221
Material e Métodos	223

	Página
Resultados e Discussão	225
Conclusões	230
Resumo	231
Referências	231
 <b>CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE YUCA</b>	
C. H. Hershey	233
Introducción	233
Objetivos del Programa de Mejoramiento	234
El Area Objetivo y su Caracterización	235
Subdivisión del Area Objetivo	239
Una Clasificación de los Ambientes para la Yuca	242
Definición de los Sitios de Prueba	248
Características de la Variabilidad Genética y su Influencia sobre el Diseño de Programas de Mejoramiento	252
Conclusiones	255
 <b>CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS PARA LA SELECCION DE YUCA</b>	
J. H. Cock y M. A. El-Sharkawy	257
El IAF como Parámetro de Selección	257
El Índice de Cosecha, otro Parámetro de Selección	259
Selección para Condiciones Variables	260
Otros Posibles Parámetros de Selección	263
Referencias	265
 <b>CALIDAD DE LAS RAICES DE YUCA Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN ELLA</b>	
C. C. Wheatley	267
Introducción	267
Composición de la Raíz e Implicaciones para su Uso	268

	Página
Los Factores de Calidad de la Yuca según su Uso	270
Efecto de la Variedad de Yuca sobre su Calidad	274
Efecto de la Edad de la Planta sobre la Calidad de la Raíz	276
Efecto Ambiental sobre la Calidad	277
Características del Almidón y su Relación con la Calidad de la Yuca	282
Importancia de un Panel Experto para la Evaluación de Calidad en Yuca	283
Conclusiones y Recomendaciones	284
Referencias	288
 <b>ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN YUCA</b>	
J. C. Lozano	293
Introducción	293
Características de la Yuca y su Cultivo frente a las Medidas de Control de Enfermedades	294
Control Cultural	296
Control Varietal	304
Control Químico	305
Control Biológico	306
Erradicación	310
Medidas Cuarentenarias	311
Conclusiones	311
Referencias	312
 <b>INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE Y ESTABILIDAD GENETICA EN YUCA; RESULTADOS DE UN ESTUDIO EN CUBA</b>	
S. Rodríguez M.	315
Introducción	315
Objetivos	317
Materiales y Métodos	317
Resultados y Discusión	326

	<b>Página</b>
Conclusiones y Recomendaciones	353
Resumen	356
Referencias	357
 <b>SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA PARA ADAPTAÇÃO AO AGROECOSSISTEMA E POTENCIAL DE RENDIMENTO</b>	
M. Ternes	361
Organização da Adaptação de Cultivares	364
Potencial de Rendimento de Cultivares em	
Quatro Agroecossistemas	368
Bibliografia	369
 <b>ANÁLISES DAS DIFERENÇAS EM RENDIMENTO DA MANDIOCA ENTRE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS E OS CAMPOS DE AGRICULTORES</b>	
H. Corrêa	371
Introdução	371
Cultivares Selecionadas	372
Manejo da Cultura. Efeitos na Seleção de	
Cultivares	374
Indicações de Práticas Diferenciadas	378
Avaliação de Cultivares Melhoradas em	
Campos de Produtores com Tecnologia da	
Pesquisa	379
Comportamento de Cultivares Melhoradas	
em dois Sistemas de Produção	381
Comparação entre os Sistemas de Produção:	
Pesquisa e Produtor	384
Considerações	385
Referências	385

<b>CONSIDERACIONES SOBRE LAS PRUEBAS REGIONALES DE YUCA EN COLOMBIA Y SUS ALTERNATIVAS</b>	
N. Rodríguez	387
Características de las Pruebas Regionales	388
Papel y Limitaciones de las Pruebas Regionales	389
Nuevos Enfoques	391
<b>METODOLOGIA Y APLICACION DE LA PROPAGACION RAPIDA EN YUCA; EXPERIENCIAS EN PANAMA</b>	
M. Chávez F.	393
La Propagación Rápida en Panamá	394
Método de Estacas Caulinares o Retoños	396
Método de Esquejes de una Hoja y una Yema	399
Referencias	403
<b>INFORMACION EN REDES INTERNACIONALES; VENTAJAS DE SU CENTRALIZACION</b>	
M. C. Amézquita	405
Introducción	405
Objetivo, Características y Tipos de las Redes	407
Obtención, Análisis y Utilización de la Información de una Red	409
<b>OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LA EJECUCION DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA EN AMERICA LATINA</b>	
	413
Ambiente Socioeconómico	413
Los Recursos Genéticos	413
Estudios Genéticos y Métodos de Mejoramiento	414
	xiii

	<b>Página</b>
Descripción y Subdivisión de las Areas Objetivo	415
Criterios de Selección	416
La Biotecnología como Herramienta en el Fitomejoramiento	417
De los Campos de Investigación a los Agricultores	418
Intercambio de Germoplasma de Yuca	418
Necesidades de Capacitación	419
Parámetros de Evaluación y Manejo de Datos	419
<b>APENDICE. Participantes en el Taller sobre Intercambio de Germoplasma, Cuarentena y Mejoramiento de Yuca y Batata, en CIAT, junio de 1987</b>	<b>421</b>
1. Participantes en Relación con la Yuca	421
2. Participantes en Relación con la Batata	423
3. Instituciones Representadas	425



# PROLOGO

Se espera que en el año 2000 la población humana de los países tropicales, actualmente calculada en dos mil millones, habrá aumentado en un 50%. La necesidad de un incremento simultáneo en la producción de alimentos es obvia. En las últimas dos décadas los beneficios de la 'Revolución Verde' en relación con el trigo y el arroz han permitido la autosuficiencia en la producción de alimentos en muchos países que anteriormente eran grandes importadores; sin embargo, hay un creciente consenso entre los científicos de la agricultura acerca de la poca posibilidad de que a nivel general se puedan alcanzar grandes aumentos en la productividad de esos productos en un futuro cercano, y de la necesidad de que otros cultivos reciban un énfasis concentrado de la investigación.

Algunos de los cultivos alimenticios más importantes se siembran en condiciones variables del clima y suelo y carecen de riego, hecho que excluye la posibilidad de adaptar extensivamente variedades únicas en áreas muy grandes. Por otra parte, para lograr aumentos significativos en la productividad de tales cultivos se tendrían que aplicar estrategias distintas a las que se emplearon en el arroz y el trigo, las cuales se basaban en el uso de altos insumos en áreas de ecologías favorables. El reto en los otros cultivos alimenticios consiste principalmente en aumentar su eficiencia en la utilización de bajos niveles de nutrimentos, incorporar en ellos resistencia genética a las plagas y enfermedades y tolerancia a las variaciones en la lluvia, y ampliar su adaptación a nuevos ecosistemas.

La yuca es un cultivo que presenta características muy promisorias en términos de su comportamiento en condiciones marginales tales como lluvia irregular o baja y suelos ácidos e infértiles, donde muchos otros no se adaptan bien. No obstante, y a pesar de que ocupa el cuarto lugar entre los alimentos de los trópicos como fuente de calorías para la población humana, esta

especie no ha recibido la atención que merece a nivel político y científico; adicionalmente, los investigadores en este cultivo trabajan con frecuencia en forma aislada, sin aprovechar los conocimientos y adelantos de otras instituciones.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se elaboró la presente publicación, con los siguientes objetivos: 1) revisar la situación actual del cultivo de la yuca en América Latina y hacer recomendaciones sobre el intercambio de su germoplasma; 2) presentar los trabajos que se efectúan en diferentes países sobre el mejoramiento genético de la yuca y sus proyecciones en los distintos países; 3) actualizar los conocimientos sobre diversos aspectos del mejoramiento genético de la yuca; y 4) fomentar entre los investigadores su interés en el intercambio de los resultados y las informaciones de los programas nacionales e internacionales, y en los métodos para lograrlo en forma eficiente.

Los temas que se incluyen aquí corresponden en gran parte a un taller sobre el mejoramiento de la yuca y la batata en América Latina que se llevó a cabo en junio de 1987, con el patrocinio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con la organización del CIAT y del Centro Internacional de la Papa (CIP), y con la participación de investigadores de la región en esos dos cultivos. Tales temas tienen que ver principalmente con la yuca, y aparecen distribuidos en dos grandes secciones; en la primera de ellas se presentan resúmenes sobre el estado actual del cultivo y las proyecciones para su mejoramiento en los países correspondientes, mientras en la segunda se incluyen diferentes tópicos relacionados con el mejoramiento y con la metodología para llevar a cabo esta actividad en yuca.

Esta publicación, que se espera sirva a los profesionales involucrados en el cultivo de la yuca no sólo como una guía para la planeación de programas de investigación, sino como referencia para temas específicos, se ha hecho con la financiación del PNUD, cuya colaboración se agradece.

CLAIR H. HERSHEY  
Editor técnico

# I

## **EL CULTIVO DE LA YUCA EN PAISES LATINOAMERICANOS**



# EL CULTIVO DE LA YUCA EN BOLIVIA

*Juan Lennis y Alfredo Alvarado\**

En Bolivia la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se siembra principalmente en la región tropical, en cuatro grandes zonas: Pando-Beni, Yungas, Santa Cruz y Chapare. En general, las zonas se encuentran separadas por bosques no intervenidos y, debido a su aislamiento geográfico, existe la tendencia a cultivar variedades locales distintas en cada una de ellas. También habitan en estas zonas grupos étnicos de diferente origen que consumen el producto en forma muy variada.

## Características Agroclimáticas

La yuca se siembra en áreas con lluvia estacional marcada en Santa Cruz, con una época seca corta en Yungas y Beni-Pando, y perhúmedas en Chapare. Según el Instituto Geográfico Militar (1985), la temperatura de estas regiones oscila entre 22 y 30 °C, excepto en la región de los Yungas, en donde el terreno es montañoso; el índice de humedad va desde negativo en Santa Cruz hasta excesivo en el Chapare (Cuadro 1).

Los suelos de las regiones cultivadoras de yuca son en su mayoría Inseptisoles (Tropepts y Aquepts) con algunos Entisoles (Psamments y Aquepts) en las zonas bajas. En regiones con relieve (Yungas) dominan los Ultisoles (Udults) e Inseptisoles (Tropepts).

---

\* Respectivamente, técnico y asesor, Proyecto Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), Chapare, Casilla 1983, Cochabamba, Bolivia.

Cuadro 1. Caracterización agroclimática de las regiones donde se siembra yuca en Bolivia.

Variable	Información por región		
	Beni-Pando	Santa Cruz	Yungas
Precipitación (mm)	1800-2500	800-1200	900-1800
Temperatura (°C)	26-30	24-28	16-22
Meses secos	1-3	4-6	2-3
Meses con exceso de humedad	3-4	1-2	3-4
Zona de vida (Holdridge) <sup>a</sup>	bh-ST	bh-ST; bs-TE	bh-ST; bmh-MAST
Índice de humedad (Thornwhithe)	60-80	(-20)-0	40-60
Suelos dominantes	Inseptisoles	Inseptisoles Entisoles	Ultisoles
Relieve	Plano-cóncavo	Plano-ondulado	Ondulado- montañoso
Latitud (grados sur)	12	17	15
Longitud (grados oeste)	68	61	67
			Chapare
			2500-5000
			22-26
			0
			6-8
			bmb-T; bmt-ET
			100
			Inseptisoles
			Plano-cóncavo
			17
			65

a. bh = bosque húmedo; bmb = bosque muy húmedo; bs = bosque seco; ST = sub tropical; TE = templado; MAST = montano bajo sub tropical.

En general, la zona productora de yuca se ubica en el norte del país a menos de 17° S, y a una longitud entre 61 y 68° O.

## **Estado Actual del Cultivo**

La situación del cultivo de yuca en Bolivia se resume en el Cuadro 2. Actualmente se siembran 47,000 ha en todo el país, con un promedio de rendimiento de 14.2 t/ha. De acuerdo con CORDECruz et al. (1982), el área sembrada con yuca aumenta a una tasa anual de 4%. Esta información no coincide con los estimados estadísticos del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, según los cuales para 1985 la superficie total cultivada con yuca era de 41,150 ha, con un rendimiento promedio de 9.1 t/ha.

Cuadro 2. El cultivo de yuca en Bolivia en 1987. Área, rendimiento y sistemas de producción según región productora.

Región	Área de cultivo (ha)	Rendimiento (t/ha)	Sistema de cultivo	Variedades
Beni-Pando	7,000	12.0	Monocultivo	Locales
Santa Cruz	20,000	14.5	Monocultivo	Colla, Gancho
Yungas	5,000	14.0	Asociación <sup>a</sup>	Locales
Chapare	15,000	15.0	Asociación <sup>a</sup>	Suelakhara, Rosada

a. Asociado con coca.

La yuca se siembra en monocultivo principalmente en las regiones de Beni-Pando y Santa Cruz, y asociada con otro cultivo, en particular con coca, en las regiones de los Yungas y Chapare; en menor extensión, la yuca se asocia con maíz y leguminosas de grano en todas las regiones.

A nivel nacional las principales variedades en uso son locales, las cuales tienen un rendimiento bajo y una constitución botánica muy variada.

No se dispone de datos sobre los costos de producción en todas las regiones, pero en Chapare el beneficio neto por hectárea

asciende a 763.22 \$US/ha<sup>1</sup> como se puede observar en el Cuadro 3 (Sánchez y Taylor, 1986). No obstante que este resultado económico es positivo, y que a nivel de investigación se han obtenido rendimientos de hasta 30 t/ha (Cuadros 4, 5 y 6), se estima que recomendar a los agricultores aumentar el área de siembra de la yuca sólo sería aconsejable con un mejoramiento de la agroindustria, como único medio de ampliar el mercado.

Cuadro 3. Costo de producción e ingresos por hectárea de yuca en la región del Chapare, en Junio de 1987<sup>a</sup>.

Factores	Cantidad	Precio unitario (\$US)	Valor (\$US)
<b>Costos</b>			
Mano de obra (jornales)	111	3.56	395.64
Chaqueo	17		
Limpieza del terreno	10		
Siembra	18		
Deshierbas	24		
Cosecha	22		
Transporte	20		
Equipo y herramientas			5.20
Costo de oportunidad (6% de otros costos)			24.06
<b>Total costos</b>			<b>424.90</b>
Producción	15 t	79.20	1,188.11
<b>Beneficio neto</b>			<b>763.21</b>

a. \$US 1.00 = \$Bs. 2.02.

## Utilización

La yuca se consume en el país como raíz fresca, aunque la papa se prefiere en el altiplano y en los valles como fuente de carbohidratos. En las regiones de Beni-Pando y Santa Cruz se utiliza la yuca macerada para preparar un plato regional conocido como masaco, siendo ésta la principal forma de consumo en las dos regiones mencionadas. El consumo de yuca en la alimentación animal es mínimo.

1. Cambio a moneda nacional: \$US 1.00 = \$Bs. 2.02



Cuadro 4. Evaluación de variedades locales e introducidas de yuca en la Estación Experimental El Vallecito, Santa Cruz.

Entrada	Año		Altura plant (m)	Raíces en 24 m <sup>2</sup>		Peso raíces (t/ha)	Almidón (%)	Prueba degustación <sup>a</sup>	Ataque de añublo
	1980	1981		1982	Comerc. (no.)				
Pierna de Señora	X		1.7			19.2		MB	Moder.
Ligera	X		2.0			30.3		MB	—
Rosada	X		1.9			30.3		MB	—
Pata de Sucha	X		2.8			27.2		MB	—
CM 309-163	X		1.6			29.2		—	Fuerte
CM 308-197	X		1.6			29.2		—	Fuerte
Colla	X	X	1.7		34	10.0		B	Moder.
M COL 1684	X	X	2.0		54	16.1		A	—
CMC 489-1		X	2.0	X	57	17.9	35.0	R	Fuerte
CM 323-375	X	X	1.8	X	76	21.7	25.0	B	Moder.
Gancho	X	X	2.1	X	56	20.5	36.0	B	Moder.
M COL 22	X	X	1.8	X	64	18.6	34.0	A	Fuerte
CMC 40	X	X	2.3	X	98	17.3	24.0	B	Moder.
HMC 1	X	X	1.9	X	48	14.3	34.0	B	Fuerte
CM 305-38		X	1.6		82	14.4	22.5	R	—
M COL 638		X	1.8		61	9.3	11.0	R	Moder.
M PAN 70		X	2.1		31	6.8	22.0	MB	—
CM 92		X	1.8		20	2.8	24.0	A	—

a. A = amarga; R = regular; B = buena; MB = muy buena.

**Cuadro 5.** Rendimiento de variedades de yuca locales e introducidas, en la Estación Experimental de Sapecho, en septiembre de 1985 a junio de 1986.

Entrada	Rendimiento total	Ataque de roedores <sup>a</sup>
	(kg/planta)	(%)
Yuracaré	3.1	15
Testigo (local)	2.6	10
Rosada	3.4	50
Sin Nombre	2.2	20
Blanca	2.0	40
SG 711	10.4	
SM 335	10.0	
SG 758	9.2	
SG 821	7.8	
SG 787	7.4	
SM 347	7.3	
SG 804	7.2	
SM 340	6.8	
SG 817	6.4	
SG 719	5.7	
SM 339	5.5	
SG 601	5.5	
SM 361	5.2	
SG 760	4.9	
SM 765	4.3	
SG 595	4.0	
SG 830	3.8	
SG 599	0.5	

a. Los roedores que atacan son el sari y la capihuara.

## Limitaciones de la Producción

Técnicamente, la producción de yuca está afectada por el uso de variedades de bajo rendimiento, por la poca atención que recibe de los agricultores (es cultivo de subsistencia) y por el ataque de diferentes roedores (Cuadro 7), ya que se produce en la región de frontera agrícola hacia el bosque amazónico.

En la región de Yungas y Chapare la yuca se cultiva como sombrío temporal de las plantaciones de coca, y la mayoría de las veces no llega a cosecharse. Debido al alto volumen de la raíz y al elevado costo de transporte impuesto por el cultivo de la coca, la mayor parte de la yuca se consume localmente; sólo un 5% de la producción total llega a los grandes mercados.

Cuadro 6. Rendimiento de variedades de yuca en la Estación Experimental La Jota, Chapare, 1985.

Entrada	Raíces/planta		Peso total de las raíces (t/ha)	Materia seca (%)	Prueba de degustación <sup>a</sup>	Índice de cosecha
	Comerciales (no.)	Totales (no.)				
Suelakhara	5.0	11.2	28.8	30.7	B	0.57
Tuna Rosada	4.9	13.7	28.5	28.9	B	0.60
Criolla	4.6	12.4	26.7	36.1	R	0.51
Blanca 3	4.3	8.6	24.6	28.7	B	0.57
Yuracare	4.1	7.9	24.3	35.5	B	0.52
Blanca 1	4.8	12.3	24.2	34.7	B	0.57
Blanca 2	5.5	10.1	21.9	37.2	B	0.47
Amarilla 1	4.2	10.2	21.4	26.0	MB	0.53
Novogón	3.6	7.9	20.5	36.7	B	0.50
Amarilla 2	3.8	8.2	20.0	33.8	MB	0.59
Blanquita	3.1	10.7	19.1	35.2	B	0.56
Thankhara	3.1	8.3	16.5	35.7	B	0.53

a. R = regular; B = buena; MB = muy buena.

Cuadro 7. Principales plagas y enfermedades de la yuca en las regiones productoras de Bolivia.

Agente causal	Incidencia según región		
	Santa Cruz	Yungas	Chapare
<b>Hongos</b>			
Mancha parda ( <i>Cercosporidium henningsii</i> )	++		
Añublo pardo ( <i>Cercospora viscosa</i> )	++		
Mancha blanca ( <i>Phaeoramularia manihotis</i> )	++		
Roya ( <i>Uromyces</i> spp.)	+		
Ceniza yuca ( <i>Oidium manihotis</i> )	+		+
<b>Bacterias</b>			
Añublo ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>manihotis</i> )	+++		
<b>Micoplasma</b>			
Superbrotamiento	+		+++
<b>Insectos</b>			
Barrenador ( <i>Chilomina</i> spp.)	+++		+
Mosca de agallas ( <i>Jatrophobia</i> spp.)	++		+
Chinche de encaje ( <i>Vatiga manihotae</i> )	+		
Mosca del cogollo ( <i>Silba pendula</i> )			+
Gusano cachón ( <i>Erinnyis ello</i> )			+
<b>Acaros</b>	++		
<b>Otros</b>			
Jochi ( <i>Agutis</i> spp.)			+++
Armadillo o feji ( <i>Euphractus rexciuteis</i> )	+++		
Capihuara y sari		+++	

## Organización y Estrategia de la Investigación

Actualmente se realizan investigaciones en yuca en dos oficinas gubernamentales: el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) en sus estaciones experimentales de Sapecho (Yungas) y La Jota (Chapare), y la Universidad Mayor Gabriel René Moreno en su Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito (Santa Cruz). No hay mayor coordinación a nivel regional o nacional.

El objetivo principal de la investigación ha sido el mejoramiento genético, con dos tendencias principales:  
 1) reconocimiento y evaluación de material genético local, y  
 2) introducción de material genético del CIAT. También se

adelantan trabajos relacionados con: tolerancia a enfermedades y plagas, sistemas de cultivo, fertilización y control de malezas. En mejoramiento genético se pueden citar los trabajos de Aguilera (1980a, b, y c, y 1981a y b) en Santa Cruz, de Lennis (1986) en Chapare, y de Cabero (1986) en Sapecho. En cuanto a enfermedades y plagas están los trabajos Languidey (1981 y 1983) y Languidey y Aguilera (1983) en Santa Cruz. En varias regiones se han efectuado trabajos sobre sistemas de cultivos como los de Aguilera (1982b y c) y el de Lennis y Bieber (1986), sobre fertilización como el de Alvarado y otros (1985) y sobre control de malezas como el de Aguilera (1982a).

Como resultado de la investigación se tienen algunas variedades locales e introducidas que producen hasta 30 t/ha; este rendimiento duplica el promedio para el país, que es de 14.2 t/ha. Asimismo, se ha observado que en suelos degradados del Chapare es posible aumentar el rendimiento de la yuca de 14.6 a 31.0 t/ha, mediante el uso de fertilizantes.

Se ha encontrado que al asociar el cultivo de la yuca con el de leguminosas de grano, los rendimientos disminuyen de 26.7 a 20.1 t/ha, aunque la intensidad del uso de la tierra sea favorable a la asociación.

Las variedades introducidas del CIAT a Santa Cruz son en particular muy susceptibles al añublo bacteriano, aunque esta enfermedad actualmente no representa mayor problema en el país.

El estado actual de la investigación en yuca se deberá modificar en el futuro para:

- a. Lograr mayor coordinación institucional.
- b. Mejorar las facilidades para el intercambio internacional de germoplasma. El Proyecto IBTA/Chapare está construyendo un laboratorio múltiple en el que se contempla un área para cultivo de tejidos.
- c. Iniciar los estudios regionales de prueba de variedades.
- d. Capacitar personal en el cultivo de raíces y tubérculos.

- e. Lograr un financiamiento tal que permita la continuidad en la investigación.

## Conclusiones

El cultivo de la yuca se está expandiendo en Bolivia y los bajos rendimientos actuales se pueden mejorar fácilmente, de acuerdo con los promisorios resultados de la investigación realizada a partir de 1980.

Urge organizar los escasos recursos humanos y económicos existentes en el país, con el fin de buscar mejores alternativas para este cultivo, y acelerar su difusión hacia los agricultores.

## Referencias

- Aguilera, C. 1980a. Evaluación de parcelas de observación de variedades de yuca introducidas en 1979. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1980b. Evaluación de rendimiento de 4 cultivares locales de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1980c. Primera prueba regional de 6 variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la localidad de Marotos-Ichilo. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1981a. Evaluación de 5 cultivares de yuca introducidos al área integrada de Santa Cruz, tercer ciclo. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1981b. Evaluación de 10 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) introducidos al área integrada de Santa Cruz, segundo ciclo. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1982a. Control químico de malezas en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.

- . 1982b. Densidad de siembra de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1982c. Modalidad de siembra de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- Alvarado, S.; Mondoñedo, J. Lennis, J. y Bieber, J. 1985. Efecto de la fertilización con zinc y NPK sobre el rendimiento de frijol y yuca asociados en la Estación Experimental de La Jota, Chapare: Informe anual 1986. Estación Experimental La Jota, Cochabamba, Bolivia. s.p.
- Cabero, D. 1986. Introducción de clones y variedades de yuca: Informe anual 1985-1986. Estación Experimental de Sapecho, La Paz, Bolivia. p. 7-12.
- CORDECRUZ, CAO, MACA Y UBGRM. 1982. Diagnóstico agropecuario del Departamento de Santa Cruz. Santa Cruz, Bolivia. 347 p.
- Instituto Geográfico Militar. 1985. Atlas de Bolivia. Edición Geomundo. 227 p.
- Languidey, P. 1981. El añublo bacterial de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- . 1983. Enfermedades de la yuca observadas en el Departamento de Santa Cruz durante la gestión agrícola 1979-80. Revista Agrícola Boliviana de Investigación 1:43-44.
- y Aguilera, C. 1983. Factores negativos a la producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la pampa. Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito, Universidad Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. s.p.
- Lennis, J. 1986. Clasificación de 23 entradas de yuca del Chapare utilizando taxonomía numérica. Tesis (Ing. Agr.), Universidad Boliviana Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrarias y Pecuarias Martín Cárdenas H., Cochabamba, Bolivia. 75 p.
- y Bieber, J. 1986. Comparaciones de cultivos en asocio con yuca: Informe Anual 1986. Estación Experimental La Jota, Cochabamba, Bolivia. s.p.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (Bolivia). 1985. Estudio de pronóstico agropecuario 1985. Instituto Nacional de Estadísticas y Agencia Internacional para el Desarrollo, La Paz, Bolivia. p. B-6.
- Sánchez, D. y Taylor, M. J. 1986. Costos de producción de cultivos tradicionales de las provincias Chapare/Carrasco. Boletín técnico no. 5. Proyecto IBTA/Chapare, Cochabamba, Bolivia. 68 p.





# A MANDIOCA NO BRASIL

*W. M. G. Fukuda e M. C. M. Porto\**

O Brasil é o maior produtor mundial de mandioca, contribuindo com cerca de 18% de toda a produção mundial; a área cultivada é da ordem de dois milhões de hectares, o que representa 15% da área plantada com mandioca no globo. A produtividade de raízes por unidade de área —uma das mais baixas do mundo— situa-se ao redor de 11.4 t/ha (FIBGE, 1986).

Esta situação mostra que, embora o país seja o provável centro de origem da espécie e apresente condições ecológicas favoráveis (Purseglove, 1976), os sistemas de produção utilizados para o cultivo da mandioca no Brasil não são sequer suficientes para explorar 20% do potencial produtivo da espécie, estimado em 60-70 t/ha (Cock et al., 1979).

Este documento tem como objetivo ilustrar o estado atual da cultura da mandioca no Brasil, considerando a distribuição da produção, os sistemas de cultivo e os principais usos e problemas encontrados nas diferentes regiões geográficas do país. Objetiva também proporcionar uma visão da estrutura atual da pesquisa e seu potencial nas áreas de melhoramento e utilização de germoplasma, apresentando um relatório do aspecto histórico e a situação dos trabalhos que vêm sendo executados.

---

\* Respectivamente Eng. Agr., M. Sc., Melhorista e Eng. Agr., Ph.D., Fisiologista e Coordenador do Programa Nacional EMBRAPA/CNPMP (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura), Rua EMBRAPA s/n, Caixa Postal 007, 44.380 Cruz das Almas, Bahia, Brasil. M.C.M. Porto atualmente é científico do Programa de Mandioca do CIAT, sediado no IITA, Ibadan, Nigéria.

## Aspectos Climáticos

Na consideração destes aspectos poder-se-ia dividir o país em cinco regiões com umas diferenças bem marcadas entre elas de acordo às características climáticas e físicas apresentadas por cada uma.

1. Região Norte. Apresenta um clima equatorial quente e úmido, onde são encontrados cinco tipos diferentes segundo a ocorrência das chuvas. Há um predomínio de florestas equatoriais, sendo representadas pelas florestas super úmidas do alto Amazonas, as úmidas da terra firme, a úmida de igapó e a úmida de várzeas que inclui áreas de cerrado esparsamente distribuídos.
2. Região Nordeste. Apresenta grande diversidade de climas, incluindo-se desde o semi-árido quente até o quente com curta estação seca. Os tipos de vegetação predominantes são a litorânea (mangues, praias, dunas e restingas), a floresta semi-úmida do interior, a floresta seca, a caatinga, o cerrado e o campo.
3. Região Sudeste. O clima é considerado como tropical de altitude, com três tipos climáticos e uma vegetação natural de floresta úmida costeira, litorânea, semi-úmida do interior e cerrado.
4. Região Sul. Possui clima sub-tropical com dois tipos diferentes segundo a intensidade do verão. A vegetação é representada pelos tipos campo, sub-tropical, sub-tropical com *Araucaria angustifolia* e vegetação litorânea (mangues, praias, dunas e restingas).
5. Região Centro-Oeste. Aqui são reconhecidos dois tipos climáticos: o sub-tropical quente, com um semestre de inverno seco, e o tropical de altitude com semestres de inverno seco e verões quentes. Predominam a floresta seca, cerrados e o complexo do Pantanal.

O Quadro 1 fornece um resumo dos tipos climáticos para as diferentes regiões de acordo com o mapeamento climático adiantado por Carter (1986), especialmente para a cultura da mandioca.

## Situação Geral da Cultura e Limitações para a Produção

A produção brasileira de mandioca encontra-se em processo de declínio (Figura 1), apesar de ser uma fonte alimentar importante das camadas de baixa renda, as quais representam a grande maioria da população brasileira.

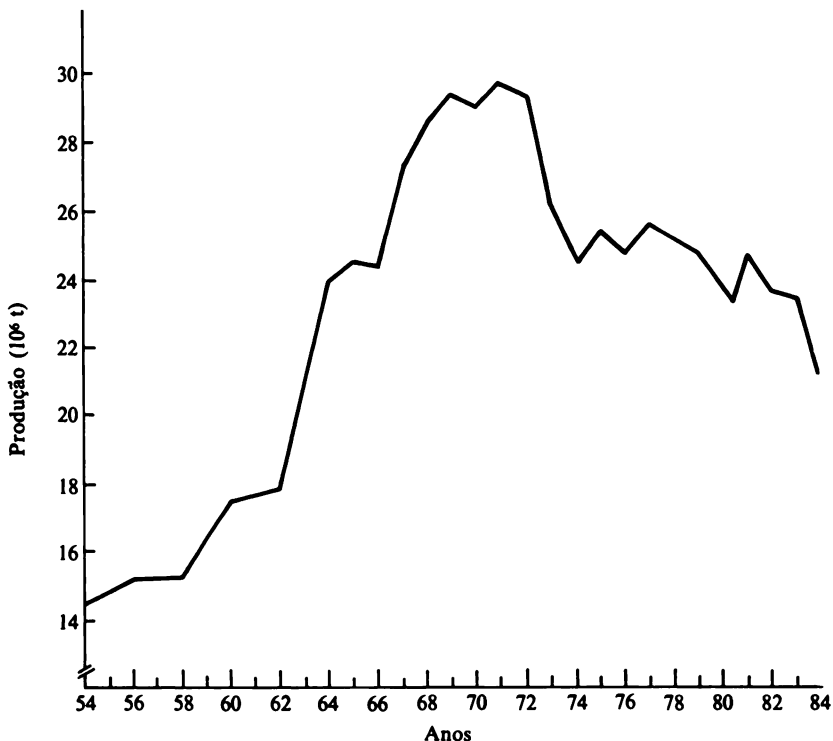


Figura 1. Evolução da produção brasileira de mandioca no período 1954-1984.  
FONTE: FIBGE, Anuário Estatístico do Brasil, 1955-1983.

Quadro 1. Médias de precipitação anual e temperatura nas diferentes regiões do Brasil, e tipos climáticos definidos por Carter (1986) no seu mapeamento climático, especialmente para a cultura da mandioca.

Região	Precipitação (mm)	Temperatura média anual (°C)	Tipos climáticos e características especiais
Norte	2000-2500		Tropical úmido. Com 2-3 meses secos (precipitação inferior a 60 mm), temperatura acima de 22 °C com oscilações menores que 10 °C.
Nordeste	650-1000	26-32	Semi-quente, isotérmico, litorâneo. Com 4-6 meses secos; isotérmicos na sua maior parte. Quente isotérmico continental. As oscilações de temperatura maiores que 10 °C, durante a estação de crescimento.
Sudeste	1250-1500	22-24	Semi-árido, isotérmico. Com 7-9 meses secos. Árido, isotérmico, com 10-12 meses secos. Quente, não isotérmico, continental de savana. Apresenta variações de temperatura superiores a 10 °C. Semi-quente, isotérmico, litorâneo. Com 4-6 meses secos. Semi-quente, não isotérmico. Com 4-6 meses secos. Semi-árido, não isotérmico. Com 7-9 meses secos.

a. Os invernos podem apresentar temperaturas muito baixas, sendo comum, em grande parte da região, o fenômeno da geada.

(Continua)

Quadro 1. Continuação.

Região	Precipitação (mm)	Temperatura média anual (°C)	Tipos climáticos e características especiais
Sul	1500-2000	16-18	Sub-tropical, úmido de altitude. Com menos de 3 meses secos; temperaturas de 18-22 °C durante a estação de crescimento das culturas.
Centro-Oeste	1500-2000	24-28	Isotérmico brasileiro de altitude. Com 4-6 meses secos, 18-22 °C durante a estação de crescimento das culturas, apresenta oscilações inferiores a 10 °C. Sub-tropical, quente, não-isotérmico, continental de savana. Com variações de temperatura maiores que 10 °C.
			Sub-tropical, úmido, de altitude. Menos de 3 meses secos e temperatura entre 18-22 °C com variações superiores a 10 °C durante a estação de crescimento das culturas.

Os fatores determinantes da estagnação da produção de mandioca poderiam ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro deles estaria ligado à política agrícola brasileira e seus reflexos no setor mandioqueiro, caracterizado por uma grande pulverização da produção, predominantemente minifundiária, com mercados atuais restritos e pouco assistido pelos mecanismos de crédito. O segundo grupo de fatores limitantes à produção é caracterizado por limitações de ordem tecnológica, as quais interferem mais no rendimento da cultura.

Desde 1984, por ocasião da realização da reunião de Avaliação do Programa Nacional de Pesquisa de Mandioca, realizada no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, com a presença de quase uma centena de pesquisadores, agentes de extensão rural e outros segmentos do setor mandioqueiro brasileiro, há um consenso de que os fatores alheios à pesquisa agrícola são aqueles que mais contribuem para o menor crescimento da cultura no Brasil.

A falta de mercados alternativos para as raízes de mandioca faz com que haja uma séria limitação da demanda, a qual restringe-se à produção de farinha de mesa e, em áreas localizadas, à fabricação de amido e à alimentação animal a nível de propriedade.

Tomando-se como média a distribuição da produção e o perfil de utilização nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, conforme o trabalho publicado por Ibañez-Meier et al. (1987), 54% das raízes são utilizadas para o fabrico de farinha; 23% para a alimentação animal; 14% para o consumo 'in natura'; e 9.5% para a produção de amido. É lógico que, a depender das diferentes regiões, os valores variam amplamente. Por exemplo, cerca de 80% da mandioca produzida no Sul é utilizada na alimentação animal, enquanto que na Região Norte 91% é destinado à produção de farinha. Vale a pena ressaltar que a maior parte da mandioca utilizada para o arraçamento animal é fornecida diretamente aos animais, a nível de propriedade, sem qualquer balanceamento prévio ou preparo industrial.

Por outro lado, a distribuição desigual dos recursos de crédito agrícola também prejudica a produção de mandioca. No período

1972-1984, a participação da cultura em relação ao total de recursos destinados à produção agrícola foi da ordem de 1% (Ibañez-Meier et al., 1987). Levantamentos realizados nas quatro maiores regiões produtoras de mandioca, mostram que cerca de 83% dos produtores entrevistados (de um total de 1200), não têm acesso ao crédito público ou privado.

Uma estimativa dos valores médios de financiamentos concedidos por contrato bancário e por produto/ano (Porto, 1986), mostra que a cultura da mandioca é aquela que recebe os menores financiamentos por contrato. Em 1982 esses valores foram equivalentes ao 20.8%, 77.2%, 39%, 9.9%, e 3.2% dos valores médios correspondentes aos contratos de financiamento concedidos às culturas de arroz, feijão, milho, soja e cana-de-açúcar, respectivamente (Figura 2).

O principal fator de restrição ao crescimento da cultura é a própria política agrícola brasileira e, como resultado, a disponibilidade interna *per capita* de raízes no Brasil passou de 100 kg/habitante/ano em 1973, para cerca de 80 kg/habitante/ano em 1982 (FIBGE, 1985).

A política de preços subsidiados, adotada pelo Governo Brasileiro para alguns produtos, a exemplo do trigo, prejudica notavelmente a produção e comercialização de sucedâneos como a mandioca. Entre 1970 e 1980, o consumo *per capita* de farinha de mandioca caiu de 23.5 kg/habitante para 12 kg/habitante, enquanto que o consumo de trigo se elevou de 25.2 kg/habitante para 45.5 kg/habitante; no mesmo período, a relação entre o preço da farinha e o do trigo, se elevou de 0.64 para 2.95. Tal modificação nos preços relativos dos dois produtos têm dirigido o consumo para o lado do trigo (grande parte do qual é importado), em detrimento da farinha de mandioca ou outros produtos da cultura.

## **Região Norte**

Conforme mostra o Quadro 2, a região Norte contribui com cerca de 16% da produção brasileira de mandioca (FIBGE, 1985), com uma produção equivalente a 3.4 milhões de toneladas.

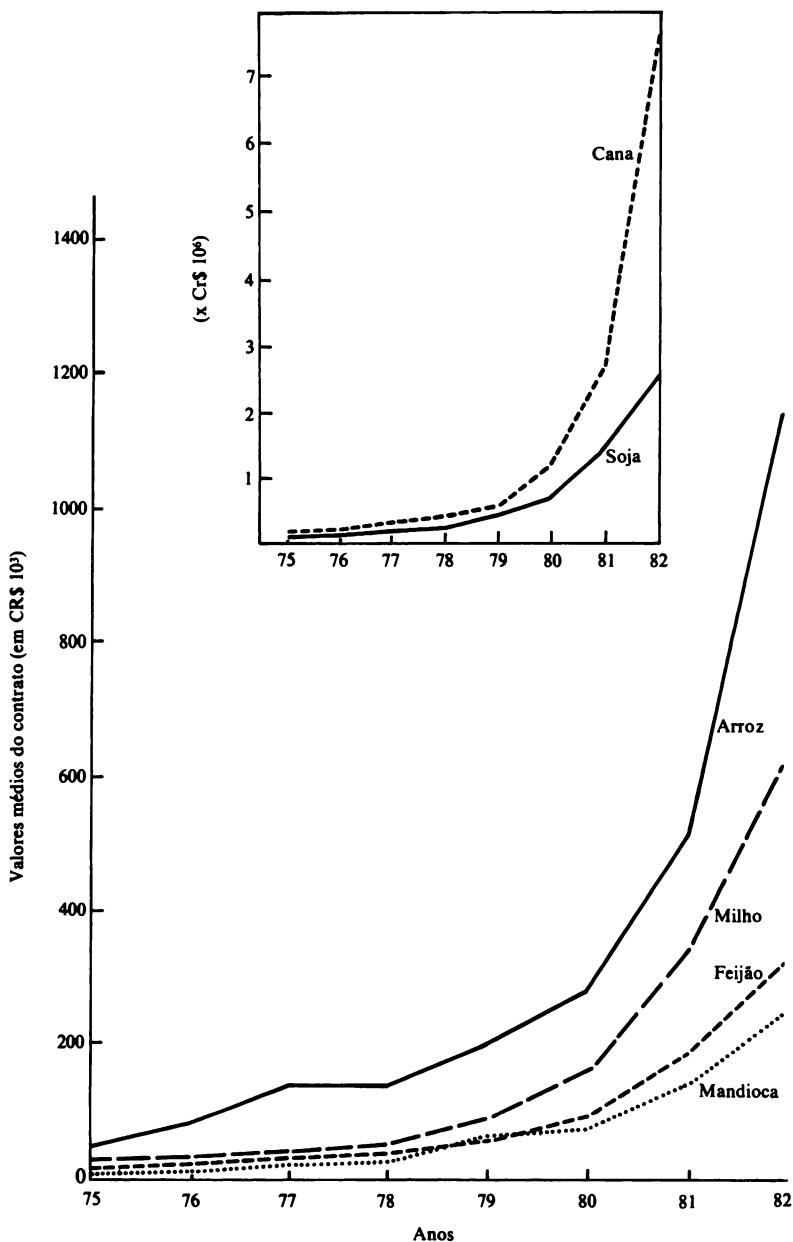


Figura 2. Valores médios dos contratos de financiamentos para custeio da produção de arroz, milho, feijão, mandioca, soja e cana-de-açúcar, concedidos pelo Sistema Nacional de Crédito Rural, no período 1975-1982.

FONTE: FIBGE, Anuário Estatístico do Brasil, 1976-1983.



**Quadro 2. Área colhida, produção de raízes e rendimento por unidade de mandioca no Brasil, em 1984.**

Regiões e Estados	Área colhida (10 <sup>3</sup> ha)	Produção de raízes (10 <sup>3</sup> t)	Rendimento (t/ha)
<b>Norte</b>			
Rondônia	26.3	442.9	16.84
Acre	17.8	315.8	17.74
Amazonas	75.8	908.4	11.98
Roraima	3.2	44.3	13.84
Pará	133.7	1645.3	12.30
Amapá	5.0	47.6	
<b>Nordeste</b>			
Maranhão	204.1	1647.0	8.07
Piauí	61.7	676.4	10.96
Ceará	95.6	884.3	9.25
Rio Grande do Norte	52.1	479.5	9.20
Paraíba	51.1	568.8	9.17
Pernambuco	149.8	1516.3	10.12
Alagoas	16.4	155.9	9.51
Sergipe	28.3	363.2	12.83
Bahia	382.5	4557.1	11.91
<b>Sudeste</b>			
Minas Gerais	91.3	1063.4	11.65
Espírito Santo	27.7	482.1	17.40
Rio de Janeiro	13.1	208.3	15.90
São Paulo	30.9	653.2	21.13
<b>Sul</b>			
Paraná	73.7	1444.2	19.32
Santa Catarina	83.1	1090.4	13.12
Rio Grande do Sul	127.3	1410.2	11.08
<b>Centro-Oeste</b>			
Mato Grosso	20.2	266.8	13.21
Mato Grosso do Sul	20.2	342.1	16.93
Goiás	24.1	346.0	14.35
Distrito Federal	0.3	2.4	8.00
<b>Total Brasil</b>	<b>1815.5</b>	<b>21466.2</b>	<b>11.82</b>

FONTE: FIBGE, 1985.

Apesar do uso de sistemas de produção bastante rudimentares, a produtividade média da região é superior à média nacional, chegando a alcançar 13 t/ha, em uma área cultivada que representa 14% do total da área ocupada com mandioca no Brasil. A maior concentração da cultura na região está na Zona

Ecológica do Estuário (Teixeira e Cardoso, 1983). Dentro daquela zona, conforme ressaltado por de Albuquerque e Cardoso (1980), a mandioca se distribui, principalmente, nas subzonas de Bragantina, Salgado e Guajarina (Nordeste Paraense), Cameté (Tocantins), Santarém, Alenquer, Óbidos e Monte Alegre (Baixo Amazonas), Parintins, Maués, Itacoatiara, Careiro e Paraná da Eva (Madeira e Rio Negro), Yata (Rondônia), Alto Purús e Juruá (Acre).

O ciclo de produção da cultura depende, principalmente, do tipo de área em que esta é plantada; em terra firme a colheita é realizada entre 12 e 24 meses de ciclo, enquanto que em área de várzeas esta é efetuada a partir de 7-8 meses de idade. De acordo com levantamentos recentes, 49% da mandioca plantada na região Norte são colhidos com 12 a 18 meses e 38% são colhidos com idade inferior a 12 meses (Ibañez-Meier et al., 1987).

Os dados de produção, área cultivada e rendimento de raízes em cada um dos Estados e Territórios que formam a região Norte, encontram-se no Quadro 2.

A mandioca produzida na Região Norte é, na sua quase totalidade, aproveitada para a produção da farinha de mesa. Cerca de 90% das raízes produzidas são convertidas em farinha (Teixeira e Cardoso, 1983; Ibañez-Meier et al., 1987); os restantes 10% se destinam ao consumo sob as formas de raízes cozidas ou na preparação de pratos regionais, fécula e aguardente.

**Fatores limitativos.** A baixa fertilidade dos solos, o baixo nível de conhecimento dos produtores, a falta de mercados alternativos que propiciem a expansão da cultura, a indefinição de tecnologias diferenciadas para o cultivo em terra firme e em várzeas, o encharcamento do solo que resulta em podridões radiculares, e a presença de superalongamento e ácaros são as principais limitações para a cultura. Também ocorrem ataques esporádicos de trips, cochonilhas (*Phenacoccus herreni*) e mandarová, sem causarem prejuízos de importância econômica. Os solos, na sua maioria, apresentam baixa fertilidade.

O plantio é feito, principalmente, entre os meses de janeiro e junho, utilizando-se cultivares regionais tradicionalmente

plantadas pelos agricultores, sem aplicação de fertilizantes, corretivos ou quaisquer outros insumos modernos. Não existe uniformização no tamanho das estacas de plantio (varia entre 10 e 20 cm de comprimento, dependendo, principalmente, da disponibilidade de material) sem tratamento fitossanitário.

## **Região Nordeste**

A mandioca é amplamente cultivada em todos os estados que compõem a região Nordeste do Brasil. O maior produtor da região e do país é o Estado da Bahia, contribuindo com cerca de 17% de toda a produção nacional e 40% da produção regional de raízes frescas (FIBGE, 1986). Por ordem decrescente de produção se seguem os Estados do Maranhão, Pernambuco, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe e Alagoas (Quadro 2).

O rendimento da cultura é o menor do país (10.1 t/ha), embora exista, na região, uma grande tradição de cultivo e áreas adequadas (como aquelas localizadas em toda a faixa litorânea oriental) para a produção.

Na grande maioria das propriedades o cultivo da mandioca é feito utilizando-se mão-de-obra familiar e uso quase nulo de insumos modernos. Estima-se que 78% das propriedades da região dedicadas ao cultivo da mandioca têm menos de 10 ha, e destes, cerca de 2.4 ha, em média, são plantados com mandioca; a maioria das lavouras são colhidas com 12 a 18 meses de ciclo (Ibañez-Meier et al., 1987).

Grande parte da produção é obtida em sistema consorciado. As culturas intercalares mais comuns são o milho e o feijão, permitindo ao agricultor diversificar a produção de alimentos na sua pequena área de cultivo. As práticas de consorciação adotadas são empíricas, não se observando qualquer sistematização em termos de época de plantio, espaçamento e densidades populacionais, dentre outras, o que resulta em uma baixa eficiência do sistema consorciado.

Cerca de 68% da produção regional de raízes é destinada, principalmente, à fabricação de farinha, utilizando pequenas e

rústicas unidades industriais conhecidas como 'casas de farinha'; a comercialização de raízes frescas para consumo 'in natura', absorve 29% da produção (Ibañez-Meier et al., 1987).

**Fatores limitativos.** A cultura enfrenta sérios problemas na região. O baixo nível tecnológico adotado pelos produtores resulta em sistemas de produção antiquados e ineficientes; a irregularidade pluviométrica é o fator que mais limita a produção da cultura, apesar da sua elevada tolerância à seca; a destinação de áreas menos férteis sem a utilização de adubos ou corretivos e a não obediência de técnicas simples e eficientes recomendadas pela pesquisa, contribuem para os baixos níveis de produtividade da mandioca na região Nordeste.

Dentre os problemas fitossanitários apresentados pela cultura destacam-se as pragas, especialmente aquelas cuja ocorrência está associada a condições de clima seco, como ácaros, percevejo de renda e cochonilha. Ocorrem também ataques de mandarová, broca do caule e mosca branca (*Aleurothrixus aepim*). As doenças mais importantes da região são a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, e podridões radiculares cujos agentes causais são, principalmente, *Fusarium* spp. e *Phytophthora drechsleri*. A ocorrência de podridões está associada a solos sujeitos a encharcamento, sendo este fato mais grave nos Estados de Alagoas, Paraíba e Sergipe.

## Região Sudeste

A área ocupada com a cultura da mandioca na região Sudeste do Brasil, em 1984, era de 164,000 ha (cerca de 9.1% da área total plantada no país). A produção de raízes, por sua vez, está ao redor de 2.40 milhões de toneladas que representam 11.5% da produção brasileira. Desta forma, o rendimento médio por unidade de área é o mais alto do país, chegando a 14.8 t/ha (Quadro 2).

O Estado de São Paulo apresenta o maior rendimento de raízes da região, o qual é também o mais elevado do país: 20.3 t/ha. Naquele estado a cultura se concentra, principalmente, na Divisão Regional Agrícola de Marília, que compreende os

municípios de Campos Paulista, Cândido Mota, Ibirarema, Palmital, Platina, Ribeirão do Sul, Salto Grande e São Pedro do Turvo; e na Divisão Regional Agrícola de Campinas que compreende como municípios maiores produtores, Artur Nogueira, Casa Branca, Conchal, Mogi Mirim, Porto Ferreira e Santa Maria da Serra (Furtado, 1983).

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de mandioca da região Sudeste, com um total de 1.1 milhões de toneladas de raízes (a área cultivada é de 92,000 ha e a produtividade 12 t/ha). A cultura é plantada em todo o estado, mas concentra-se principalmente nas Microrregiões Homogêneas de Montes Claros, San Franciscana de Januária, Alto do Rio Pardo, Pastoril de Almenara, Mineradora de Diamantina, Teófilo Otoni, Formiga, Bacia do Manhaçú, Pastoril de Pedra Azul e Alto São Francisco (Furtado, 1983).

O Espírito Santo é o terceiro produtor da região. Ali a cultura se concentra no nordeste do estado, onde se verifica a maior produção de raízes. A produtividade média é de aproximadamente 17.4 t/ha (FIBGE, 1986).

O Estado do Rio de Janeiro contribui com cerca de 12% da mandioca produzida na região Sudeste. A maior área de concentração da cultura é a parte oriental da região Norte Fluminense, principalmente os municípios de São João da Barra e Campos, os quais respondem por 97% da produção (Furtado, 1983).

A produção total da região é destinada principalmente à alimentação humana 'in natura', sob a forma de farinha de mesa, e para o fabrico de amido, especialmente no Estado de São Paulo. Em termos percentuais, cerca de 53% da produção são destinados à fabricação de farinha, enquanto que 36% são dirigidos para a produção de amido (Ibañez-Meier et al., 1987).

O cultivo da mandioca é feito, na sua maioria, por pequenos agricultores que utilizam mão-de-obra familiar. À exceção do Estado de São Paulo, onde o nível tecnológico do sistema de produção é mais elevado, as práticas culturais utilizadas na região são antiquadas e refletem a condição de 'cultura de subsistência'.

**Fatores limitativos.** As principais limitações da cultura são: o pouco uso das tecnologias disponíveis para a produção, a utilização de cultivares não recomendadas e pouco produtivas, não-adoção de épocas adequadas de plantio, a baixa fertilidade do solo e a interferência de pragas e doenças (Furtado, 1983).

O principal problema fitossanitário é a bacteriose, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*, a qual ocorre com maior gravidade nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Nesses estados e, especialmente nas áreas sob vegetação de cerrado, mais predominantes em Minas Gerais, os danos causados pela doença são agravados pelas condições de baixa fertilidade dos solos, as quais não são corrigidas para o plantio.

## Região Sul

Os Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul compreendem a região Sul do Brasil. A região contribui com cerca de 18% da produção brasileira de mandioca e ocupa 16% da área plantada com a cultura (FIBGE, 1986). O rendimento médio de raízes por unidade de área está ao redor de 14 t/ha (Quadro 2).

A produção de raízes se destina à alimentação humana e animal, bem como à fabricação de amido. No Estado do Rio Grande do Sul a maior parte das raízes produzidas é utilizada na alimentação de animais, a nível de propriedade, enquanto em Santa Catarina e Paraná além do arraçamento animal, principalmente suínos e bovinos, uma parte considerável da produção é destinada à fabricação de farinha de mesa e amido. Uma estimativa da distribuição da produção de mandioca na região Sul mostra que 80% são destinados à alimentação animal (Ibañez-Meier et al., 1987).

O sistema de cultivo é influenciado pelas características climáticas peculiares presentes ao sul do Brasil (invernos frios), o que requer maiores cuidados para a conservação de ramas a serem utilizadas para os plantios; se utilizam diferentes métodos de conservação —dos quais o mais original é representado por ‘túneis’ ou silos subterrâneos—, os quais permitem a manutenção do poder de brotação das estacas (Ternes e da Silva, 1983).

O ciclo da cultura estende-se, em geral, por 18 meses embora em algumas regiões, como o sul de Santa Catarina e o Estado do Paraná, a colheita seja efetuada com até 10 meses de ciclo (Ternes e da Silva, 1983). Nos plantios de dois ciclos (18 meses) a poda da parte aérea é feita no início do inverno (abril), de maneira a evitar a morte pela geada e garantir a disponibilidade de estacas para o próximo plantio.

**Fatores limitativos.** O principal problema encontrado pelos produtores, como já abordado anteriormente, é a comercialização da mandioca e seus derivados, como reflexo da falta de mercados alternativos estáveis de garantia de preços remuneradores e de uma competição desvantajosa com outros produtos. Os problemas culturais, em ordem de importância, são a bacteriose e a antracnose; a praga mais importante é o mandarová, embora os danos e os ataques estejam mais controlados a partir da disseminação do *Baculovirus erinnyis*, principalmente no Estado de Santa Catarina.

### **Região Centro-Oeste**

Esta região tem a menor contribuição em produção e área plantada com mandioca no país; os estados de região produzem 947,000 t de raízes por ano, em uma área plantada de 65,000 ha, proporcionando uma produtividade de 14.6 t/ha (FIBGE, 1986). Os maiores rendimentos de raízes (16.5 t/ha) são obtidos no Estado de Mato Grosso do Sul (Quadro 2).

A produção é destinada ao consumo 'in natura', sendo Mato Grosso do Sul o estado com o nível de consumo mais elevado, à fabricação de farinha de mesa e polvilho, bem como à alimentação animal a nível de propriedade.

**Fatores limitativos.** Os problemas básicos da cultura são a utilização de sistemas de produção inadequados ou mal-adaptados de outras regiões do Brasil, a falta de seleção e preparo de estacas para plantio, o manejo inadequado do solo e a ocorrência de bacteriose (Corrêa, 1983). Estes problemas se refletem diretamente nos níveis de produtividade.

## **Organização e Estratégia da Pesquisa em Melhoramento**

### **Histórico**

Os trabalhos de pesquisa em melhoramento de mandioca no Brasil foram iniciados na década de 1940 por institutos de pesquisa regionais ou estaduais que, isoladamente e sem nenhuma ou pouca integração inter-institucional, procuravam atender aos objetivos e necessidades de suas regiões. Na região Sudeste, as primeiras pesquisas em melhoramento genético de mandioca foram realizadas em São Paulo, pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a partir do ano de 1940 (EMBRAPA, 1984; da Conceição, 1979; Normanha, 1971), utilizando o método de cruzamento livre para a obtenção dos primeiros clones. Posteriormente, em 1948 foram iniciados trabalhos de cruzamentos controlados no sentido de incorporar genes favoráveis a variedades comerciais (Normanha, 1971 e 1972; Pereira e Lorenzi, 1975).

A partir de 1969 o programa foi ampliado com um aumento significativo do número de campos de cruzamentos, chegando-se a obter até 60,000 sementes por ano. Paralelamente aos trabalhos de cruzamentos, o Instituto Agrônomo de Campinas efetuou uma coleta sistemática de cultivares de mandioca no Estado de São Paulo; hoje este instituto possui um acervo de cerca de 350 acessos em sua coleção. Desse trabalho se obteve um elevado número de clones, para múltiplas finalidades, dos quais muitos são atualmente utilizados pelos agricultores do Estado de São Paulo e estados circunvizinhos, destacando-se as cultivares Mantiqueira (IAC-2 24-2), IAC-14-18, IAC-7-127 e IAC-5-116 (Normanha, 1971 e 1972; Pereira e Lorenzi, 1975; EMBRAPA, 1984).

No Estado de Minas Gerais os trabalhos de melhoramento tiveram início através do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), com a coleta das cultivares mais difundidas no estado. A avaliação desse material possibilitou a seleção de tipos bem adaptados às condições do Estado de Minas Gerais, sobressaindo-se as cultivares Vassourinha Sel-514,



Riqueza IPEACO, Mantiqueira (IAC-24-2), Branca de Santa Catarina (EMBRAPA, 1984). Esta última, ainda hoje é bastante utilizada pelos agricultores da região. Dentre os materiais de cruzamentos, destacam-se a 'Híbrida', por sua resistência à bacteriose (Corrêa, 1973 e 1977; Bueno, 1984; Bueno e Fukuda, 1984; EMBRAPA, 1984).

No Estado do Rio de Janeiro, as pesquisas em melhoramento de mandioca foram iniciadas pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS) e se resumiram na avaliação de 195 cultivares introduzidas de outras regiões; Manjarí, Licona, Santa Cruz e Espingarda foram selecionadas e recomendadas aos agricultores dos Estados de Rio de Janeiro e Espírito Santo (de Nunes e de Oliveira, 1972).

Na região Norte do Brasil, as primeiras pesquisas em melhoramento genético de mandioca foram conduzidas pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) a partir de 1947, quando se efetuaram os primeiros cruzamentos controlados e autofecundações, além da coleta de cultivares regionais. O material coletado e os novos clones criados foram avaliados, selecionando-se cultivares para diferentes finalidades de utilização: a Amazonas e Cariri para consumo humano; Mameluca, Hamburguesa, Pretinha e Jurará para farinha e amido; Cachimbo e Xingu para tucupi; IAN-1 e IAN-2 para forragem (de Albuquerque, 1961, 1969, 1972, 1973; de Albuquerque e Cardoso, 1980 e 1982). Atualmente as cultivares mais difundidas no meio rural da região são aquelas oriundas dos trabalhos de seleção do material regional.

Na região Nordeste, o melhoramento da mandioca foi iniciado em 1952 pelo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Leste (IPEAL), com a coleta e avaliação de cultivares do Recôncavo Baiano e municípios circunvizinhos; se identificaram algumas cultivares promissoras das quais destacam-se a Aipim Bravo, Cigana Preta, Platina e Sutinga que ainda permanecem em cultivo na região (da Conceição, 1976; EMBRAPA, 1984). No início da década de 1960, foram produzidos pelo IPEAL os primeiros clones de cruzamentos livres originando os clones SIPEAL-01 a SIPEAL-08, que apresentaram bom

comportamento em alguns estados do Nordeste (da Conceição, 1979). Também em 1960 o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Nordeste (IPEANE), realizou um trabalho de coleta e avaliação de cultivares de mandioca, chegando a manter uma coleção com 120 acessos dos quais foi possível selecionar algumas cultivares adaptadas à região, entre elas a Lagoa, Saracura e Amazonas (dos Santos, 1972).

Em 1969 foi iniciado, pela Escola de Agronomia da Universidade Federal de Bahia, em Cruz das Almas, um amplo programa de melhoramento genético com a mandioca para as condições do Nordeste; se coletaram inúmeras cultivares em diversas regiões do Nordeste até formar uma coleção com 267 cultivares. Em 1975 se efetuaram os primeiros trabalhos de cruzamentos resultando a produção de milhares de híbridos dos quais se sobressaíram o 'EAB 501' e 'EAB 451' (da Conceição, 1976 e 1979; EMBRAPA, 1984). De acordo com da Conceição (1976), na maioria dos estados do Nordeste as atividades em melhoramento de mandioca têm se restringido à manutenção de germoplasma e competição de variedades; através desses trabalhos inúmeras cultivares têm sido identificadas e recomendadas para as mais diferentes condições da região.

Na região Sul do país, os trabalhos de melhoramento com a mandioca foram iniciados em 1942, pela Secretaria de Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, com a formação de uma coleção de 500 acessos de cultivares oriundas de vários estados do Brasil. Apesar da ênfase principal se concentrar na avaliação do material coletado, alguns híbridos foram produzidos a partir de cruzamentos livres e controlados (Machado, 1973; EMBRAPA, 1984). Esse trabalho proporcionou a obtenção de genótipos para diferentes finalidades, entre elas o Aipim Gigante L-7 para o consumo humano; Taquari R-13 para forragem, Híbrida S-18-7 e Híbrida S-1-17 para uso industrial. Muitas dessas cultivares ainda são amplamente utilizadas na região (EMBRAPA, 1984; Bueno e Fukuda, 1984).

A partir de 1972 a organização e estratégia de pesquisa no Brasil foram modificadas com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e posteriormente com a

organização do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA) formado pelos centros nacionais, empresas estaduais, unidades de execução de pesquisa, universidades e centros de serviços e programas integrados (Alves, 1983). Em 1975 foi criado o Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF) em Cruz das Almas, Bahia, e dentre suas responsabilidades esteve a coordenação das pesquisas com mandioca no Brasil.

### **Situação atual e projeções**

A partir de 1976, as pesquisas passaram a ser coordenadas pelo CNPMPF e executadas pelas unidades de pesquisa integrantes do SCPA, inclusive o CNPMPF, e seus projetos integram atualmente o Programa Nacional de Pesquisa de Mandioca (PNP-Mandioca). Tais projetos são elaborados e executados por cada unidade do SCPA em função das prioridades de cada região, com o objetivo de solucionar os problemas de natureza varietal mais limitativos à cultura da mandioca a nível regional ou estadual. Grande parte dos projetos de pesquisa no PNP-Mandioca estão concentrados na área de melhoramento e visam, em sua maioria, a coleta, introdução e avaliação das cultivares existentes no Brasil; isto indica que grande parte dos trabalhos de criação de clones— outrora desenvolvidos por instituições regionais ou estaduais— foram dirigidos para a avaliação do germoplasma melhorado e/ou nativo. No entanto, face à grande variabilidade genética disponível e ainda pouco explorada no Brasil, o trabalho atual de coleta e avaliação de cultivares de mandioca tem contribuído bastante para a identificação de cultivares superiores que possam ser utilizados diretamente pelo agricultor, ou como progenitores em trabalhos de cruzamentos (Quadro 3).

Vale salientar que as principais cultivares de mandioca plantadas no Brasil, com exceção da região Sudeste, são oriundas de trabalhos desse tipo efetuados antes da criação do PNP-Mandioca. Dos programas de melhoramento iniciados na década de 1940, utilizando o método de hibridação, apenas o do IAC teve continuidade, sendo, inclusive, intensificado através da produção anual de milhares de novos híbridos, visando obter

Quadro 3. Cultivares de mandioca selecionadas até 1986 através dos projetos de introdução e avaliação de cultivares, das unidades do SCPA integrantes do PNP-Mandioca.

Regiões	Estados	Cultivares
Nordeste	Maranhão	Goela de Jacú.
	Piauí	Vermelhinho, Amansa Burro, Babutí, Maria dos Anjos.
	Ceará R. G. do Norte	Jaburú e EAB-451.
	Paraíba	Chapéu de Couro, Passarinha
	Pernambuco	Passarinha, Aipim Bravo Branco, Amazonas, Escondida, Guagiru e Riqueza.
	Alagoas	SIPEAL-1, Roxinha, Var. 77 e Jaburú.
	Sergipe	Aipim Bravo Branco, Cigana Preta, Itapicurú da Barra, Unhinha, Caravela e Mangue.
	Bahia	Maria Pau, Paulo Rosa var. 77.
Norte	Pará	Tapioqueira, Chapéu de Sol, Inajá e Sacai.
	Amazonas	Paulo Rosa, Cachimbo.
	Macapá	Acreana.
	Roraima	EAB 596, Seis meses e BGM 018.
Centro-Oeste	Brasília	IAC-24-2, IAC-14-18, IAC-352-6, IAC-352-7, IAC-12-829 e IAC-7-127.
	Minas Gerais	Sonora, IAC-14-18, IAC-12-829, Engana Ladrão.
Sudeste	São Paulo <sup>a</sup>	IAC-12-829 e IAC-576-70.
	R. de Janeiro	Licona, São Paulo, Mirim, Cano de Espingarda, Julião, Unha, SFG-696.
	E. Santo	Unha, Veada, Amazoninha Preta, Sutinga, Pão do Chile, Julião Roxo, Sinhá está na mesa, Cacai, Ovo.
Sul	S. Catarina	Mico, Aipim Gigante, Mandim Branca, EMPASC-25 p. Machado, Taguari SRT 1090.
	R. G. do Sul	Mico, Taquarí.

a. Oriundo de cruzamentos no IAC.

FONTE: Relatórios de Pesquisa do PNP-Mandioca, 1986.

genótipos resistentes à bacteriose e com boa adaptação às condições do Estado de São Paulo. Merece destaque o clone IAC-12-829, o qual, além de resistência à bacteriose, apresenta boa produtividade de raiz e adaptação às condições de Cerrado (Corrêa e Ternes, 1982).

Em 1978 deu-se início no CNPMF a um programa de melhoramento com objetivos mais amplos, como obtenção de genótipos adaptados a diferentes ecossistemas do país e resistentes aos fatores mais limitativos ao cultivo da mandioca (Quadro 4). O programa é de natureza cooperativa e tem como ponto básico a perfeita integração entre o CNPMF e as unidades do SCPA localizadas em cada um dos ecossistemas.

As atividades de melhoramento incluem a introdução e avaliação em cada ecossistema de cultivares e clones; seleção dos melhores progenitores para comporem os campos de cruzamentos na sede do CNPMF; e avaliação das progênes nos ecossistemas para os quais foram obtidos. Até o momento, já foram introduzidos e avaliados, nos diferentes ecossistemas, cerca de 25,000 genótipos assim distribuídos: 6,123 no cerrado, 2,800 no trópico temperado, 3,874 no trópico úmido, 7,853 no litoral do nordeste e 3,695 na região de transição cerrado-trópico úmido.

Os principais resultados obtidos através desse trabalho têm sido a identificação de progenitores superiores —os quais atualmente fazem parte de campos de cruzamentos na sede do CNPMF— para a obtenção de novos clones com características específicas para os respectivos ecossistemas. Nesse grupo estão incluídos alguns clones resistentes à bacteriose e com boa adaptação as condições de Cerrado, Norte e Nordeste. Além disso algumas cultivares com alto potencial produtivo e boa capacidade de adaptação têm sido identificadas e recomendadas para uso direto pelos agricultores: no litoral do Nordeste, a BGM 187 (Jaburu); no trópico úmido a BGM 120 (Paulo Rosa) e a BGM 021 (Cachimbo); no trópico sub-úmido a BGM 195 (São João). Neste último ecossistema, onde os trabalhos estão mais avançados em relação aos demais, já dispõem-se de novos clones em fase final de avaliação.

Quadro 4. Identificação dos ecossistemas (ES) selecionados para a realização de trabalhos de melhoramento de mandioca no Brasil.

Ecosistemas	Cidade, Estado	Descrição
ES-1 (cerrados)	Felixlândia-MG	Solos ácidos e pobres; precipitação média anual de 1235 mm, concentrada entre outubro e maio; temperatura média anual de 22 °C; ambiente favorável ao desenvolvimento da bacteriose, ácaros, trips e percevejo de renda.
ES-2 (trópico úmido)	Belém-PA	Precipitação média anual elevada (1900-2000 mm); temperatura alta durante todo o ano, com média de 26 °C; ambiente favorável à ocorrência de doenças fúngicas, presença de superalongamento e podridões de raízes.
ES-3 (cerrado/trópico úmido)	SINOP-MT	Regime pluviométrico dividido em 6 meses de chuvas (2400 mm) e 6 meses de seca; ambiente favorável à bacteriose, antracnose, superalongamento, ácaros e percevejo de renda; grande variação na fertilidade e características físicas dos solos.
ES-4 (litoral nordestino)	Pacajus-CE	Precipitação média anual de 700 mm; ocorrência de secas prolongadas; temperatura média anual em torno de 27 °C; ambiente propício à ocorrência de cercosporiose e ao ataque de ácaros, trips, percevejo de renda e <i>Phenacoccus herreni</i> .
ES-5 (sub-trópico)	Itajai-SC	Baixas temperaturas no inverno com precipitação média anual em torno de 1200 mm; ambiente favorável ao desenvolvimento de bacteriose e antracnose.
ES-6 (trópico sub-úmido)	Cruz das Almas-BA	Precipitação média anual em torno de 1200 mm, concentrada principalmente entre maio e julho; temperatura média anual de 24 °C e umidade relativa em torno de 80%; solos de baixa fertilidade; ocorrência de trips, ácaros, percevejo de renda e antracnose.

No que diz respeito à introdução de híbridos em alguns ecossistemas, o trabalho evoluiu mais rapidamente graças à cooperação prestada pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), através do fornecimento de sementes oriundas de cruzamentos entre progenitores selecionados em alguns ecossistemas semelhantes aos atualmente trabalhados.

Como base no seu programa de melhoramento genético o CNPMF iniciou em 1976 a formação de um banco de germoplasma de mandioca o qual conta atualmente com 924 acessos devidamente caracterizados sob os aspectos morfológicos e agrônômicos. Esse material tem alimentado projetos de introdução e avaliação de cultivares do PNP-Mandioca, permitindo a sua avaliação em um maior número de ambientes, subsidiando assim o programa de melhoramento genético da mandioca do CNPMF, com a identificação de progenitores adaptados a um maior número de ambientes específicos, além daqueles previamente selecionados pelo Centro.

O intercâmbio internacional do germoplasma de mandioca é processado através do Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN), sob a forma de cultivos *in vitro* ou sementes sexuais. Como, até o momento, não há indicações da existência do vírus do mosaico africano no país (Ezeta e da Cunha, 1982), a entrada de material oriundo de África não é permitida; se considera que o Brasil deve restringir o intercâmbio de germoplasma com países que mantenham em suas coleções material originário daquele continente.

Apesar da abrangência do programa de melhoramento genético de mandioca do CNPMF, torna-se necessário uma maior concentração de esforços no desenvolvimento de novos clones específicos, para atender a todos os micro-ecossistemas existentes no país. No entanto, isso se torna inviável apenas pela ação direta do CNPMF, considerando a enorme diversidade edafo-climática que se observa no Brasil, favorecendo o desenvolvimento de uma série de fatores que limitam a cultura, os quais, em sua maioria, são regionalizados. Baseado nisso foi projetada pelo CNPMF uma nova estratégia de atuação da pesquisa em melhoramento genético da mandioca no Brasil,

através da criação de pólos regionais (Porto, 1984; Bueno e Fukuda, 1984). Esses pólos deverão ser unidades do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, estrategicamente localizados em ecossistemas representativos das diversas regiões mandioqueiras do país (Bueno e Fukuda, 1984; Porto, 1984).

A estratégia de atuação dos pólos regionais baseia-se no agrupamento de unidades de pesquisa do SCPA em torno de outras unidades de pesquisa que as hospedariam, com características e problemas semelhantes (Porto, 1984). Cada pólo teria a função de desenvolver projetos regionais de melhoramento genético de mandioca, procurando atender a problemas e objetivos de um maior número de regiões dentro de cada ecossistema. O CNPMF continuaria como unidade coordenadora do Programa Nacional de Melhoramento da Mandioca, diretamente ligado a esses pólos, os quais, por sua vez, estariam ligados diretamente às Unidades Estaduais de Pesquisa localizadas dentro de cada região (Figura 3).

## **Conclusões**

A mandioca é cultivada no Brasil sob condições climáticas as mais diversas, desde a zona tropical úmida da Amazônia brasileira até o extremo sul do país, com clima sub-tropical e invernos frios, passando pela região semi-árida do Nordeste.

A situação da cultura e seus problemas variam com a região, embora em sua maioria a mandioca seja produzida sem o emprego de tecnologias melhoradas já disponíveis nas instituições de pesquisa. Esta falta de adoção de tecnologias modernas é um reflexo do pouco estímulo creditício dado à cultura bem como de uma limitação de mercado, causada pelo reduzido número de produtos, restrição da demanda e competição desigual com produtos mais favorecidos pela política agrícola nacional.

O melhoramento genético da mandioca é praticado no Brasil desde a década de 1940, mas em termos de obtenção de novos genótipos a evolução tem sido pequena. Os poucos programas de melhoramento executados até a criação da EMBRAPA tinham



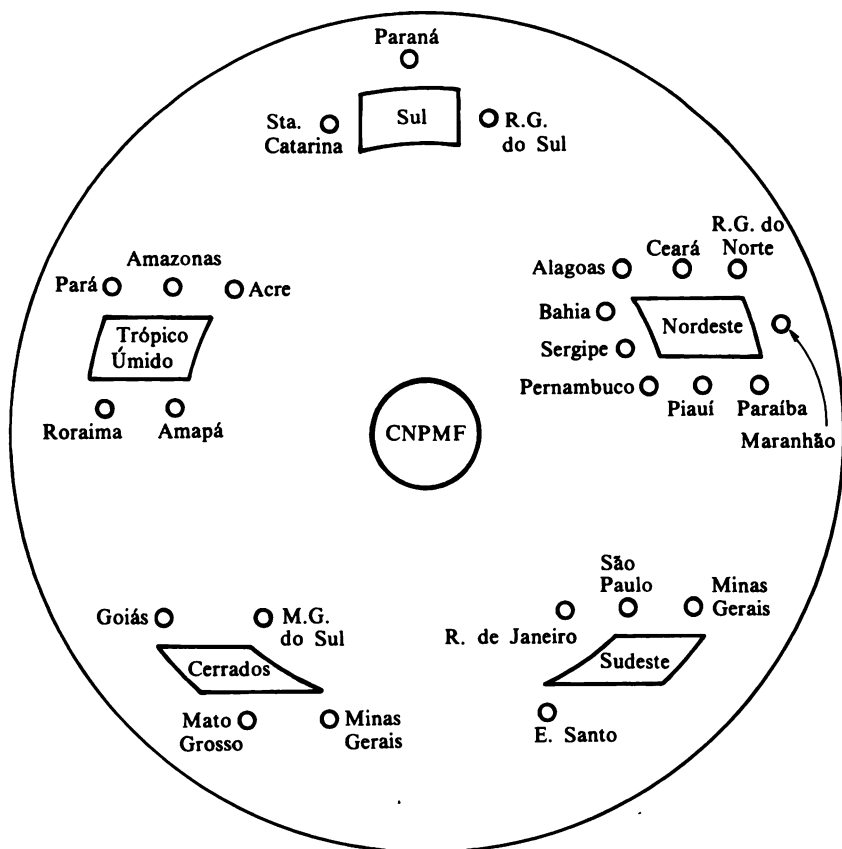


Figura 3. Esquema operacional do Projeto Integrado de Melhoramento Genético, através do modelo de pólos regionais de pesquisa.

abrangência restrita, não favorecendo a criação de genótipos para as diferentes zonas ecológicas do país.

Após a criação da EMBRAPA e de seu Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMF), os trabalhos de melhoramento genético de mandioca foram praticamente unificados, devendo-se ressaltar a avaliação de cultivares e híbridos em quase todos os estados e territórios brasileiros. Espera-se que a maior regionalização dos esforços, obtida através da implantação dos Pólos Regionais de Melhoramento, proporcione resultados positivos em termos de mais alternativas genéticas para a cultura e maior produtividade de raízes e forragem.

## Referências

- Alves, E. R. de A. 1983. O dilema da política agrícola brasileira; produtividade ou expansão da área agricultável. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Departamento de Informação e Documentação, Brasília, D. F., Brasil. 108 p.
- Bueno, A. 1984. Melhoramento genético de mandioca. In: V Curso intensivo nacional de mandioca. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil. 16 p.
- e Fukuda, W. M. G. 1984. O melhoramento genético no Programa Nacional de Pesquisa de Mandioca. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, Brasil. 75 p. (Mimeografado.)
- Carter, S. E. 1986. Climatic and edaphic classification at a continental scale (1:5.000.000) for cassava in South America. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Unidad de Estudios Agroecológicos, Cali, Colombia. 16 p.
- Cock, J. H.; Franklin, D.; Sandoval, G. e Jui, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science* 19:271-279.
- Corrêa, H. 1973. Inventário de tecnologia em culturas básicas de alimentação, Minas Gerais; mandioca. s.n.t. 92 p.
- . 1977. Cultura da mandioca. In: Curso intensivo sobre a cultura da mandioca. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras, MG, Brasil. 86 p.
- . 1983. A cultura da mandioca na região Centro-Oeste. In: A cultura da mandioca nas regiões brasileiras. Sociedade Brasileira de Mandioca, Brasília, D. F., Brasil. 148 p.
- e Ternes, M. 1982. La investigación con yuca en el sureste y sur del Brasil. In: Toro, J. C. (ed.). Evaluación de variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe; Memorias de un taller. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 61-71.
- da Conceição, A. J. 1976. Inventário de tecnologia em culturas básicas alimentares da região Nordeste; mandioca. s.n.t. 197 p.
- . 1979. A mandioca. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Cruz das Almas, BA, Brasil. 382 p.
- de Albuquerque, M. 1961. Notas sobre mandioca. Instituto Agrônomo do Norte (IAN), Belém, PA, Brasil. 41 p.

- . 1969. A mandioca na Amazônia. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Belém, PA, Brasil. 277 p.
- . 1972. Efeito de seleção de cultivares no rendimento dos mandiocais em zonas mandioqueiras do Pará. Comunicado técnico 16. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, Belém, PA, Brasil. 8 p.
- . 1973. Cultura da mandioca. Circular 16. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, Associação de Crédito e Assistência Rural, Belém, PA, Brasil. 10 p.
- e Cardoso, E. M. R. 1980. A mandioca no trópico úmido. Editerra, Brasília, D. F., Brasil. 251 p.
- e ———. 1982. Coleção de cultivares acidófilas de mandioca do CPATU (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido). Documentos 3. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, PA, Brasil. 24 p.
- de Azevedo, A. 1970. Brasil; a terra e o homem. v. 2, cap. 8. Editora Nacional, São Paulo, Brasil. p. 440-441.
- de Nunes, W. O. e de Oliveira, A. B. 1972. Resultados preliminares com mandioca. In: Reunião da Comissão Nacional de Mandioca, 6a., Recife, Pernambuco, 1972. Anais. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Brasília, D. F., Brasil. p. 23-24.
- dos Santos, E. de O. 1972. Pesquisas de mandioca no IPEANE. In: Reunião da Comissão Nacional de Mandioca, 6a., Recife, Pernambuco, 1972. Anais. Ministério da Agricultura, Departamento de Pesquisa Agropecuária, Brasília, D. F., Brasil. p. 55-56.
- EMBRAPA-CNPMF (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura). 1984. Inventário tecnológico de mandioca. Documentos, 14/84. Cruz das Almas, BA, Brasil. 74 p.
- Ezeta, F. N. e da Cunha, M. A. P. 1982. El intercambio de germoplasma de yuca en Brasil. In: Roca, W. M.; Hershey, C. H.; Malumud, O. S. (eds.). Primer taller latinoamericano sobre intercambio de germoplasma de papa y yuca, Cali, Colombia, 1982. Memorias. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 177-182.
- FIBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1985. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- . 1986. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Furtado, M. S. 1983. A cultura da mandioca na região Sudeste. In: A cultura da mandioca nas regiões brasileiras. Sociedade Brasileira de Mandioca, Brasília, D. F., Brasil. p. 95-116.

- Ibañez-Meier, C.; Janssen, W.; Goutijo, V. e Cock, J. H. 1987. Economy study of cassava in Brasil; first report. In: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Latin America demand study. Status report; a discussion document for the annual review 1986-1987. 430 p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1959. Atlas do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Machado, E. L. 1973. Informação sobre a pesquisa em mandioca no Rio Grande do Sul. Estação Experimental de Taguari, Brasil. 20 p.
- Normanha, E. S. 1971. O programa de melhoramento da mandioca no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP, Brasil. *O Agrônômico* 2(23):91-100.
- . 1972. Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz); melhoramento genético. In: Reunião da Comissão Nacional da Mandioca, 6a., Recife, Pernambuco, 1972. Anais. Ministério de Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, Brasília, D. F., Brasil. p. 23-24.
- Pereira, A. S. e Lorenzi, J. O. 1975. Inventário de tecnologia em mandioca. Resultados obtidos com a pesquisa de melhoramento e seleção de variedades. s.n.t. 30 p.
- Porto, M. C. M. 1984. A figura dos pólos regionais na coordenação das pesquisas com mandioca no Brasil. 9 p. (Mimeografado.)
- . 1986. Reflexos da política agrícola na cultura da mandioca no Brasil. *Revista Brasileira de Mandioca* 5(2):35-53.
- Purseglove, J. W. 1976. The origins and migrations of crops in tropical Africa. In: *Origins of African plant domestication*. Monton, La Haya, Holanda. p. 291-309.
- Teixeira, P. E. G. e Cardoso, E. M. R. 1983. A cultura da mandioca na região Norte. In: *A cultura da mandioca nas regiões brasileiras*. Sociedade Brasileira de Mandioca, Brasília, D. F., Brasil. 148 p.
- Ternes, M. e da Silva, P. R. F. 1983. A cultura da mandioca na região Sul. In: *A cultura da mandioca nas regiões brasileiras*. Sociedade Brasileira de Mandioca, Brasília, D. F., Brasil. 148 p.

# EL CULTIVO DE LA YUCA EN COLOMBIA

*José Moisés Luna Rondón\**

Es conocida la importancia que en Colombia ha tenido la yuca fresca, no sólo como alimento básico en la dieta humana sino también en la alimentación animal. En los últimos cinco años también se ha estado desarrollando, en la costa norte, el uso de la yuca seca como un sustituto del maíz y del sorgo en la preparación de raciones balanceadas para animales; con este propósito se han organizado cooperativas agrícolas que trabajan fundamentalmente con plantas de secado natural. Por otra parte, existen plantas particulares para la extracción de almidón en el interior del país, especialmente en el Valle del Cauca, y también en la región de Urabá y el departamento del Atlántico; estas plantas operan en forma muy rudimentaria, aunque también las hay con tecnología más avanzada como es el caso de 'Industria de la Yuca' (INYUCAL), en Barranquilla.

Según datos de la Dirección Nacional de Planeación correspondientes a 1983, hay en el país 93,432 agricultores vinculados a la producción de yuca y existe una demanda anual de aproximadamente 14,679,000 jornales para ese cultivo.

## **Descripción Agroclimática**

La yuca se siembra en Colombia prácticamente en todos los departamentos, desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de

---

\* Ing. Agr., M. S., Sección Yuca y Ñame, CNI Turipaná, Apartado Aéreo 206, Montería (Córdoba), Colombia.

altitud, y desde temperaturas mayores que 24 °C hasta las cercanas a los 18 °C. Sin embargo, el cultivo se concentra principalmente en el piso térmico cálido, localizado entre 0 y 1000 m.s.n.m., con temperaturas superiores a 24 °C y pluviosidad que varía desde menos de 500 mm anuales hasta más de 8000 mm; en menor proporción se cultiva en el piso térmico medio, localizado entre los 1000 y los 2000 m.s.n.m., con una temperatura que varía entre 18 y 24 °C y una precipitación anual entre 500 y 1000 mm (Cuadro 1).

## **Estado Actual del Cultivo**

### **Area y producción**

Según cifras del Ministerio de Agricultura para 1984, la yuca se cultivó en ese año en 149,000 ha que produjeron 1,386,300 t de raíces frescas; el rendimiento promedio nacional fue de 9.1 t/ha (Cuadro 2), aunque algunos departamentos como Antioquia, Risaralda, Quindío y Valle produjeron 11.0-15.0 kg/ha, gracias a cierto nivel de tecnificación que han alcanzado.

La costa atlántica se destaca como una región productora de importancia, ya que sus siete departamentos participan con 59,500 ha y 495,500 t de raíces, lo que equivale respectivamente a un 39.9% y un 35.7% de los totales del área sembrada y de la producción del país (Cuadro 2).

### **Sistemas de producción en la costa atlántica**

En un estudio adelantado por Díaz (1986) en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Sucre y Córdoba en la costa atlántica, dentro del proyecto ICA-DRI/CIAT<sup>1</sup> (Cuadro 3), se encontró que:

1. El 40% de la yuca de la región se siembra en el arreglo maíz-ñame-yuca, el 24% corresponde a yuca-maíz, el 15% a ñame-yuca, el 8.5% a maíz-ñame, el 5.7% a maíz y 1.5% a yuca sola.

---

1. ICA = Instituto Colombiano Agropecuario; DRI = Programa de Desarrollo Rural Integrado; CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical.

ambientes térmicos en los cuales se cultiva yuca en Colombia.

Clima y relieve		Suelos				
		Nombres	Drenaje <sup>a</sup>	Profundidad <sup>b</sup>	Fertilidad <sup>c</sup>	Problemas
4 °C)						
ondulado	→ 3%	Fluvents, Orthents	B	S	R	Sales localizadas
	→12%	Psamments	B	S	M	
ondulado	→ 7%	Ustox, Orthox, Tropepts, Orthents	B	S-mP	MM	Alta saturación Al
ondulado	→12%	Psaments, Orthents, Tropepts, Usterts	B	S-mP		
ondulado	→12%	Psamments	B	S	R	
ligeram. ondulado	< 7%	Fluvents, Othents, Tropepts, Ustrets, Ustolls	B	S-P	R-B	Piedras y nivel freático
ondulado	→25%	Tropepts, Orthents	B	S-mP	R	Sales y/o Na localizados
cóncavo	→ 3%	Fluvents, Udolls, Tropepts, Usterts	B	mP-P	R-B	
	→ 3%	Tropepts, Aquepts, Aquepts	B	S	M	Erosión, zurales
cóncavo	→ 3%	Tropepts, Fluvents, Orthox	B	S-mP	M-R	Inundación, zurales, piedras
	→12%	Tropepts, Aquepts, Orthox, Udults	R-M			
	< 3%	Aquepts, Aquepts	—	—	—	—
cóncavo	→ 3%	Aquepts, Aquepts, Tropepts, Aquuls	M		M	Zurales
ligeram. ondulado	→ 7%	Orthox, Udults, Tropepts	B	S-P	M	Saturación de Al
m. ondulado	→25%	Tropepts, Orthents	B	S-mP	M	—
5 °C)						
ligeram. ondulado	→ 7%	Tropepts, Ustolls, Ustalfs	B	mP	B	Erosión y piedras localizadas
ondulado	→25%	Andepts, Tropepts, Udalfs	B	mP	R-M	

<sup>a</sup> Moderadamente profundo.  
= muy baja.

Ministerio de Agricultura (Colombia), 1985.

Cuadro 2. Area, producción y rendimiento en departamentos, en 1984.

Departamentos <sup>a</sup>	Area (ha)
Antioquia	11,00
Atlántico*	9,00
Bolívar*	13,00
Boyacá	4,00
Caldas	1,30
Caquetá	7,60
Cauca	2,60
Cesar*	7,00
Chocó	2,00
Córdoba*	7,00
Cundinamarca	6,50
Guajira*	4,00
Huila	4,50
Magdalena*	12,00
Meta	5,00
Nariño	1,30
Norte Santander	7,00
Quindío	3,50
Risaralda	1,20
Santander	16,00
Sucre*	7,50
Tolima	7,00
Valle	2,00
Arauca	4,00
Casanare	3,50
Putumayo	40
<b>Total/promedio</b>	<b>149,90</b>

a. Los departamentos señalados con asterisco h

FUENTE: Ministerio de Agricultura (Colombi  
(OPSA), 1986.

## 2. Los sistemas de producción

- En Sabanalarga el arreglo del distrito que presenta el
- En el distrito de El Carnyuca en monocultivo.
- En el distrito de Since producción, pero en for



**Cuadro 3. Relación de usuarios ICA-DRI vinculados a programas de crédito y asistencia técnica en yuca en la campaña 1984-1985 en la costa norte.**

Distritos y (departamentos)	Municipios	Veredas (no.)	Agricultores (no.)	Area (ha)
Sabanalarga (Atlántico)	Sabanalarga	15	218	659.0
	Luruaco	6	64	206.0
	Juan de Acosta	4	58	172.5
	Subtotal	25	340	1037.5
EL Carmen (Bolívar)	El Carmen	9	34	313.0
	San Jacinto	5	19	70.5
	San Juan	4	21	125.0
	Subtotal	18	74	508.5
Sincelejo (Sucre)	Sincelejo	14	67	368.5
	Corozal	18	172	947.1
	Betulia	5	40	336.0
	Sampués	9	51	186.6
	Toluviejo	10	123	948.5
	Colosó	5	46	338.0
	Los Palmitos	6	128	698.5
	San Onofre	12	68	354.0
Subtotal	79	695	4177.2	
Sahagún (Córdoba) CP-1	Sahagún	13	176	1119.0
	Ciénaga de Oro	7	91	578.5
	La Unión	6	30	257.5
	Chinú	16	193	1053.0
	Subtotal	42	490	3008.0
Lorica (Córdoba) CP-2	Lorica	1	4	60.0
	Momil	9	92	475.5
	Purísima	7	66	320.5
	San Bernardo	7	65	395.5
	San Antero	7	60	436.0
	Chima	6	79	259.1
	San Andrés	12	139	898.0
Subtotal	49	505	2844.6	

así: yuca-maíz en Betulia, ñame-yuca en los Palmitos, maíz- ñame-yuca en Sampués y maíz-ñame en Toluviejo.

- En el sector de Sahagún (Sucre), denominado complejo de producción 1 (CP-1), se da la mayor diversidad de sistemas o arreglos.

- En el distrito de Lorica (Córdoba), denominado complejo de producción 2 (CP-2), se presentan períodos secos más cortos y se establece con mayor frecuencia el sistema maíz-ñame-yuca.

En general se observa que los sistemas de producción de yuca son muy definidos, iniciándose con yuca-maíz en Sabanalarga, ñame-yuca en El Carmen, yuca-maíz y maíz-ñame en Sincelejo y Sahagún, y maíz-ñame-yuca en Lorica.

3. Se distinguen tres grupos de fincas en función del sistema de producción y del tamaño de la unidad de explotación así:
  - a) fincas con pastos y terreno en descanso, de más de 9 ha;
  - b) monocultivo de yuca, maíz, o arroz, de 5 a 7 ha;
  - c) cultivos de yuca, ñame y maíz asociados, de menos de 5 ha.

### **Variedades**

En general, en el país sólo se utilizan variedades regionales. En el interior, principalmente en la zona cafetera, predomina la Chiroza que sirve además como variedad patrón, ya que impone los parámetros de calidad de la yuca. En la costa atlántica se cultiva principalmente la Venezolana, aunque últimamente la variedad seleccionada Manihoica P-12 o CMC 76 ha encontrado aceptación por parte de los agricultores.

En los últimos cuatro años el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha entregado las variedades Manihoica P-11, P-12 y P-13.

### **Utilización**

El 80% de la producción nacional de yuca se utiliza en forma fresca para consumo humano, mientras el resto se destina a la alimentación animal y a la elaboración de harina y almidón. El almidón es el producto elaborado de mayor importancia; a su procesamiento se dedican tres industrias grandes que obtienen almidón brillante, así como un número no determinado de pequeñas fábricas que trabajan con sistemas de producción manual-mecánicos.

La viabilidad de reemplazar por yuca parte del maíz y el sorgo usados como materia prima en la preparación de concentrados, y la factibilidad técnica y económica de procesar la yuca para ese propósito bajo las condiciones de producción de ese cultivo en la costa atlántica han sido respaldadas por experiencias alentadoras y positivas (CIAT, 1982). En esta región se han organizado cooperativas agrícolas que trabajan con plantas de secado natural de las raíces de yuca, y para la campaña 1985-1986 se tenía la meta de 33 plantas con una producción de 5,290 t de yuca seca (CIAT, 1985).

## **Limitaciones de la Producción**

La yuca, como todos los demás cultivos que hacen parte de los sistemas de producción minifundistas, adolece de problemas agronómicos, de crédito y de mercadeo. Del diagnóstico tecnológico del sector agropecuario colombiano, elaborado por el ICA (Alarcón et al., 1980) se pueden destacar los siguientes factores como principales limitaciones socioeconómicas para el desarrollo de la yuca y el ñame.

### **Factores económicos**

1. El lento crecimiento de la demanda interna efectiva para muchos productos agrícolas en general, para los destinados al mercado doméstico en particular, y más específicamente para los de consumo directo entre los cuales está la yuca.
2. Otro factor de tipo económico asociado con el anterior (realmente la causa), es el bajo poder de compra que tienen los consumidores y la extrema desigualdad en la distribución del ingreso entre la población. Este hecho limita la expansión de la demanda efectiva por alimentos, especialmente en los grupos de bajos ingresos que son los que presentan una elasticidad relativamente mayor en su demanda por alimentos.
3. Las fuertes fluctuaciones en los precios de los productos en general, y en especial de los productos agrícolas.

4. Los altos y crecientes precios de insumos como fungicidas, insecticidas y herbicidas que se utilizan más intensivamente en la producción agropecuaria, así como los problemas de disponibilidad de tales insumos.
5. Falta de asistencia técnica para la producción del cultivo.
6. Deficientes sistemas de comercialización, en especial en cuanto al transporte y al almacenamiento.
7. Limitado desarrollo de la agroindustria, lo cual limita el mercado del producto.
8. Falta de un mercado externo estable y definitivamente establecido. Falta de promoción a las exportaciones.

### **Factores sociales**

1. Existe una baja capacidad de absorción o asimilación de tecnología para la yuca y algunos otros cultivos, originada en diferentes factores de índole económica y social.
2. Otro factor social es la coexistencia de un sector tradicional y un sector moderno en la producción, hecho que caracteriza esencialmente la estructura global del sector y que en gran parte es un resultado del sistema de tenencia de la tierra.
3. El efecto de ciertas condiciones sociales que inciden en los productores y sus familias. Entre tales condiciones están el robo, la inseguridad y la violencia por un lado, y los problemas de salud, educación, vivienda, servicios públicos y en general de la infraestructura social, por el otro.
4. La falta de educación y capacitación de los productores es un factor social que incide en la organización y que se refleja, en particular, en una baja capacidad empresarial y en una deficiente administración de la empresa.

### **Factores del cultivo**

1. **Disponibilidad de semilla.** La poca disponibilidad de semilla de buena calidad es una limitación de la producción de yuca

que ha adquirido mucha importancia; inciden en ella tres razones fundamentales: a) la carencia de normas para la certificación de la semilla; b) las características de la propagación del cultivo, en forma asexual y c) la falta de interés por parte de empresas productoras de semilla para comercializar la correspondiente a esta especie.

2. **Disponibilidad de variedades.** Aunque se dispone de una cantidad aceptable de variedades regionales que tienen alto contenido de almidón y buena calidad culinaria, sus rendimientos son muy bajos y además presentan susceptibilidad a plagas y enfermedades.
3. **Problemas fitosanitarios.** Los problemas fitopatológicos y entomológicos que más afectan el cultivo de yuca son:
  - a. El cuero de sapo (agente causal desconocido) que puede ocasionar pérdidas totales al no permitir la tuberización de las raíces.
  - b. El añublo bacteriano (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*), que puede llegar a causar pérdidas de 20%, 50% y más, según sea la susceptibilidad de la variedad.
  - c. Existen en el país ciertos virus y micoplasmas que atacan la yuca y que tienen alguna importancia económica, como son los del mosaico de las nervaduras y del mosaico común. Otros en cambio no se han reconocido en Colombia ni en América Latina; este es el caso del mosaico africano, que puede causar pérdidas hasta del 90% y que debe tenerse en cuenta ya que su vector, la mosca blanca *Bemisia* sp., existe en las zonas yuqueras del país.
  - d. Los ácaros (*Mononychellus* sp., *Tetranychus* sp., *Oligonychus* sp.), los cuales pueden llegar a reducir los rendimientos de la yuca hasta en un 53%.
  - e. Los trips (*Frankliniella* sp.), cuyos ataques severos han llegado a reducir los rendimientos hasta en un 28%.

- f. La mosca blanca (*Trialeurodes* sp., *Bemisia* sp., *Aleurotrachelus* sp.), que puede llegar a causar hasta un 68% de reducción en los rendimientos.
  - g. La chinche subterránea de la viruela de la yuca *Cyrtomenus bergi*. Esta es una plaga relativamente nueva en el cultivo, cuyo efecto en los rendimientos no se ha cuantificado aún; sin embargo, es importante destacarla ya que está asociada con la acción de hongos patógenos del suelo, los cuales deterioran las raíces disminuyendo su valor comercial.
  - h. El chinchilin (*Orthoporus* sp.), también una plaga relativamente nueva que abunda de manera especial en el departamento de Sucre. Ataca fundamentalmente la estaca recién sembrada (cogollo, yema y corteza) y finalmente causa su muerte; las pérdidas del material sembrado se han cuantificado en 50%.
4. **Mecanización del cultivo.** Hay limitaciones para las labores de preparación del suelo, principalmente en la región andina debido a la topografía del terreno. En cuanto a la mecanización de la cosecha existe poca investigación, debido más que todo a que la yuca es un cultivo de minifundio que cuenta con abundante mano de obra disponible; la cosecha absorbe el 28% de la mano de obra del cultivo. La posibilidad de obtener siembras extensivas en el futuro justificaría el estudio de sistemas de cosecha mecanizada.
5. **Adopción de tecnología.** Aunque en la mayoría de las zonas y explotaciones hay tecnología disponible para yuca, el nivel de adopción es de regular a bajo; el uso de insumos y de maquinaria es muy limitado, debido a la poca solvencia económica del agricultor.

No existen estudios suficientes que permitan un diagnóstico exacto sobre la materia, y se requiere una evaluación más sistemática para identificar las causas de la falta de adopción, así como los objetivos e intereses del agricultor y las circunstancias y recursos en los cuales realiza el cultivo.

6. **Mercadeo.** Este es incierto y depende de la oferta y la demanda del producto en la región; la falta de buenas vías de comunicación ayuda a agravar esa situación. Es necesario destacar que el mercadeo de la yuca se basa principalmente en las raíces frescas que son un producto altamente perecedero.
7. **Crédito.** A pesar de las medidas económicas positivas a favor de una ampliación de los créditos agrícolas a todos los niveles, el acceso de los pequeños agricultores a estos servicios se ve entorpecido a menudo por fallas burocráticas.
8. **Asistencia técnica.** Esta es de tipo institucional y la prestan el ICA, el INCORA<sup>2</sup>, las Secretarías de Desarrollo, y otras entidades del sector; la casi ausencia de asistencia técnica particular se debe a la falta de capacitación de los ingenieros agrónomos y a la limitación económica de los agricultores yuqueros.

## **Organización y Estrategias de la Investigación en Mejoramiento**

### **Antecedentes y estado actual**

La sección de yuca y ñame del programa de tuberosas del ICA inició en 1967 sus trabajos de investigación en mejoramiento. Estos trabajos, que están relacionados con la evaluación y mantenimiento de la colección de cultivares de yuca y con la obtención de híbridos mejorados, comprenden tres proyectos, así:

1. **Evaluación y mantenimiento de germoplasma.** Este proyecto tiene el objetivo de mantener una amplia variabilidad genética para ser utilizada en los proyectos de selección de materiales altamente rendidores, resistentes a plagas y enfermedades, con una amplia adaptabilidad y un alto contenido en materia seca o almidón, o ambos. La colección,

---

2. INCORA = Instituto Colombiano de la Reforma Agraria.

que se inició en 1967 con 32 entradas, cuenta hoy en día con aproximadamente 296 cultivares.

2. **Obtención de híbridos de yuca a partir de semilla irradiada.** Este proyecto se inició en 1971 con la irradiación de semilla sexual de la variedad CMC 9 (Llanera), con el objetivo de incrementar la variación en una forma artificial y posteriormente evaluar y seleccionar los materiales promisorios. Después de cinco años de evaluación en pruebas de rendimientos y en pruebas regionales, se seleccionaron varios híbridos, algunos de los cuales se incluyeron en las pruebas regionales ICA-CIAT.
3. **Obtención de materiales precoces de yuca.** Se busca con este proyecto producir híbridos con características similares o superiores a las de sus progenitores, con un alto contenido en materia seca o almidón, y que sean precoces.

Los cruzamientos entre las variedades más promisorias seleccionadas se iniciaron en 1962, y se incrementaron en 1974 y 1975. De este programa de cruzamientos se escogieron las variedades CMC 9, CMC 40, CMC 76 (asimilados a un dialélico); además, se hicieron varios cruzamientos con CMC 84 y CMC 92.

Actualmente la sección de yuca y ñame no está realizando cruzamientos y/o mejoramiento genético propiamente dicho, sino que aprovecha los resultados del programa de mejoramiento de yuca del CIAT y evalúa los materiales promisorios de acuerdo con las necesidades de Colombia.

En lo que sí participa la sección de yuca del ICA es en recomendar cruzamientos de algunas variedades regionales con otras mejoradas que ha obtenido CIAT, tratando de encontrar o reunir algunas características deseables; por ejemplo, en 1985 recomendó el cruce de la variedad regional Venezolana con CM 681-2 y la variedad regional Venezolana con Manihoica P-12, y actualmente se encuentra en evaluación la fase  $F_1 C_1$ .



## Objetivos

Los objetivos del programa de mejoramiento de yuca del ICA se pueden resumir así:

1. Mantener el banco de germoplasma para disponer de una amplia variabilidad genética que se pueda utilizar en un momento dado para proyectos conducentes a la selección y mejoramiento de materiales.
2. Evaluar y seleccionar materiales mejorados a partir de los resultados obtenidos por el propio programa de mejoramiento de yuca del ICA y por el programa de mejoramiento de yuca del CIAT.
3. Colaborar activamente con el programa de mejoramiento del CIAT, recomendando cruces y aportando la información resultante de las evaluaciones de campo.

## Avances y logros

En el Cuadro 4 se resumen los resultados del ICA en cuanto a híbridos obtenidos y seleccionados por cruzamientos y por irradiación.

Cuadro 4. Híbridos promisorios producidos y seleccionados por el programa de tuberosas del ICA en Palmira.

Año	Actividad	Híbridos seleccionados (no.)
1971	Irrad. CMC 9 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>
1972	CMC 40 x CMC 9	3
	CMC 76 x CMC 9	7
1974	CMC 92 x CMC 40	3
	CMC 76 x CMC 40	2
1975	CMC 84 x CMC 76	5
	CMC 40 x CMC 76	12
	CMC 9 x CMC 76	1
	CMC 92 x CMC 76	3

a. Irradiación de semilla sexual de híbridos naturales de CMC 9.

b. De estos 12 híbridos seleccionados, en diciembre de 1986 se liberó el HMC 1 como variedad bajo el nombre de Manihoica P-13. El híbrido HMC 2 ya se encuentra registrado en el Ministerio de Agricultura.

Cabe destacar que en 1975 ya se había seleccionado y recomendado la variedad CMC 9 (Llanera) que se adapta bien a alturas de 100 hasta 1200 m.s.n.m. en el Valle del Cauca y Meta; esta variedad fue registrada como variedad en el Ministerio de Agricultura.

En julio de 1984 la sección de yuca y ñame del ICA entregó oficialmente las variedades Manihoica P-11 y P-12 (CMC 40 y CMC 76) que alcanzan rendimientos promedios de 29.6 y 25.2 t/ha, respectivamente, en condiciones favorables. Estas variedades tienen amplia aceptación en el centro y el occidente del país en áreas que cubren todo tipo de condiciones entre el nivel del mar y los 1500 m de altitud; en la costa atlántica Manihoica P-12 es la variedad que tiene la aceptación general y en este momento alcanza allí amplia difusión.

En diciembre de 1986 la sección entregó la variedad Manihoica P-13 (HMC 1), la cual se adapta muy bien a los valles interandinos, a alturas entre 700 y 1500 m.s.n.m. Esta es una variedad de amplia aceptación en el occidente del país.

En el Cuadro 5 se puede ver la cantidad de semilla de las variedades mencionadas que ha distribuido la sección de yuca del ICA.

Cuadro 5. Semillas asexuales de yuca vendidas y/o donadas por la sección de yuca y ñame del ICA.

Variedades	Estacas vendidas (no.)	Estacas donadas (no.)	Total <sup>a</sup> (no.)
CMC 9	28,260	9,233	37,493
Manihoica P-11 (CMC 40)	422,205	53,403	475,608
Manihoica P-12 (CMC 76)	180,855	129,273	310,128
Manihoica P-13 (HMC 1)	198,750	32,000	230,750
Total			1,058,979

a. La cantidad total de semilla distribuida corresponde apenas a un 15% de la cantidad demandada.

## **Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma**

Actualmente el ICA no tiene una estructura para el intercambio internacional de germoplasma de yuca, debido principalmente al hecho de tener en Colombia la sede del Centro Internacional de Agricultura Tropical, institución que cuenta con todas las facilidades económicas y técnicas que demanda este tipo de actividad.

La sección de yuca del ICA siempre ha trabajado en amplia cooperación y coordinación con el CIAT, lo que ha facilitado el intercambio de germoplasma entre las dos entidades cuando ha sido necesario; los bancos de germoplasma de ambas instituciones están siempre disponibles para su mutuo beneficio.

Vale la pena anotar que cuando la sección de yuca inició su colección de germoplasma, en la década de 1960, hubo otras fuentes fuera de las expediciones realizadas a nivel nacional; agrónomos no sólo del ICA sino también de otras instituciones nacionales enviaron variedades regionales de yuca; también se importaron de Venezuela en aquella época materiales vegetativos de variedades venezolanas y brasileñas, sin tener en cuenta las medidas de prevención fitosanitarias.

Hoy en día es satisfactorio poder contar con material vegetal sano garantizado del CIAT, gracias a los métodos técnicos de limpieza (meristemas).

### **Bibliografía**

- Alarcón M., E.; Brochero B., M.; Buriticá C., P.; Gómezjurado H., J.; Orozco L., R. y Parra F., D. 1980. Sector agropecuario colombiano: Diagnóstico tecnológico. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá. 865 p. (Documento de trabajo.)
- Ministerio de Agricultura (Colombia), Oficina de Planeamiento del Sector Agropecuario (OPSA). 1977. Yuca, programas agrícolas: Evaluación 1975, programación 1976. 1-2 p. (Mimeografiado.)
- . 1986. Anuario de estadística del sector agropecuario.

- Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Ministerio de Agricultura (Colombia). 1985. Zonificación agroecológica de Colombia: Memoria explicativa. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá. 52 p.
- Díaz, R. O. 1986. Estandarización de información agroeconómica para el establecimiento de un banco de datos. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI), y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. 20 p. (Mimeografiado.)
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1982. Programa de tuberosas: Resumen del informe presentado en la reunión del Programa en Tibaitatá. Bogotá. 12 p.
- Proyecto Cooperativo DRI/ACDI/CIAT (Programa de Desarrollo Rural Integrado/Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Plan piloto para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la yuca en algunos departamentos de la costa norte de Colombia: Primer Informe, noviembre 1981-junio 1982. CIAT, Cali, Colombia. 16 p.
- Proyecto Cooperativo DRI/CIAT (Programa de Desarrollo Rural Integrado y Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. El desarrollo agroindustrial del cultivo de la yuca en la costa atlántica: Informe, julio 1984- junio 1985. CIAT, Cali, Colombia. 42 p.

# EL CULTIVO DE LA YUCA EN CUBA

Sergio Rodríguez M.\*

El archipiélago cubano, situado entre los 19<sup>o</sup> y 23<sup>o</sup> de latitud norte, se encuentra en la zona climática tropical. La yuca forma parte de la dieta cotidiana de la población, junto con otros tubérculos y raíces tropicales que reciben en conjunto el nombre de viandas y que incluyen: boniato (*Ipomoea batatas*), ñame (*Dioscorea* spp.), malanga (*Xanthosoma* spp.), malanga isleña (*Colocasia esculenta*) y papa (*Solanum tuberosum*); también se considera como vianda el plátano (*Musa* spp.), a pesar de no ser un tubérculo.

## Descripción Agroclimática

Para las actividades económicas se consideran tres grandes regiones en Cuba:

- a) La occidental, con dos áreas principales: las provincias occidentales del país con sus cayerías respectivas, y la Isla de la Juventud.
- b) La región central, que comprende las provincias de Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Spíritus y Ciego de Avila.
- c) La región oriental, que abarca un extenso territorio llano y recibe denominaciones diferentes según sus características:

---

\* Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) y profesor de la Universidad Central de Las Villas, Cuba.

Peniplano Florida-Camagüey-Tunas, Llanura Camagüeyana, Llanura del Cauto-Guacanayabo y Valle Central.

Otra región comprende los siguientes grupos montañosos de oeste a este: Alturas de Maniabón, Sierra Maestra, Sierra de Nipe y Sagua-Baracoa.

## **Clima**

La insularidad de Cuba y su configuración alargada y relativamente estrecha hacen muy efectiva la influencia del mar sobre el clima, pues las diferencias de temperatura entre el aire sobre la tierra y el que está sobre el mar originan vientos que contrarrestan en gran medida el efecto de la latitud geográfica. Aunque la influencia del mar es grande, en los territorios interiores se notan rasgos de continentalidad.

Debido a su latitud, Cuba recibe una cantidad de calor que se aproxima a los máximos existentes en el mundo; equivale a 160 Kcal/cm<sup>2</sup> al año, aproximadamente. El promedio anual de la temperatura es de 24.5 °C, con máximas absolutas de 39 °C (Cuenca de Guantánamo) y mínimas de 5 °C (Güira de Melena); en ocasiones estas últimas descienden más, como ocurre en la faja meridional de la llanura occidental.

El mes más cálido es agosto con una media de 29 °C y el más frío es enero con una media de 20 °C (de 14-24 °C). La temperatura no está distribuida de manera uniforme sino que varía en el espacio y el tiempo; así, existen diferencias entre las zonas costeras e interiores, entre el día y la noche, y a través de los años. Se considera que las regiones más cálidas durante el verano y las más frías durante el invierno se encuentran en la faja territorial desde Santa Clara a Camagüey.

La media anual de la humedad relativa es de 80% en el verano, con variaciones entre 50% y 70% en el día y 80% y 90% en la noche; en invierno las variaciones son de 65% a 70% en el día y de 85% a 90% en la noche. Las lluvias, con un promedio anual de 1400 mm, aumentan por lo general de este a oeste; en las zonas de mayor pluviosidad caen de 1500 a 2000 mm anuales, y en las más secas caen 700-800 mm.

## **Suelos predominantes**

Según la clasificación genética de los suelos de Cuba, existen 11 grupos determinados por los procesos principales de formación; tales grupos son: ferríticos, ferralíticos, fersialíticos, pardos, húmicos calcimórficos, oscuros plásticos (Vertisoles), hidromórficos, cenagosos, halomórficos, aluviales y poco evolucionados.

Los suelos ferríticos presentan una alteración intensa de los minerales primarios, un elevado contenido de sesquióxidos de hierro (mayor que 50%), y un bajo contenido de sílice y bases; la CIC generalmente es inferior a 3 meq/100 g.

En los suelos ferralíticos también hay alteración intensa de los minerales; presentan eliminación de la mayor parte de las bases y parte del sílice, formación de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, y una CIC de 20 meq/100 g.

En los suelos pardos, que se forman bajo un proceso de naturalización, hay un predominio del calcio entre los cationes intercambiables. Los suelos húmicos calcimórficos por su parte, se desarrollan sobre rocas calizas, y casi siempre presentan  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en todo el perfil; son suelos saturados, y más del 90% del complejo de adsorción está ocupado por el calcio; su CIC es superior a los 40 meq/100 g.

Los suelos oscuros plásticos (Vertisoles) poseen un grado de salinización variable, una infiltración extremadamente baja, perfiles poco diferenciados, y predominio del  $\text{MgO}$  sobre el  $\text{CaO}$ . Los suelos hidromórficos presentan un mal drenaje superficial e interno, lo que condiciona la formación de horizontes gleyzados; pueden estar salinizados o no. Los suelos cenagosos se encuentran sumergidos gran parte del año, o con el manto freático a pocos centímetros de la superficie y generalmente se encuentran salinizados.

Los suelos halomórficos presentan una acumulación de sales solubles totales superior al 1% en todo el perfil o en algunos horizontes. Los aluviales se caracterizan por no presentar un proceso de formación definido, e incluyen no sólo los actuales

valles fluviales anegadizos sino algunos que lo fueron anteriormente. Los suelos poco evolucionados presentan una alteración química geológica apenas incipiente.

## **Estado Actual del Cultivo**

### **Area y producción**

Anualmente se plantan en Cuba alrededor de 22,000 ha de yuca, de las cuales sólo el 30% dispone de riego; el 70% del área de cultivo corresponde a suelos marginales.

Los rendimientos promedios nacionales oscilan entre 7.5 y 10 t/ha, aunque se han obtenido rendimientos hasta de 20 t/ha como promedio en regiones con suelos no marginales y provistas de riego.

### **Sistemas de producción**

En la mayoría de las regiones la yuca se planta en forma de monocultivo, salvo rara excepción donde se emplea el cultivo intercalado, en surcos.

El monocultivo se justifica por la mecanización o el uso de implementos de tracción animal para realizar las prácticas culturales y la cosecha; ésta se hace en forma semimecanizada en más del 70% del área cultivada. En determinadas regiones se emplean los herbicidas durante los primeros estadios del cultivo.

La técnica del cantero o camellón elevado (de alrededor de 40 cm de altura) en los suelos con drenaje deficiente constituye la fase fundamental para establecer todo un paquete tecnológico. Este paquete, que se conoce como 'sistema colombiano', incluye además de la construcción del cantero otras actividades que son producto de trabajos de investigación realizados en Cuba y de algunas experiencias aportadas por el CIAT, las cuales han ayudado a incrementar los rendimientos de la yuca y a ampliar las posibilidades de cultivarla en diferentes tipos de suelos. Entre esos componentes del paquete tecnológico se pueden destacar:



- La rigurosa selección del material de plantación; es requisito indispensable emplear estacas procedentes de tallos primarios.
- El tratamiento de las estacas con insecticidas, fungicidas y, cuando resulte necesario, con microelementos.
- El uso de estacas de 20-25 cm de longitud.
- El establecimiento del cultivo en la época óptima, según los resultados obtenidos en Cuba; para la mayoría de las regiones esta época comprende desde el 1º de noviembre hasta el 31 de enero.
- El uso de marcos de plantación de 1.20 m x 0.70-0.80 m, o de 0.90 m x 0.90 m según sean las condiciones edafoclimáticas del lugar.
- La fertilización, aplicando todo el fósforo y el potasio antes de la plantación y fraccionando el nitrógeno.
- El uso mínimo de pesticidas y máximo de control biológico.
- La regulación del riego, limitándolo fundamentalmente a los 3-4 primeros meses del cultivo y con intervalos muy espaciados.
- El empleo de más de un clon para lograr heterogeneidad clonal.

## **Clones**

Las condiciones edafoclimáticas del país favorecen el desarrollo del cultivo en todas las regiones.

Hasta 1967, cuando se creó el Centro de Mejoramiento de Semillas Agámicas (CEMSA), existía una notable heterogeneidad clonal en las plantaciones de yuca, lo que constituía un verdadero mosaico de ecotipos locales utilizados por los productores. Los trabajos de prospección y de comparación de clones que realizó el CEMSA proporcionaron las bases para los estudios de interacción genotipo-ambiente que se realizaron posteriormente como línea fundamental para la regionalización de clones en todo el país.

Los primeros resultados de los trabajos del CEMSA permitieron demostrar al productor la necesidad de desarrollar clones adaptados a sus condiciones específicas y con características deseables como un potencial productivo elevado, tolerancia a las principales enfermedades y elevada calidad culinaria. Sin embargo, en los primeros años sólo se pudo contar con uno o dos clones portadores de tales caracteres, y ese hecho provocó una superproducción de la raíz en determinados meses del año y una ausencia casi total de la misma en otros; adicionalmente existían los riesgos inherentes a la reducida variabilidad clonal frente a un posible brote de plagas o enfermedades en las plantaciones.

En la actualidad los inconvenientes señalados se encuentran en vías de solución, gracias a los resultados alcanzados en el programa de fitomejoramiento. Así, ahora se dispone de tres clones (Señorita, CMC-40 y CEMSA 74-725), cuyas características permiten al mercado nacional proveer raíces frescas durante los 12 meses del año; la estrategia de cosechas se inicia con el clon CMC-40 que engrosa sus raíces tempranamente, continúa con CEMSA 74-725 que es de ciclo medio; finalmente concluye con el clon Señorita. Adicionalmente, las diferencias fenotípicas existentes entre los tres clones constituyen una barrera contra posibles desastres causados por factores bióticos en las plantaciones.

## **Utilización**

Tradicionalmente, más de un 70% de la yuca que se produce en Cuba se emplea en la alimentación humana, principalmente para consumo directo con una proporción muy baja para el consumo en forma de cazabe; la producción de almidón absorbe fundamentalmente la porción restante. Durante los últimos años el país ha estado tratando de ampliar el campo de la utilización de la yuca, teniendo en cuenta los resultados de sus propios trabajos y de los de otras instituciones nacionales e internacionales, que demuestran la factibilidad de explotar esa planta en la alimentación animal.

La sustitución de un porcentaje de harina de trigo por harina de yuca en repostería, el empleo del follaje de la yuca como complemento proteico en la ganadería vacuna y el empleo de yuca seca como fuente energética para el alimento de cerdos, constituyen posibles líneas de utilización de la yuca para un futuro no muy lejano, en Cuba.

## **Limitaciones de la Producción**

La yuca forma parte del grupo de raíces y tubérculos tropicales que, junto con el plátano, el pueblo cubano emplea en su dieta cotidiana bajo el nombre de viandas.

El plátano y la papa son las viandas que ocupan el lugar más importante en las preferencias de la población y también son cultivos mucho más exigentes en cuanto a suelo y agua; este hecho ha limitado considerablemente la disponibilidad de áreas favorables para el resto de las viandas, incluida la yuca.

A pesar de que la yuca se planta en suelos marginales con poca o ninguna disponibilidad de riego, los niveles de rendimiento se han incrementado, y los niveles de mecanización han aumentado a tal punto que el 70% de la cosecha se realiza en forma semimecanizada; esto es resultado de la organización del sistema de producción, de la incorporación de un gran número de técnicos a la práctica productiva y del uso generalizado de clones con elevados potenciales productivos.

## **Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento**

### **Antecedentes y estado actual**

La yuca ha constituido un cultivo de subsistencia para la población cubana; tal condición hizo que antes del triunfo de la revolución (1959) y hasta el año 1967 careciera de un programa de investigaciones perfectamente definido. Aunque había algunos trabajos de investigación que determinados investigadores

realizaban en forma aislada, la falta del programa determinaba la existencia de un abismo prácticamente insalvable entre tales investigadores y los productores, y la aplicación práctica de los escasos resultados alcanzados no resultaba posible.

Al crearse en 1967 el CEMSA, actualmente denominado Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), comenzó a establecerse todo el programa de trabajo para solucionar los problemas que existían en la yuca y en el resto de las raíces y tubérculos tropicales. Uno de los primeros trabajos en yuca se orientó a la creación de un banco de germoplasma, con el propósito de reunir toda la variabilidad clonal que existía en el país.

Paralelamente a esa actividad se iniciaron estudios comparativos de clones, cuyos resultados constituyeron el punto de partida para los ensayos ecológico-zonales conducentes a la regionalización de los clones. Mediante estos trabajos, la institución nacional logró generalizar la producción de los clones Pintera y Señorita, el último seleccionado en la Universidad Central de Las Villas. Sin embargo, el logro más importante alcanzado por la aún joven institución en aquella época fue haberse ganado la confianza de los productores; ellos pudieron comprobar que la investigación era la vía fundamental de que disponían para incrementar sus niveles de producción o para poder ampliar la explotación de sus áreas, en muchos casos inactivas hasta entonces o con rendimientos extremadamente bajos.

CEMSA continúa sus trabajos de fitomejoramiento, y ha establecido un programa de obtención de nuevos clones por hibridación controlada y mediante policruzamientos. Adicionalmente, mediante un convenio de colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), recibe de este centro semilla y cultivos in vitro de progenitores previamente seleccionados por ambas partes, con lo cual ha logrado incrementar el número de progenies para evaluar anualmente.

En la actualidad, la institución dispone de un esquema de trabajo que comienza en las poblaciones de plántulas provenientes de semilla botánica para realizar las selecciones, y

llega hasta los ensayos ecológicos-zonales donde surgen los nuevos clones que serán recomendados para la producción.

La experiencia acumulada mediante los estudios de interacción genotipo-ambiente ha permitido a CEMSA/INIVIT definir con relativa exactitud sitios de selección representativos de la mayoría de las regiones productoras de yuca en el país; en el esquema de selección se incluyen varias localidades representativas para desarrollar simultáneamente el trabajo, ya que se ha podido comprobar el grave riesgo que se corre cuando la selección para todo el país se hace en una sola localidad.

### **Objetivos**

- Continuar el programa de fitomejoramiento con la finalidad de obtener, introducir y seleccionar clones con alto potencial de rendimiento, buena conservación poscosecha, elevada calidad culinaria, resistentes o tolerantes a las plagas y enfermedades más importantes y con buena aptitud para la cosecha mecanizada.
- Perfeccionar la regionalización de clones para las diferentes zonas agroclimáticas del país.
- Continuar enriqueciendo el germoplasma de este cultivo mediante el fitomejoramiento, las prospecciones, y las introducciones de material genético.

### **Avances y logros**

El programa de investigación en yuca ha logrado notables avances y logros entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

1. Más del 90% de las áreas cultivadas con yuca se plantan con clones obtenidos por las diferentes vías del fitomejoramiento.
2. Existe un programa de producción de semilla de los clones recomendados por la institución nacional, el cual garantizará para el año 1990 material de propagación certificado para todas las plantaciones comerciales que se establezcan.

3. Se ha logrado una composición clonal capaz de garantizar la disponibilidad de raíces en el mercado durante los 12 meses del año.

## **Estructura para el Intercambio de Germoplasma**

Existe en Cuba una estación de cuarentena o posetrada que cumple con todos los requisitos establecidos para el efecto según las regulaciones cuarentenarias nacionales e internacionales. Después de la construcción de un laboratorio que tiene entre sus objetivos el trabajo con biotecnologías, se comenzó en este año (1987) con el cultivo de ápices y meristemas de yuca, in vitro. Por lo tanto, en estos momentos se dispone de la infraestructura material y técnica requerida para el intercambio internacional de germoplasma, aunque conviene aclarar que las regulaciones cuarentenarias cubanas prohíben la introducción de clones del continente africano.

## **Proyecciones**

Las actividades futuras en el caso de la yuca están encaminadas a incrementar los rendimientos mediante una eficiente aplicación de la fitotecnia establecida y el empleo de clones obtenidos en los programas de fitomejoramiento.

Los resultados de los trabajos llevados a cabo por el INIVIT y por instituciones de otros países han demostrado que resulta factible el empleo de la yuca en la alimentación animal; por lo tanto, se ha analizado el establecimiento de una planta de secado de yuca y se realizan plantaciones de áreas pequeñas para utilizar este producto como forraje, o sea, como complemento proteínico para el ganado vacuno. Cabe señalar además que, a pesar de mantenerse como prioridad la utilización de la yuca para el consumo humano, existe la posibilidad de que se aumente la demanda de esta raíz para la fabricación de almidón.

Por lo tanto, son alentadoras y sin límites predecibles las perspectivas que tiene el cultivo de yuca en Cuba, y las

**investigaciones estarán encaminadas a brindarle al país soluciones a las necesidades que se presenten al respecto.**

## **Conclusiones**

**El cultivo de la yuca ha experimentado cambios positivos en Cuba; a partir de 1967 ha pasado de ser un producto totalmente marginado y sin ningún desarrollo técnico, a ser un producto con un programa de investigación y desarrollo bien definido, y con normas definidas para la producción de material de propagación.**

**Se ha logrado establecer una política definida de producción de clones de acuerdo con los resultados de los estudios sobre la interacción genotipo-ambiente, definiéndose una estrategia que permite disponer de raíces frescas en el mercado durante los 12 meses del año.**





# EL CULTIVO DE LA YUCA EN ECUADOR

Francisco Octavio Hinostraza G.\*

## Descripción Agroclimática

Ecuador tiene una extensión de 278,730 km<sup>2</sup> incluida la región insular de Galápagos, y una población de más de 8.5 millones de habitantes. Se encuentra situado entre 1° 26' 30" N, 4° 58' S, y entre 92° O y 76° 30' E.

La gran diversidad de ambientes geográficos permite producir desde frutos tropicales como cacao, café, banano, caña de azúcar y algodón, hasta productos de clima templado como trigo, cebada, papas y arvejas.

**Clima.** En el país existen diferentes tipos de clima con características variables (Cuadro 1). La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) se cultiva en los correspondientes al tropical lluvioso, al tropical de sabana, al tropical monzón, al seco en todas sus formas y al templado periódicamente seco, desde lugares cercanos al mar hasta alturas de 1600 m.

**Suelos.** Los suelos dedicados al cultivo de la yuca en las principales provincias productoras presentan los siguientes rasgos generales:

- a. Su contenido de nitrógeno es bajo, y en algunos casos presenta un nivel medio (sierra).

---

\* Técnico del Programa de Raíces Tropicales, Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

Cuadro 1. Principales características del clima en Ecuador.

Clima	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Observaciones
Tropical lluvioso	> 25	> 85	> 3000	Lluvias distribuidas en el año
Tropical monzón	> 24	75-85	< 2000	Inviernos lluviosos
Tropical sabana	24-25	75-85	< 1000	Inviernos lluviosos y veranos secos
Seco	23-25	> 80	< 500	Inviernos poco lluviosos y veranos secos
Templado permanentemente húmedo	13-15	< 80	1000-2000	Lluvias bien distribuidas en el año
Templado periódicamente seco	11-13	75-80	< 1000	Inviernos lluviosos y veranos casi secos
Páramo	1-10	—	—	Con aguaceros torrenciales y neblinas espesas

- b. El nivel del fósforo es alto en Manabí, medio en Los Ríos y bajo en Pichincha.
- c. El contenido de potasio es alto, especialmente en las provincias de Manabí y Los Ríos, mientras que Pichincha presenta un nivel medio.

## Estado Actual del Cultivo

### Áreas de producción

Según estadísticas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la superficie cultivada con yuca en el país se ha mantenido en los últimos años por encima de las 20,000 ha, con rendimientos variables de acuerdo a cada región.

La región más importante en cuanto a superficie cultivada y producción es la costa, como se puede apreciar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie cosechada y rendimiento de yuca en diferentes regiones de Ecuador.

Conjuntos geográficos	Área según año (ha)			Rendimiento según año (t/ha)		
	1983	1984	1985	1983	1984	1985
Sierra	6,442	7,172	7,166	9.7	9.4	9.4
Costa	7,191 <sup>a</sup>	11,499	12,375	10.2	10.9	11.6
Oriente	6,421	5,270	2,547	9.1	8.6	6.7
Galápagos	49	62	124	8.2	8.4	9.0
Totales	20,103	23,993	22,212	37.2	37.4	36.6
Promedio rend.				9.3	9.3	9.2

a. Año de inundaciones.

FUENTE: MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), Dirección General de Informática.

En 1985 esta área representó el 56% del área yuquera nacional, mientras las zonas bajas de la sierra aportaron el 32% del área, el oriente aportó el 11% y Galápagos un 1%; en este mismo año el rendimiento en la costa se incrementó en 13% con respecto a 1983 y en 6% con relación a 1984.

Referencias históricas y datos actuales señalan a la provincia de Manabí como la de mayor importancia en cuanto al cultivo de la yuca, con una superficie cultivada equivalente al 62% del área de producción de la costa y al 34% de la dedicada al cultivo a nivel nacional (Cuadro 3); la mayor producción se encuentra en los cantones Chone, Junín, Tosagua, Portoviejo, 24 de Mayo y Santa Ana.

### Sistemas de producción

La yuca se considera como cultivo tradicional, sembrado principalmente por pequeños y medianos agricultores que poseen unidades de producción inferiores a 10 ha.

En promedio, el 79% de los agricultores de la costa siembran la yuca en asociación, mientras en la región de la sierra la producen principalmente en monocultivo. Las asociaciones se hacen preferentemente con maíz, y en menor proporción con caupí, frijol común, maní, maíz, algodón, maíz-maní, café, cacao, piña,

Cuadro 3. Superficie cosechada, producción y rendimiento de yuca en Ecuador, en 1985.

Regiones y provincias	Area (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
<b>Sierra</b>	<u>7,166</u>	<u>67,431</u>	<u>9.4</u>
Carchi	67	608	9.1
Imbabura	21	124	5.9
Pichincha	2,135	20,875	9.8
Cotopaxi	1,500	13,608	9.1
Tungurahua	15	68	4.5
Chimborazo	160	1,161	7.3
Bolívar	1,402	14,020	10.0
Cañar	20	121	6.0
Azuay	236	1,333	5.6
Loja	1,610	15,513	9.6
<b>Costa</b>	<u>12,375</u>	<u>143,266</u>	<u>11.6</u>
Esmeraldas	390	5,661	14.5
Manabí	7,646	84,624	11.1
Guayas	1,037	12,000	11.6
Los Ríos	2,844	36,972	13.0
El Oro	458	4,009	8.8
<b>Oriente</b>	<u>2,547</u>	<u>16,995</u>	<u>6.7</u>
Napo	1,215	6,613	5.4
Pastaza	400	3,592	9.0
Morona Santiago	632	4,300	6.8
Zamora Chinchipe	300	2,450	8.2
<b>Región insular</b>	<u>124</u>	<u>1,116</u>	<u>9.0</u>
Galápagos	124	1,116	9.0
<b>Total</b>	<u>22,212</u>	<u>228,808</u>	<u>10.3</u>

FUENTE: MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), Dirección General de Informática.

papaya y plátano. En el oriente ecuatoriano hay preferencia por la asociación con los dos últimos cultivos.

Las densidades de siembra que emplean para el monocultivo van desde 6700 hasta 14,000 plantas por hectárea; en los sistemas asociados la densidad se reduce hasta 2500 plantas.

El almacenamiento de las varetas (estacas) se realiza preferentemente amontonándolas a la sombra de un árbol; sin embargo, existen zonas donde las varetas no se almacenan sino

que al momento de la cosecha se distribuyen en atados y se llevan inmediatamente al lugar de la plantación. Para sembrar se escarba el suelo con el machete, se introduce la vareta y se corta.

Generalmente el agricultor emplea estaquillas de 15-20 cm, pero en ciertos casos el tamaño puede ser de hasta 40 cm; los cortes son rectos, inclinados o en forma de punta. En Manabí la estaquilla se planta verticalmente, pero la posición varía en cada región. Por lo general los agricultores no preparan el suelo sino que solamente lo limpian o queman dos o tres meses antes de la siembra.

Las épocas de siembra en la costa coinciden con el inicio de las primeras lluvias, entre los meses de diciembre y febrero; en el oriente eso ocurre entre febrero y marzo. En zonas con pluviosidad permanente se realiza la plantación en cualquier época del año.

El uso de insumos para la producción de yuca es poco practicado en Ecuador; sin embargo se observa de manera general el empleo de Gramoxone para el control de malezas, complementado con tres o cuatro deshierbas. En cuanto al uso de fertilizantes y controles fitosanitarios, los agricultores consideran que la yuca sola no tiene problema; en el caso de cultivos asociados la aplicación de productos está dirigida a la otra especie o especies.

La yuca se cosecha durante todo el año en las zonas consideradas como mayores productoras. La edad de la cosecha es de 10-11 meses en promedio, aunque varía entre 5 y 17 meses (Cuadro 4); esta diferencia tan grande entre los ciclos mínimo y máximo podría deberse a: a) la existencia de variedades precoces que, según el agricultor, pueden cosecharse desde los cinco meses; b) el destino de la yuca (para alimento humano, alimentación animal, uso industrial); c) la conveniencia de cosechar cuando los precios sean mejores, siempre que las características varietales lo permitan; y d) la necesidad de dinero por parte del agricultor, quien a veces tiene que cosechar la yuca antes de que alcance su máxima productividad.

Cuadro 4. Ciclo vegetativo de la yuca en las principales provincias productoras.

Provincias	Tiempo entre la siembra y la cosecha (meses)	
	Mínimo	Máximo
Manabí	5,3	14,9
Pichincha	7,0	13,0
Los Ríos	5,7	17,0
Promedio	6,0	15,0

## Variedades

En el Cuadro 5 se presenta un resumen de las variedades que se cultivan en las tres regiones mayores productoras de yuca. En cada lugar se pueden encontrar variedades provenientes de otras partes del país debido a que cuando se

Cuadro 5. Variedades de yuca existentes en las principales regiones productoras de Ecuador.

Costa	Sierra	Oriente <sup>a</sup>
Tres meses	Crema	Lago Agrio
Taureña	Patucha	Puca lumu = Tallo Morado
Amarilla	Lambayecana	Yana lumu = Tallo Negro
Quevedeña	Montañez	Yura lumu = Tallo Blanco
Espada	Crema blanca	Accha lumu = Varias Hojas
Mulata	Crema amarilla	Jatun lumu = Raíz Larga
Negra	Negra	Guagua lumu = Más Precoz (6-7 meses)
Criolla	Morada pequeña	
Pata de paloma	Morada grande	
Blanca	Criolla	
Chola	Pata de paloma	
Crema		
Crema amarilla	Yema de huevo	
Canela	Escancela	
Yema de huevo	Envallecana	
Prieta	Lojana	
Morena	Boliviana morada	
Quintal	Envallecana chica	
Negrita		
Lojana		
Yuca de año		

a. Variedades con nombre quechua (a excepción de la primera).

presentan problemas con los materiales que se están utilizando, muchos agricultores buscan otros materiales en otras regiones y los prueban bajo sus propias condiciones. Por otra parte, algunas variedades de las que aparecen en el cuadro con nombres vulgares diferentes podrían ser idénticas.

## **Utilización**

En Ecuador la yuca constituye un producto básico de la alimentación campesina y de grandes centros poblacionales; se aprovecha además, en la alimentación animal (raíz, ramas y hojas) y en la industria.

Un alto porcentaje de la raíz se consume fresca. En este estado se lleva a los distintos mercados del país (especialmente a Quito y Guayaquil) y a ciudades fronterizas de Perú y Colombia. La yuca fresca también se está exportando desde noviembre de 1985 a Nueva York y a California, donde existe una alta población latina.

Parte de la producción se procesa en forma de trozos deshidratados, harina integral y harina fina con destino a fábricas de alimentos balanceados para aves y camarones, en Guayaquil. El bagazo resultante de la extracción de almidón y la harina se utilizan principalmente como alimento de ganado. La producción de almidón se utiliza en las industrias textil, de fabricación de fideos, de cartón, de productos farmacéuticos y otras ubicadas en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca y Ambato. En estas ciudades también se venden los productos elaborados como alimento animal.

## **Limitaciones de la Producción**

La distribución de las precipitaciones es bastante irregular en Ecuador. En la costa, especialmente en la provincia de Manabí, existen zonas marginales con pocas precipitaciones, mientras que en las partes bajas de la sierra y en el oriente llueve casi todo el

año, lo que hace necesaria la adaptación de variedades a esas condiciones especiales. En ciertas regiones del país las lluvias excesivas ocasionan problemas de pudriciones, tanto en las estaquillas como en las raíces, lo cual repercute en el rendimiento.

Faltan estudios para alcanzar un mejor conocimiento de los mercados, para la aplicación económica de insumos y prácticas agronómicas, y para una adecuada transferencia de tecnología tanto en precosecha como en poscosecha, con el fin de mejorar el manejo del cultivo a nivel de agricultor y establecer agroindustrias.

## **Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento**

Entre 1976 y 1977 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través de la Estación Experimental Pichilingue, había introducido del CIAT 18 variedades y 20 híbridos en forma de estacas; este material se tuvo que incinerar al detectarse en él la presencia de la enfermedad 'cuero de sapo'. Durante 1983 a 1984 la Estación Experimental Portoviejo introdujo del mismo lugar materiales in vitro, los cuales no se pudieron adaptar por falta de instalaciones adecuadas; únicamente sobrevivió la variedad CM 91-3.

Con estas experiencias, en 1987 se modificó parcialmente la tecnología recomendada por el CIAT, adaptándola a las condiciones ecuatorianas, y se introdujeron nueve genotipos (87 tubos), los cuales se encuentran actualmente adaptados en invernaderos, y en buenas condiciones para ser llevados al campo. Se espera encontrar entre estos cultivares un material con buenas características para las zonas semiáridas y con problemas de sequía de la provincia.

En Manabí existen variedades con diferente comportamiento, especialmente en cuanto a su contenido de materia seca y almidón. Las asociaciones de productores y procesadores de yuca han obtenido una tasa de conversión cuyo valor, 2.65 a 2.74, indica que posiblemente las variedades empleadas contienen



mucha agua. Esta característica constituye una desventaja económica, y por tal razón se efectuó una recolección de **germoplasma** en los principales cantones productores de yuca; actualmente los materiales que se encontraron con un alto contenido de materia seca (hasta 37%) están en pruebas de rendimiento y se espera determinar una variedad apropiada para procesar, que tenga buenos rendimientos y una tasa de conversión menor que la actual.

**Avances y logros.** Las variedades e híbridos introducidos se han evaluado con los materiales locales en pruebas regionales en Quevedo (Los Ríos), Santo Domingo (Pichincha), Napo y Loja; aplicando las prácticas sencillas y de bajo costo recomendadas por el CIAT (buena preparación del suelo, selección y corte recto de las estacas, tratamiento de las estacas, siembra en caballones y en posición vertical, buen control de malezas) se han logrado rendimientos 217% superiores al promedio nacional.

Estos mismos trabajos se iniciaron en la provincia de Manabí, en los meses de enero y febrero de 1987 y en el momento se encuentran en etapa de evaluación.

## **Estructura para Intercambio Internacional de Germoplasma**

Actualmente la Estación Experimental Portoviejo del INIAP no cuenta con un laboratorio exclusivo para cultivos de tejidos, y la micropropagación del material introducido se ha estado realizando en el laboratorio de fitopatología. Tampoco se dispone de un invernadero que ofrezca buenas condiciones de adaptación para las plantitas obtenidas *in vitro* y sólo se ha logrado alrededor de un 70% de éxito en dicha adaptación. Las circunstancias descritas no han permitido obtener plantas a partir de meristemas de los materiales criollos.

Es importante agregar que en el país no se encuentran las sustancias necesarias para preparar los medios de cultivo y que hasta ahora se ha dependido de la ayuda proporcionada por el CIAT en este sentido.

## **Proyecciones**

Se están coleccionando diversos materiales disponibles en la zona y se espera evaluar en forma completa las características de cada introducción; posteriormente se realizarán ensayos avanzados bajo condiciones representativas y, de ser posible, hibridaciones para combinar en algún genotipo deseado otras buenas características no encontradas en él.

Con el financiamiento del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá, se propende por el mejoramiento de los sistemas más importantes de producción y utilización de yuca en un área específica de la provincia de Manabí. La meta es mejorar las condiciones de vida del pequeño agricultor que produce yuca, mediante un incremento en sus ingresos derivados de la producción y la utilización de esta raíz.

El objetivo está dirigido a disponer de tecnología, probada a nivel local, que permita lograr el mejoramiento de los sistemas de producción de este cultivo.

## **Conclusiones**

En las zonas mencionadas en el presente trabajo se están aplicando nuevas tecnologías sencillas y rentables, y la demanda de yuca está aumentando rápidamente debido a la existencia de mercados en el país y el exterior. Estos hechos estimulan el desarrollo del cultivo; sin embargo, se hace necesario continuar investigando sobre yuca, en precosecha y poscosecha bajo las circunstancias del agricultor, y en otras zonas.

## **Bibliografía**

Banco Central del Ecuador. 1982. Atlas del Mundo: Ecuador. Les Editions J. A., París. 80 p.

- Carcelen L., R. 1978. La investigación en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador. 10 p. (Mecanografiado.)
- Cruz, E. 1986. El almidón de yuca. En: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Internacional de Agricultura Tropical (INIAP-MAG-CIAT). Seminario sobre producción, utilización y perspectiva de la yuca en Ecuador. Portoviejo, Manabí, Ecuador. 5 p. (Mecanografiado.)
- Luzuriaga, V. H. 1976. Descripción agroeconómica del proceso del cultivo de la yuca en el Ecuador. Publicación miscelánea no. 33. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador. 49 p.
- Ministerio de Salud Pública, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. 1983. Resumen climatológico de la red meteorológica nacional. Quito, Ecuador. 3 p. (Mimeografiado.)
- Rodríguez, M. 1986. Experiencia en el tratamiento de yuca para exportación. En: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Internacional de Agricultura Tropical (INIAP-MAG-CIAT). Seminario sobre producción, utilización y perspectiva de la yuca en Ecuador, Portoviejo, Manabí, Ecuador. 3 p. (Mecanografiado.)
- Ramanoff, S. y Toro, G. (eds.). 1986. La yuca en la costa ecuatoriana y sus perspectivas agroindustriales: Memorias del primer seminario anual sobre la yuca, Portoviejo, Ecuador, 1985. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Centro Internacional de Agricultura Tropical (INIAP-IICA-CIAT), Quito, Ecuador. 173 p.
- Toro, J. C. (ed.). 1983. Evaluación de variedades promisorias de yuca en América Latina y El Caribe: Memorias de un taller realizado en Cali, Colombia, 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 184 p.



# EL CULTIVO DE LA YUCA EN MEXICO

*Felipe Legorreta Padilla\**

Las necesidades de carbohidratos de la población mexicana son cubiertas en su mayor parte por el maíz y en menor grado por productos como el arroz y el trigo; una pequeña parte de ellas se satisface con otros cereales y cultivos como la papa y el plátano. A pesar de que existen otras especies vegetales con potencial para producir carbohidratos, su cultivo no es factible en todas las áreas debido a limitaciones edafoclimáticas, o a que las posibles zonas para su producción están ocupadas con cultivos hortícolas y forrajeros más rentables.

México tiene graves problemas para cubrir el consumo nacional de maíz y lograr la autosuficiencia; el déficit de 32 kg per cápita de este cereal que existía en 1984 aumenta día a día debido al crecimiento de su población, actualmente mayor que 80 millones de habitantes; el problema se agudiza debido a que alrededor de un 20% de los carbohidratos disponibles se destina a la alimentación animal. En este año (1987) será necesaria la importación de cinco millones de toneladas de maíz, lo que causa un grave impacto en la balanza comercial; los datos más recientes indican que existen más de ocho millones de hectáreas con maíz, y que no es posible aumentar la superficie cultivada para éste o para otro cultivo básico.

Desde hace más de una década se detectó la necesidad de contar con nuevas fuentes energéticas y se planteó que la yuca era

---

\* Ing. M. Sc., Investigador del Programa de Yuca, área de fitomejoramiento, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Tabasco, México.

una solución muy factible; su cultivo se puede desarrollar exitosamente en áreas que cubren más de 500,000 ha de suelos ácidos y de baja fertilidad, en donde la producción de otros cultivos básicos tiene un alto índice de riesgo. La yuca tiene además las ventajas de superar los cultivos básicos tradicionales en cuanto a la producción de carbohidratos por unidad de superficie y de poderse utilizar en diversas formas para programas de alimentación humana y animal; así contribuye a superar el déficit alimenticio en materia de carbohidratos.

## **Descripción Agroclimática**

México tiene una superficie de 1,972,547 km<sup>2</sup>, de los cuales aproximadamente la mitad están dentro del límite de los 23° 57' del trópico de Cáncer. Sin embargo, debido a que el país es montañoso en su mayor parte, las tierras tropicales y subtropicales con clima A, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, se localizan en las regiones costeras del Pacífico y en el Golfo de México, así como en la Península de Yucatán. Estas áreas presentan condiciones favorables para el desarrollo de la yuca, así como para una gran diversidad de cultivos anuales y perennes y para la ganadería, ya que cuentan con temperaturas medias anuales superiores a los 18 °C y rangos de precipitación pluvial desde 800 hasta más de 3000 mm por año.

Los suelos de estas regiones son sumamente variados en su origen, calidad y uso. Se encuentran suelos de gran calidad agrícola como los Vertisoles y los Nitosoles en áreas de las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico; también hay suelos recientes y Litosoles en la Península de Yucatán, Histosoles en las zonas húmedas de Tabasco, Ultisoles, Ferrasoles y Oxisoles en zonas selváticas y de sabana en los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo. En estos últimos es donde se encuentra el mayor interés para cultivar yuca en áreas compactas.

## **Estado Actual del Cultivo**

En la actualidad, se estima que el área cultivada con yuca en todo el país es de unas 5000 ha, con un rendimiento medio de 10 t/ha de raíces frescas.

A lo largo de los últimos 10 años se ha observado un ligero incremento en la superficie cultivada con yuca, que en 1977 era de unas 4000 ha. De hecho, este incremento se ha logrado únicamente mediante la producción comercial en el estado de Tabasco, que en la actualidad es el principal productor, con aproximadamente 2500 ha que equivalen a un 50% de la superficie total cultivada con yuca en el país. El resto de la producción se encuentra disperso en los estados de Veracruz, Chiapas, Campeche, Guerrero, Quintana Roo y Yucatán, principalmente.

El sistema tradicional de producción de yuca prácticamente no ha sufrido cambios durante la última década, y se aplica en la actualidad en un 80% del área total cultivada con esta especie en el país. En este sistema las unidades de producción son por lo general pequeños huertos familiares con diversos sistemas de cultivo, normalmente en asociación con otras especies como maíz, frijol, plátano y calabaza; la producción se destina básicamente al autoconsumo y los excedentes van a los mercados rurales. El nivel tecnológico en cuanto a manejo agronómico es normalmente bajo, ya que no se aplican prácticas culturales básicas como son la selección de material vegetativo, la siembra en épocas y con la densidad adecuadas y la fertilización, y sobre todo, porque se cultivan diversos clones nativos con menor potencial productivo.

El 20% restante de la superficie cultivada con yuca se encuentra en áreas compactas y bajo monocultivo, en la zona productora más importante del país, ubicada en la sabana de Huimanguillo, Tabasco; en 1986-87 se sembraron allí 1150 ha con la variedad Sabanera. Es en esta región en donde se aplica el paquete tecnológico para producción de yuca generado por el Programa Nacional de Investigación para esta especie; el paquete incluye desde las prácticas de preparación del terreno y de

establecimiento del cultivo, hasta el procesamiento y la utilización del producto cosechado.

A pesar de que durante más de una década se han establecido algunas áreas compactas con yuca bajo monocultivo, sólo en 1981 se dio paso a la producción con variedades seleccionadas y a la aplicación de las prácticas agronómicas; al mismo tiempo se incrementó la participación de diversas instituciones del sector agrícola, incluyendo las de asistencia técnica, crediticias, aseguradoras y procesadoras.

Durante seis años de producción continua se ha observado una tendencia a incrementar el área bajo cultivo en esta región (Cuadro 1), así como un aumento en la disponibilidad de infraestructura para el procesamiento y la utilización de las cosechas; para 1987 tal infraestructura tendrá capacidad para absorber la producción de más de 6500 ha (Cuadro 2).

Cuadro 1. Evolución en el área cultivada con yuca en la región de Huimanguillo, Tabasco, durante 1981-1986.

Ciclo	Superficie programada (ha)	Superficie sembrada (ha)	Agricultores (no.)
81-82	120	104	20
82-83	300	228	53
83-84	1500	852	110
84-85	3000	2404	212
85-86	1500	667	92
86-87	1500	1150	—

FUENTE: Méndez, 1987.

## Utilización

Las cosechas de yuca obtenidas bajo los sistemas tradicionales en todo el país se usan principalmente para el consumo humano como hortaliza, en diversos platillos típicos; sin embargo, una parte de ellas se destina a la alimentación de cerdos y aves de corral, en forma fresca.



**Cuadro 2. Infraestructura y capacidad para el procesamiento de raíces de yuca, y áreas de cultivo correspondiente en la región de Huimanguillo, Tabasco.**

Infraestructura	Capacidad para yuca fresca (t)	Producción yuca seca (t)	Superficie cultivada (ha)
Patios de secado (17)	15,300	5,100	1020
Planta Mtez. Gaytán	28,080	9,360	1872
Planta Pino Suárez	37,340	12,580	2516
Silos	16,000	—	1066
Consumo fresco	2,000	—	133
<b>Total</b>	<b>99,120</b>	<b>27,040</b>	<b>6607</b>

FUENTE: Méndez, 1987.

Por otro lado, se han logrado resultados halagadores en dietas para cerdos y aves, utilizándola en formas variadas (seca, como harina, ensilada o en mezcla para la elaboración de alimentos balanceados). La yuca se puede emplear como única fuente de energía, siempre y cuando se suplemente con un concentrado proteico; de esta manera permite disminuir el uso de fuentes energéticas como el maíz y el sorgo, para reducir o evitar la importación de estos últimos productos.

Adicionalmente, se han hecho algunos avances en estudios sobre la utilización de la yuca para el consumo humano, los cuales incluyen la elaboración de harinas panificables y mezclas con masa de maíz para tortillas. De esta manera, la producción de yuca tendrá acceso a múltiples usos en materia de alimentación humana y animal, así como para la industrialización.

De acuerdo con Méndez (1987), del total de la yuca cosechada en 1986 en la región de Huimanguillo, 1620 t (o sea el 17%) se han destinado al consumo animal en forma directa; 5400 t (equivalentes al 58%) han sido ensiladas para su consumo final en granjas porcinas; y 2300 t (o sea un 25%) se han secado en los

patios de concreto y en las plantas procesadoras de la región para su venta a diversas empresas elaboradoras de alimentos balanceados, galletas, alcohol y glucosas.

## **Limitaciones de la Producción**

Durante seis años de producción a nivel comercial en Tabasco se han detectado diferentes problemas que afectan los rendimientos y la expansión del cultivo.

En primer lugar se deben mencionar los problemas técnicos. Entre éstos se destacan aquellos que actualmente constituyen la materia de proyectos prioritarios del programa nacional de investigación, como son: el desconocimiento de aspectos básicos de la nutrición mineral del cultivo, la carencia de nuevas variedades de yuca con producción más estable que la Sabanera, y los que tienen que ver con los requerimientos de mano de obra. Es necesario determinar la posibilidad de disminuir tales problemas mediante la mecanización del cultivo para las labores de siembra, fertilización, control de malezas y cosecha, y adelantar estudios sobre procesamiento y comercialización, entre otros.

Existen otros problemas técnicos, relacionados principalmente con deficiencias en la preparación del terreno y con la mala selección del material de siembra, con la siembra, la fertilización y la cosecha extemporáneas, y con la alta incidencia de malezas y del gusano de cuerno (*Erinnyis ello*). Pese a que estos problemas se pueden manejar aplicando las prácticas agronómicas desarrolladas por la investigación en la zona, se presentan debido al uso inadecuado del paquete tecnológico disponible para la producción de yuca; a su vez, este hecho se debe probablemente, a la falta de divulgación y de capacitación del personal técnico, o simplemente a la carencia y mala planeación de los recursos financieros y materiales.

La superficie de 2404 ha establecidas en 1984 se redujo notablemente en 1986 (a 1150 ha), como resultado de una mala planificación, ya que no se terminó a tiempo la infraestructura

para el procesamiento; así no fue posible absorber oportunamente toda la cosecha del ciclo 1984-85, la cual se prolongó a más de 18 meses. Otro hecho importante es que el secado natural en patios de concreto en la zona sólo es factible durante los meses de marzo a mayo, lo cual limita grandemente su capacidad de procesamiento.

Entre los principales problemas socioeconómicos que afectan el programa de yuca mexicana sobresalen: la desconfianza para adoptar prácticas de ensilaje y usar este producto en la alimentación de cerdos, el excesivo costo del transporte del producto fresco a centros lejanos de consumo como son los mercados y los silos, y el retraso en el pago del producto (Méndez, 1987). Por otra parte, los precios de garantía del sorgo y su mayor demanda desalientan a los productores de yuca, quienes dependen de créditos tardíos y de un mercado algunas veces incierto para la venta de su producto. Adicionalmente, hace falta propaganda para estimular el consumo de yuca, un producto que en México es prácticamente desconocido para la alimentación humana.

Finalmente, hay deficiencias en las instituciones que participan en el programa de producción; entre tales deficiencias sobresalen la falta de asistencia técnica y la inoportuna provisión del crédito para el establecimiento del cultivo y la adquisición de insumos.

## **Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento**

### **Antecedentes y estado actual**

Las primeras evaluaciones de germoplasma de yuca en México se iniciaron en 1958 cuando se introdujeron a Cotaxtla, Veracruz, 38 genotipos provenientes de Costa Rica. En 1970 se amplió la variabilidad genética existente en el país con la recolección de 68 variedades nativas de yuca en los estados de Chiapas, Tabasco, Yucatán, Oaxaca, Morelos, Michoacán, Guerrero, Veracruz y Quintana Roo. En 1975 se introdujo desde el CIAT (a Uxmal, Yucatán) un lote de 110 líneas constituido en su mayor parte por

híbridos obtenidos por el programa de mejoramiento genético de ese centro, y algunos genotipos colectados en Venezuela, Costa Rica, Brasil, Ecuador, Panamá y Cuba (Acosta, 1986).

Finalmente en 1977, en una segunda recolección nacional de clones nativos de yuca, se obtuvieron 78 nuevos genotipos. En ese mismo año se estableció el Programa Nacional de Investigación de Yuca, con la integración de un grupo interdisciplinario encargado de generar un paquete tecnológico para producir esta especie en los suelos ácidos y de baja fertilidad de la sabana de Huimanguillo, Tabasco (140,000 ha aproximadamente).

Desde el inicio de las actividades de investigación, una de las principales limitaciones detectadas para lograr el máximo rendimiento fue la carencia de genotipos de yuca bien adaptados a las condiciones del medio, con amplia resistencia a enfermedades como el tizón bacteriano (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*), el superalargamiento (*Sphaceloma manihoticola*) y la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y con resistencia a plagas como los trips (*Frankliniella cephalica*). Se dio gran importancia a la evaluación y selección de variedades de yuca para esta zona; para el efecto se estableció un banco de germoplasma de 256 líneas aprovechando toda la variabilidad genética de yuca existente en el país, y se establecieron las primeras pruebas regionales en diversas localidades de Tabasco.

Actualmente, el banco de germoplasma original se conserva en su sede a nivel nacional en el campo Cotaxtla, Veracruz, mientras que los nuevos materiales en diversas etapas de selección, pertenecientes a introducciones masivas de semilla sexual  $F_1$  provenientes del CIAT, se evalúan en el estado de Tabasco.

El objetivo de los proyectos de mejoramiento genético y de la introducción y evaluación de germoplasma de yuca es obtener variedades de esta especie con el máximo potencial productivo y que se adapten a las diferentes zonas productoras y potenciales del país.

### **Avances alcanzados**

La mayor parte de los trabajos de fitomejoramiento de yuca en México han sido establecidos en agrosistemas del estado de

Tabasco. Entre 1977 y 1981 no se contó allí con mayor variabilidad genética que la correspondiente a los 256 clones existentes, los cuales se evaluaron durante tres ciclos en el banco de germoplasma; algunos de estos clones se evaluaron también en pruebas regionales.

En 1981 se seleccionaron en Tabasco las accesiones M Pan 51 y M Mex 59, y se liberaron respectivamente con los nombres de Sabanera y Costeña; Sabanera estaba destinada a suelos típicos de la sabana de Huimanguillo, región con gran impacto de plagas, enfermedades y desórdenes nutricionales, mientras Costeña estaba bien adaptada a suelos costeros aluviales, en donde la presencia de problemas fitosanitarios y deficiencias minerales es mucho menor. La última variedad fue eliminada en Tabasco, debido a que no mostró buena adaptación aquí, donde la zona productora de yuca quedó limitada únicamente a la región de la sabana.

Después de la liberación de las variedades Sabanera y Costeña se decidió discontinuar la evaluación de la mayoría de los clones del grupo original de 256 genotipos. Sin embargo, se continuó con la búsqueda de clones superiores, a pesar de la aceptable estabilidad productora de la variedad Sabanera; entonces se reestructuró la metodología de introducción y evaluación de genotipos y, a partir de 1982, se adoptó el modelo de selección de variedades empleado por el CIAT; este modelo incluye la importación masiva de variabilidad genética por medio de semilla sexual  $F_1$  o meristemas clonales  $C_1$ , y su evaluación durante cinco fases continuas hasta la última etapa a nivel prueba regional.

Hasta el momento se han importado del CIAT 10 lotes de semilla sexual con un total de 32,664 semillas  $F_1$  para su evaluación inicial en suelos de la sabana de Huimanguillo (Cuadro 3); ese proceso de evaluación se inicia realmente desde el CIAT con la selección de los progenitores, los cuales deben mostrar buenas características de adaptación y productividad en ambientes similares a los mexicanos (ej., Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia). También se han introducido del CIAT 65 clones promisorios en forma de cultivos de meristemas  $C_1$ , los cuales han mostrado buen potencial productivo en regiones semejantes de Colombia (Cuadro 4).

**Cuadro 3. Relación de la semilla sexual  $F_1$  de yuca importada del CIAT durante 1982-1986.**

Lote	Año	Cruzamientos por lote (no.)	Semillas por lote (no.)
1	1982	46	2,280
2	1983	58	2,900
3	1984	79	3,950
4	1984	88	4,400
5	1985	69	3,308
6	1985	79	3,500
7	1986	69	3,350
8	1986	26	2,926
9	1986	99	4,050
10	1987	40	2,000
Total		653	32,664

**Cuadro 4. Introducción de genotipos del CIAT por medio de cultivos de meristemas, durante 1981-1986.**

Lote	Fecha	Genotipos (no.)	Tubos de ensayo (no.)
1	Oct/81	16	47
2	Ago/82	10	30
3	Dic/82	8	40
4	Dic/83	11	47
5	Jun/85	10	80
6	Ene/86	10	50
Total		65	294

Adicionalmente, durante 1985 y 1986 se establecieron tres campos de polinización abierta con los clones sobresalientes en la sabana de Huimanguillo, con el fin de obtener semilla y aumentar la variabilidad genética disponible en la primera etapa  $F_1$ ; de estos campos se obtuvieron 5950 semillas que, sumadas a las importadas del CIAT, hacen un total de 38,614 nuevos genotipos. Esto representa un gran avance para la obtención de genotipos sobresalientes de yuca en el trópico mexicano.

Algunos de los genotipos introducidos por medio de semilla durante 1982 y 1983 se encuentran actualmente en la cuarta o quinta fase de evaluación del esquema, a nivel de ensayo de rendimiento y prueba regional (Cuadro 5). Además, las etapas iniciales de la  $F_1$  y de observación contienen individuos con buenas características de adaptación inicial. De esta manera, a corto plazo se podrá contar para la sabana de Huimanguillo con una nueva variedad de yuca que tenga un potencial productivo y resistencia mayores que los de la variedad Sabanera.

Cuadro 5. Relación de híbridos  $F_1$  importados del CIAT y evaluados actualmente a nivel prueba regional.

Híbrido	Año de importación	Cruzamiento de origen
CMM 3957-8	1982	MCol 22 x MPan 51
CMM 3957-9	1982	MCol 22 x MPan 51
CMM 4051-4	1982	CM 1015-34 x MPan 51
CMM 2868-1	1983	CM 951-6 x MCol 1684
CMM 4143-1	1983	CM 507-37 x MVen 131
CGM 1315-1	1982	MCol 1914 x MPan 90
CGM 1322-5	1982	CM 723-3 x MPan 51
CGM 1322-12	1982	CM 723-3 x MPan 51
CGM 1312-3	1982	MCol 638 x MPan 51
CGM 1311-1	1982	MBra 5 x CM 507-37
CGM 1534-2	1983	MMex 1 x CM 922-2
SGM 715-1	1983	MCol 1910
SGM 726-2	1983	MPer 243

A pesar de que la mayoría de los estudios de fitomejoramiento se han enfocado hacia la búsqueda de variedades para suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, durante los 10 años de actividades también se han establecido 14 pruebas regionales en localidades diferentes a la sabana que tienen potencialidad para la producción de yuca en el trópico de México (Cuadro 6). También se ha contado con la continua evaluación y la caracterización del banco de germoplasma de yuca en su sede de Cotaxtla, Veracruz.

Los ensayos indicados en el Cuadro 6 han permitido detectar las principales limitaciones de la producción y también los

Cuadro 6. Establecimiento de pruebas regionales de yuca en diferentes localidades de cinco estados mexicanos durante 1977-1986.

Estado	Localidad	Ensayos establecidos (no.)	Genotipos evaluados (no.)
Chiapas	Pijijiapan	2	19
Quintana Roo	Chetumal	1	12
Tabasco	Huimanguillo	26	90
	Centla	3	22
Veracruz	Tuxtlas	3	11
	Isla	2	17
	Minatitlán	1	11
Yucatán	Uxmal	<u>2</u>	<u>27</u>
	Total	40	90

FUENTE: Legorreta, 1987.

genotipos sobresalientes para cada una de las regiones. Se han logrado avances significativos en la localidad de Isla, en Veracruz, en donde la variedad Cubana ha mostrado buen potencial productivo y gran aceptación de los productores; actualmente se realizan estudios sobre fertilización mineral, para asegurar el máximo potencial productivo de este genotipo en la región. De igual manera, la evaluación ininterrumpida del banco de germoplasma ha permitido detectar clones promisorios para la región central de Veracruz; entre ellos están Cubana, CMC-40, Itú y Costeña.

## Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma

El país cuenta con la infraestructura requerida para la recepción y recuperación de cultivos de meristemas en el laboratorio del Campo Agrícola Experimental Zacatepec (CAEZACA) de INIFAP<sup>1</sup>, en el estado de Morelos. Desafortunadamente, dichas

1. INIFAP = Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.



instalaciones están a más de 800 km del lugar de introducción en Tabasco, lo que ha ocasionado el retraso en la llegada de algunos genotipos a su destino final de evaluación, y aun la pérdida de los mismos.

Por otro lado, la recepción del material genético en forma de semilla  $F_1$  se realiza directamente en las instalaciones ubicadas en Huimanguillo; cada semilla se siembra en una bolsa de polietileno y se mantiene bajo condiciones de vivero durante cinco o seis semanas hasta su trasplante a los suelos de la sabana.

Hasta la fecha sólo se ha importado material genético de Costa Rica en 1958 y del CIAT a partir de 1975; sin embargo, la introducción de germoplasma de yuca sobresaliente para condiciones de suelos ácidos proveniente de otros países beneficiaría significativamente al programa de fitomejoramiento de yuca mexicano.

Por otro lado, no se tiene experiencia sobre la exportación de germoplasma de yuca bajo normas cuarentenarias que garanticen la sanidad del material genético, ya sea en forma de cultivos de meristemas, de material vegetativo de plantas adultas, o de semilla sexual. El único antecedente ha sido la exportación hacia el banco de germoplasma del CIAT de un lote de accesiones mexicanas en forma de material vegetativo de plantas adultas completamente sanas.

## **Proyecciones**

La sede del programa de mejoramiento de yuca en México está ubicada en Huimanguillo, Tabasco, en donde se cuenta con una creciente variabilidad genética, producto de la introducción de germoplasma durante varios años.

Esta diversidad se debe aumentar para poder contar con genotipos con potencial para diferentes agrosistemas del trópico de México, como es el caso de la región de la cuenca del Papaloapan en Veracruz y la parte central de Campeche, donde se están creando programas de apoyo para la producción de yuca.

Las condiciones edafoclimáticas de la sabana de Huimanguillo hacen de esta localidad un sitio con alta presión de plagas, enfermedades y desórdenes nutricionales y por tanto muy favorable para la selección de clones superiores de yuca. Datos obtenidos de los genotipos con los rendimientos más estables a nivel de prueba regional durante 10 años indican que el promedio de producción de raíces frescas de yuca en sitios de la sabana de Huimanguillo es aproximadamente 8 t/ha menor que el promedio de producción en sitios fuera de ésta (Legorreta, 1987). Por tal razón, la evaluación de germoplasma en esta localidad puede aportar avances significativos en la búsqueda de variedades para diferentes ecosistemas con menor presión ambiental.

Incrementando la variabilidad genética se puede aumentar la presión de selección para obtener genotipos élite; de igual manera, se ha planteado aumentar el número de localidades para los ensayos de pruebas regionales, así como el número de repeticiones de cada genotipo en estos ensayos dentro y fuera de la sabana de Huimanguillo; el objetivo es reducir los coeficientes de variación de los parámetros evaluados, que en la experimentación en cultivos como la yuca son por lo general altos y crean sesgos en la determinación del verdadero potencial de los genotipos.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el proceso para la obtención de una nueva variedad toma por lo menos cinco años, se ha iniciado la introducción de semilla y el establecimiento de pruebas regionales en dos épocas del año con el fin de acelerar el proceso y contar con mejores variedades de yuca a corto plazo.

## **Conclusiones**

1. Debido a su alta producción de carbohidratos y a su alta adaptación en regiones con suelos ácidos y de baja fertilidad como es la sabana de Huimanguillo, la yuca puede aportar gran cantidad de energía para aliviar las necesidades de carbohidratos de la población mexicana.
2. Durante cinco años de producción comercial de yuca en Tabasco se ha observado un aumento en la infraestructura

disponible para su procesamiento, y mayor interés en utilizar la raíz en granjas porcinas, así como en la alimentación humana y para algunos usos industriales; este hecho constituye un importante impulso para la expansión del cultivo en México.

3. En el caso de la yuca se cuenta con variabilidad genética para la obtención a corto plazo, de nuevas variedades para la región de la sabana de Huimanguillo, Tabasco; también hay disponibilidad de germoplasma para su evaluación en diversos sistemas del trópico de México.

## **Bibliografía**

- Acosta, E. J. 1986. Informe de la evaluación 1985-86, Programa de Yuca, área de mejoramiento genético. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigación Agrícola del Golfo Centro, Campo Experimental Agrícola de Huimanguillo (INIFAP-CIAGOC-CAEHUI), México.
- González, L. V. y Méndez, R. A. 1980. La Yuca: VI Curso de orientación, evaluación y selección para aspirantes a investigador del INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas), México. 119 p.
- Holguín, M. F.; Méndez, R. A.; Sánchez, E. D.; Urías, L. M.; Aquino, V. B.; Canales, C. J. y González, L. V. 1982. La producción de yuca y su potencial en el trópico húmedo de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigación Agrícola del Golfo Centro, Campo Experimental Agrícola de Huimanguillo (SARH-INIA-CIAGOC-CAEHUI), México. 42 p.
- Legorreta, P. F. 1984. Selección de variedades de yuca para diferentes agrosistemas. En: Primer seminario nacional sobre yuca. Volumen 2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal, México. p. 189-198.
- . 1987. Diez años (1977-1986) de pruebas regionales en el sureste de México; programa de yuca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP-CIFATAB), México. 90 p.
- Méndez, R. A. 1983. Avances del Programa de Yuca en México. En: Toro, J. C. (ed.). Evaluación de variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe. Memorias de taller en Cali, Colombia, 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 37-49.

———. 1987. Problemática y perspectivas del cultivo de la yuca en Tabasco. Programa de Yuca, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP-CIFATAB), México. 18 p.

Silva, M. C. 1980. Unidades del suelo. Compañía Editorial Continental, México. 63 p.

———. 1986. Programa Nacional de Desarrollo Rural Integral: Proyecto estratégico de fomento a la producción de maíz (propuesta definitiva). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), México. 180 p.

# EL CULTIVO DE LA YUCA EN PANAMA

*José Antonio Aguilar\**

## **Descripción Agroclimática y Estado Actual del Cultivo**

La superficie sembrada con yuca en Panamá varía mucho debido a la inestabilidad que presentan los precios de la raíz en el mercado fresco. Según las cifras del censo agropecuario de 1980, en ese año se cultivaron en el país 7127 ha con una producción total de 24,430 t y un rendimiento promedio de 6-8 t/ha (Panamá, Censos Nacionales, 1981).

La mayor parte de la yuca de Panamá es producida por pequeños agricultores, en suelos marginales e infértiles y con un nivel tecnológico bajo caracterizado por poco o ningún uso de insumos agrícolas.

Una de las áreas de mayor producción es Ocú, localizada en la provincia de Herrera, a una altura entre 130 y 170 m.s.n.m.; el promedio anual de temperatura es 28 °C y el de precipitación es de 1800 a 2000 mm. En esta área los suelos son predominantemente del tipo Ultisoles como en el 60% del país, y se obtiene un promedio de rendimiento de 10-12 t/ha con la variedad Brasileña, que es la más cultivada a nivel nacional.

---

\* Ing. Agr., Coordinador del Programa de Raíces y Tubérculos, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

## **Limitaciones de la Producción**

Existen en Panamá diversos problemas que limitan las posibilidades de aumentar la superficie cultivada, la producción, la comercialización y la utilización de la yuca. Factores como la fluctuación en los precios debida a los constantes cambios ocasionados por la oferta y la demanda, la rápida saturación de los mercados tradicionales de consumo fresco y los consecuentes excedentes de producción hacen que el futuro para esta raíz sea incierto.

Los excedentes de producción de yuca provocados por la falta de alternativas de utilización y comercialización motivaron al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) para que, con la colaboración del CIAT, orientara su investigación hacia la búsqueda de tecnologías que permitieran un mejor aprovechamiento de tales excedentes e hicieran posible la incursión de la yuca en otros mercados alternos a los de consumo fresco.

## **Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento**

### **Antecedentes y estado actual**

En 1965 se iniciaron en Panamá las primeras investigaciones tendientes a acumular suficiente variabilidad genética para promover programas nacionales de mejoramiento; fue entonces cuando se llevó a cabo la recolección, el establecimiento y la evaluación de una colección formada por 21 clones nacionales de yuca, en Alanje, Provincia de Chiriquí. En 1967 se recolectaron 23 nuevos clones, y para 1972 se introdujeron seis accesiones de germoplasma de yuca procedentes del ICA, en Colombia.

La información recopilada permitió identificar y seleccionar algunos materiales promisorios (el Clon 14, el Clon 23, UCV-2096, etc.) que servirían de base para futuros programas de mejoramiento genético.

## **Objetivos**

El IDIAP desarrolla actualmente un proyecto de investigación en yuca, en colaboración con el CIAT; en la búsqueda de tecnologías que conduzcan al incremento de la productividad, la producción, la utilización y la comercialización de la yuca, el mejoramiento genético constituye un componente esencial.

Los objetivos del mejoramiento genético son:

1. Aumentar la variabilidad genética disponible, mediante la colección nacional y la introducción de germoplasma de otros países y regiones.
2. Seleccionar germoplasma con adaptación al agroecosistema panameño, y con altos y estables rendimientos.
3. Seleccionar genotipos con adaptación a suelos con alta acidez y sequías prolongadas.
4. Seleccionar genotipos aptos para la agroindustrialización.

## **Avances y logros**

El Programa de Investigación en Yuca del IDIAP ha logrado, en colaboración con el CIAT, introducir más de 40 genotipos in vitro y más de 600 líneas F<sub>1</sub> por medio de semillas botánicas. Como resultado de la evaluación de algunos de estos genotipos se han seleccionado materiales promisorios entre los cuales está Dayana, con rendimientos de 32 t/ha en ensayos de observación y en ensayos preliminares de rendimiento; el resto de los genotipos y líneas continúa en evaluación y selección en cada uno de los agroecosistemas en que se produce la yuca.

También se han obtenido materiales promisorios para futuros programas nacionales de mejoramiento genético, como Brasileña, Chirú, Gigante, y China Amarilla.

Todos los materiales aludidos se seguirán evaluando a fin de obtener mayores conocimientos acerca de su comportamiento y sus interacciones bajo un amplio rango de ecosistemas y de factores limitativos.

## **Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma**

Para el intercambio de germoplasma, Panamá cuenta con instalaciones mínimas como invernaderos y campos experimentales y con personal capacitado en el CIAT; esto ha hecho posible el buen manejo de algunas de las diferentes formas (cultivos in vitro y semillas botánicas) en que se reciben los materiales.

En un futuro inmediato será necesario aumentar el recurso humano y capacitarlo para el recibo, el manejo, la evaluación, la multiplicación y la distribución final a los agricultores de las nuevas variedades mejoradas de yuca que resulten del proceso de intercambio internacional.

## **Proyecciones**

Se continuará con la búsqueda, evaluación, selección y adaptación de germoplasma de yuca tanto nacional como introducido, principalmente de aquellos genotipos adaptables a los agroecosistemas del país, que tengan rendimientos altos y estables, buena resistencia al ataque de plagas y enfermedades, y buen comportamiento en zonas edafoclimáticas que presentan acidez extrema, altos contenidos de aluminio y sequías prolongadas.

También se considera de especial importancia la obtención de genotipos con buenas características para la agroindustrialización (alimentos concentrados, harinas, almidones y alimento humano).

## **Conclusiones**

1. Para aumentar la diversidad genética es necesario continuar con la recolección a nivel nacional y con el intercambio de germoplasma de yuca adaptable a las zonas edafoclimáticas de Panamá.



2. Es necesaria la capacitación de más personal para el manejo de las distintas formas del germoplasma usadas para el intercambio.
3. Se deberá acondicionar y ampliar la infraestructura (invernaderos, laboratorios, campos experimentales), y dotarla con las condiciones mínimas necesarias para el recibo y manejo de estos materiales.
4. Se deberán evaluar, seleccionar y adaptar a los agroecosistemas nacionales para yuca genotipos con resistencia a plagas y enfermedades, y con características apropiadas para la agroindustrialización.
5. Es necesario promover y desarrollar mecanismos de multiplicación y distribución efectiva de las nuevas variedades para que sean adoptados por los agricultores.
6. Se deben propiciar, mantener y fortalecer los vínculos de intercambio de germoplasma con el CIAT y demás instituciones de investigación de otros países, con miras a desarrollar la respectiva red internacional.

## **Bibliografía**

- Panamá, Censos Nacionales. 1981. Cuarto Censo Agropecuario, 1980: Datos preliminares. Cuadro no. 38.
- Pérez, O. E. 1977. Evaluación agronómica de clones de yuca en tres localidades de la República de Panamá. Reunión XXIII del P.C.C.M.C.A. (Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios). Panamá.
- Proyecto Colaborativo de Investigación en Yuca IDIAP-CIAT-AID (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Agency for International Development). Informes bimensuales 1984-1986.



# EL CULTIVO DE LA YUCA EN REPUBLICA DOMINICANA

*Miguel Sosa Vásquez\**

Con una extensión de 48,442 km<sup>2</sup>, República Dominicana abarca dos terceras partes de la isla de Santo Domingo; la parte occidental de esta isla corresponde a Haití.

Santo Domingo es, por su tamaño, la segunda isla en las Antillas y la sexta entre las del continente americano. Está situada en el centro del archipiélago antillano, debajo del Trópico de Cáncer entre los 17° 36' y 19° 56' de latitud norte, y entre los 68° 19' y 74° 31' de longitud oeste.

## Descripción Agroclimática

El clima de República Dominicana es tropical influenciado por el sistema del Atlántico medio, pero modificado por los vientos alisios del noroeste y por la topografía. Las variaciones climáticas son marcadas y oscilan desde las condiciones semiáridas hasta las muy húmedas.

La temperatura media anual al nivel del mar es de 25 °C con pequeñas variaciones estacionales. La precipitación varía en forma drástica de 435 mm en la cuenca del suroeste (Neiba) a 2743 mm a lo largo de la costa nordeste; la distribución geográfica y estacional de las lluvias es errática. Existen normalmente dos estaciones de lluvias: una de abril a junio y otra

---

\* Ing. Agr., Encargado del Programa de Raíces y Tubérculos, Secretaría de Estado de Agricultura, Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (CESDA).

de septiembre a noviembre; diciembre a marzo es generalmente el período menos lluvioso.

El país se encuentra en una región caracterizada por tempestades tropicales; entre los meses de agosto y noviembre los fuertes vientos, las lluvias y las mareas altas pueden causar daño a las plantaciones y a las edificaciones rurales.

La yuca crece en todo el territorio nacional, pero se siembra y produce más en cinco de las ocho regionales agropecuarias en que está dividido el país (Figura 1 y Cuadro 1). Las características edafoclimáticas o ecosistemas de las zonas donde se siembra yuca y donde se fomentará su cultivo se resumen en el Cuadro 2; en otros lugares no señalados las siembras no son significativas.

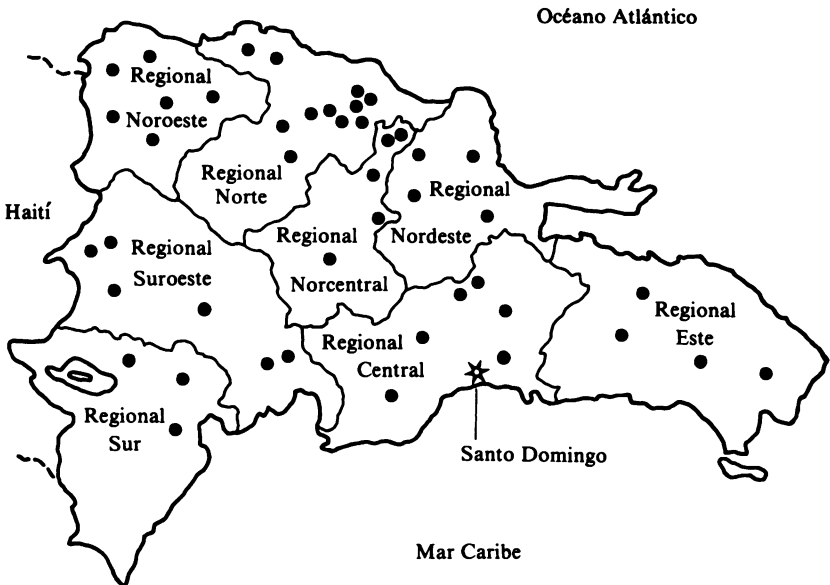


Figura 1. División de República Dominicana en regionales agronómicas y localización de las principales áreas de cultivo de la yuca en ellas (●).

**Cuadro 1. Principales características de las regionales agropecuarias donde se cultiva yuca en República Dominicana.**

Regional	Promedio de temp. (°C)	Precipitación (mm)	Clase ecológica <sup>a</sup>	Principales clases de suelos
Norte	25	1000 a 1800	Bh-s	I, II, III y IV, principalmente
Norcentral	18 a 25	1000 a 1300	Bh-s	I, II, III y IV
Suroeste	25	673 a 2000	Bs-s y Bh-s	I a VIII
Central	25	930 a 2300	Bh-s y Bs-s	II, III, IV y V
Noroeste	26	675 a 1317	Bs-s	II a VII

a. Bh-s = bosque húmedo subtropical y Bs-s = bosque seco subtropical, según Holdridge.

## **Estado Actual del Cultivo**

El cultivo de la yuca constituye un renglón importante en la producción de alimentos en República Dominicana, ya que la raíz forma parte de la dieta diaria de la población; también participa en los programas de exportación de productos agrícolas no tradicionales. El consumo está influenciado por la disponibilidad de otros productos alimenticios (plátano, papa, batata, yautía), así como por los factores de la producción y el volumen de las exportaciones.

En la actualidad la productividad del cultivo varía entre 4.3 y 14.4 t/ha según la región y la variedad utilizada; sin embargo, el promedio general de rendimiento es de sólo 5.9 t/ha debido en gran parte a que los productores no aplican la tecnología disponible; ellos sostienen que el suelo para yuca no necesita mayor atención y que cualquier estaca tiene capacidad para producir una buena planta con rendimientos aceptables; menos del 5% de los productores usan fertilizantes, a pesar de que la investigación indica que la yuca responde bien a la fertilización química y orgánica.

La yuca generalmente es atacada por varias plagas y enfermedades que afectan sus rendimientos, pero no son frecuentes las prácticas de control por parte de los agricultores. Entre las plagas se pueden mencionar: el gusano de flota

Cuadro 2. Zonas edafoclimáticas donde se siembra yuca y se fomentará este cultivo en República Dominicana.

Características	Ecosistema 1	Ecosistema 2	Ecosistema 3
Extensión y proporción <sup>a</sup>	9962 km <sup>2</sup> ≈ 21%	12,000 km <sup>2</sup> ≈ 24.7%	11,000 km <sup>2</sup> ≈ 22.7%
Clase ecológica <sup>b</sup>	Bs-s	Bh-s	Bh-s
Topografía	Plana a ondulada.	Plana a ondulada.	Plana a ondulada y de alta pendiente.
Clima	EVP = 60% > precip. media. Precipitación baja a moderada, en dos épocas; época seca prolongada. Temperatura alta.	EVP = 20% < precip. media. Precipitación moderada a alta, distribución irregular, estación seca moderada a prolongada.	Trópico de tierras bajas, sin estaciones secas pronunciadas. Precipitación moderada a alta.
Vegetación natural	Arbustiva, árboles dispersos, de crecimiento lento; regeneración natural difícil.	Vegetación de sabana con árboles de crecimiento moderado y regeneración natural difícil.	Arbórea, de crecimiento moderado y regeneración natural fácil.
Uso	1) Agricultura intensiva, con riego en buenos suelos. 2) Ganadería extensiva en suelos no agrícolas. 3) Forestal en laderas de pendientes fuertes.	1) Caña y pastos. 2) Agricultura y ganadería intensiva en los mejores suelos. 3) Producción forestal en suelos más pendientes.	1) Agricultura y ganadería intensivas en los mejores suelos. 2) Producción forestal en suelos con mayor pendiente.
Regionales	Sur, Suroeste, Noroeste y pequeña parte de la Central.	Este y la mayor parte de la central.	Nordeste, y partes de la Norte, Noroeste, Suroeste y Norcentral.

a. Proporción de la superficie con respecto a la del país.

b. Bs-s = bosque seco subtropical y Bh-s = bosque húmedo subtropical, según Holdridge.

(*Erinnyis ello*), las chizas blancas (*Phyllophaga* sp.), los tierreros (*Agrotis ipsilon*, *Prodenia eridania*), el grillo cortador (*Gryllus assimilis*), los trips (*Frankliniella williamsi*), la mosca del cogollo (*Silba pendula*) y los ácaros (*Mononychellus tanajoa* y *Tetranychus urticae*). En las zonas bajo riego los ácaros constituyen un problema para la yuca.

Las principales enfermedades son el añublo bacteriano (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*) y el superalargamiento (*Sphaceloma manihoticola*).

El actual sistema para la generación y la distribución de simientes (esquejes) no permite un control de la sanidad y la pureza varietal de dicho material, por lo que urge solucionar este problema sembrando campos de semilla básica en las diferentes regiones del país.

El Cuadro 3, con datos sobre producción, comercio exterior, y consumo, permite apreciar la evolución del cultivo de la yuca

Cuadro 3. Evolución en la producción, el comercio exterior y el consumo humano aparente per cápita y total en República Dominicana entre 1974 y 1984.

Años	Valores según aspecto considerado			
	Producción (000 t)	Comercio exterior (000 t)	Consumo per cápita (kg/año)	Consumo total (000 t)
1974	115	4.27	23.47	108.28
1975	152	2.72	30.11	143.15
1976	124	3.45	23.90	117.00
1977	231	3.99	44.37	223.37
1978	148.55	5.58	26.80	138.70
1979	119.40	3.95	20.75	110.05
1980	80.99	1.18	16.66	79.81
1981	119.40	4.63	20.70	115.63
1982	65.51	4.68	22.64	130.07
1983	92.62	5.72	14.57	86.90
1984	112.91	6.36	18.19	111.05

FUENTE: Subsecretaría Técnica de Planificación Sectorial Agropecuaria, República Dominicana. Plan operativo 1985. (Datos originales en quintales. Un quintal = 100 lb de 454 g).

durante 10 años, mientras el Cuadro 4 permite comparar este cultivo con el de otras raíces y tubérculos durante 1986, en cuanto a las siembras y producciones programadas y ejecutadas.

Cuadro 4. Programación del área de siembra y la producción para cultivos de raíces y tubérculos en 1986.

Cultivos	Siembras			Producción		
	Programadas (ha)	Ejecutadas (ha)	Ejecución (%)	Programada (t)	Obtenida (t)	Ejecución (%)
Yuca	27,743	19,067	69	170,140	122,574	66
Batata	8,718	5,462	65	56,166	39,096	70
Yautía	8,537	3,379	40	48,217	28,661	60
Ñame	2,710	596	22	13,839	4,671	34
Papa <sup>a</sup>	2,149	1,264	59	19,700	15,810	80
Total	49,857	29,768	60	308,062	200,812	60

a. Sólo se incluyeron las regionales Central y Norcentral por ser las más representativas.  
(Datos originales en tareas y en quintales. Una tarea = 629 m<sup>2</sup>; un quintal = 100 lb de 454 g).

## Sistemas de producción

Las siembras se efectúan principalmente de abril a junio y agosto a octubre, en un área de 22,640 ha aproximadamente; alrededor de un 15% de la superficie sembrada con yuca en 1986 estaba en zonas bajo riego. La mayor parte de la yuca se siembra en monocultivo aunque muchos agricultores, especialmente aquéllos que poseen áreas pequeñas (1 a 2 ha), la producen asociada.

**Métodos de siembra.** En ambos sistemas de producción (monocultivo o en asociación) los agricultores utilizan métodos de siembra variados, según sea la costumbre del agricultor o su condición de pequeño, mediano o gran productor, como también según sea el tipo de suelo, la pendiente del terreno, y el uso de riego, así:

a. Siembra en plano. Este método se usa principalmente en las regionales Norte, Central y Este, y en menor escala en la regional



Sur. Se aplica además, cuando el sistema de cultivo sólo incluye las labores convencionales de labranza, sin la aplicación de riego artificial y generalmente en suelos livianos con facilidad de drenaje (zona montañosa).

b. En muro o camellón. Es un sistema usado con frecuencia en zonas de alta pluviosidad y suelos pesados, o en zonas bajo riego; es común en las regionales agropecuarias Sur, Central y Noroeste.

c. En corona o montículo. Muy usado en la regional Sur, este sistema consiste en montículos de tierra más o menos cónicos, en cuya parte superior se coloca la estaca de yuca; las labores se hacen manualmente, ya que el sistema no permite el uso de maquinaria. El hecho anterior determinó la aplicación del método donde no existe la maquinaria o donde el productor lo prefiere por costumbre.

**Cultivo en asociación.** En este sistema los agricultores siembran la yuca sin preocuparse de que la asociación sea la adecuada para obtener más altos rendimientos o mejor control de plagas, enfermedades y malezas. Generalmente en las asociaciones la yuca constituye el cultivo secundario, aunque hay zonas donde ambas especies tienen igual importancia. Los cultivos que usualmente se utilizan para asociar o intercalar con yuca son: maíz, habichuela (frijol), batata, maní, y ñame. La yuca también se siembra intercalada entre los cultivos de coco, plátano, frutales, aguacate, cítricos y otros.

Las siembras en las asociaciones se hacen generalmente a densidades muy bajas y con patrones (de siembra) incorrectos, en épocas inadecuadas, con variedades que no siempre son las más indicadas, sin fertilizar ni hacer ningún control de plagas y enfermedades a los cultivos.

## **Variedades**

Según estudios realizados por el Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (CESDA), en República Dominicana existen más de 30 variedades criollas de yuca cultivadas a nivel comercial. Estas variedades difieren en cuanto a su productividad, ciclo

vegetativo, y características morfológicas, y muchas de ellas se conocen con diferentes nombres en las diferentes regiones donde se producen.

En el Cuadro 5 se presentan las principales variedades criollas clasificadas por el CESDA. Las dulces (con bajo contenido de HCN) se usan para consumo humano; las más cultivadas en el país son: Negrita Mocana, Machetazo Bajita, Blanquita de la Loma, Zenón, Cogollo Morado, Machetazo Alta, Señorita está en la Mesa, Maliciosa Blanca y Mantequilla. Estas variedades se caracterizan por su bajo contenido de ácido cianhídrico y por su buena calidad culinaria, aceptación en el mercado, y buena productividad cuando se les aplican las prácticas agronómicas de bajos costos. Las principales variedades de tipo amargo (por su alto contenido de HCN), que se utilizan para la fabricación de cazabe y en menor proporción para la obtención de almidón, son: Bejaran, Agua de Coco, Clara Crema y Facundo.

Cuadro 5. Principales variedades de yuca producidas en República Dominicana.

Variedades dulces		Variedades amargas	
Cultivares	Nombres comunes	Cultivares	Nombres comunes
CL 01	Maliciosa Blanca	CL 31	Bejaran
CL 02	Cogollo Morado	CL 32	Agua de Coco
CL 03	Señorita está en la Mesa	CL 33	Agria Dulce
CL 04	Negrita Mocana	CL 34	Facundo
CL 05	Zenón	CL 35	Brava
CL 06	Machetazo Bajita	CL 36	Clara Crema
CL 07	Blanquita de la Loma o Bilin	CL 37	La Blanca
CL 08	Mantequilla		
CL 09	Machetazo Alta		
CL 10	Tres Ganchos o Verdecita		
CL 11	Dame más		
CL 12	Tallo Blanco		
CL 15	Chago Mía		
CL 16	Hoja de Ceiba		

En la colección internacional de yuca del CESDA, en San Cristóbal, existen variedades extranjeras que se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Variedades extranjeras de yuca existentes en la colección internacional del CESDA, en San Cristóbal.

Variedades dulces		Variedades amargas
ICA HMC-2	CM 305-41	CMC-84
ICA HMC-1	CM 305-38	M Col 1684
CMC-40	M Mex 59	Blanca de Santa Catalina
ICA HMC-4	M Col 22	
ICA HMC-7	M Ven 218	
CM 325-375	Cm 309-211	
CM 305-145A	CM 308-197	

## Utilización

El 90% de la yuca producida en República Dominicana se utiliza para el consumo humano fresco no sólo en el país sino también en el exterior, ya que una cantidad apreciable de la producción se exporta en forma fresca a los mercados de Estados Unidos y de otras islas del Caribe. El 10% restante de la producción se utiliza en la industria del cazabe, en la producción de almidón y en la alimentación de cerdos; en este caso se usa picada en forma fresca, o picada y secada al sol durante dos o tres días.

Hasta ahora la producción de almidón ha estado concentrada en pequeñas fábricas con tecnologías rudimentarias, lo mismo que la industria del cazabe en la cual se utiliza poca tecnología. Esta industria constituye la principal fuente económica en la cordillera central, que es la más importante zona en la producción de yuca amarga.

## **Limitaciones de la Producción**

En talleres de trabajo realizados por el Programa de Yuca del CESDA, con la participación de técnicos de investigación, producción, extensión y capacitación que laboran en el país en el cultivo de yuca, se han identificado los siguientes problemas como los causantes de la baja productividad por área:

1. Poca y deficiente preparación del suelo. Debido a la falta de equipos adecuados no se usa una profundidad de siembra adecuada; tampoco se hacen camellones en suelos arcillosos y húmedos, ni subsolado y drenajes en algunas zonas que requieren estas prácticas.
2. Ninguna o poca aplicación de prácticas agronómicas adecuadas y de bajo costo. En su mayoría, los productores de yuca del país no aplican prácticas recomendadas como son la selección de estacas sanas, maduras y con 5-7 yemas, el tratamiento químico de las mismas con insecticidas, fungicidas y micronutrientes, la siembra al comienzo de la estación lluviosa a una densidad adecuada, y la colocación de la estaca en la posición adecuada. En varias zonas muy lluviosas del país, la estaca se debe colocar vertical o inclinada para evitar pudriciones; también se usa esa posición en las zonas de altas temperaturas cuando se siembra en los períodos más secos, con el fin de evitar pérdidas por efecto del calor del suelo.
3. Ataque de plagas y enfermedades y desconocimiento del productor acerca del control integrado de las mismas.
4. Mezcla de variedades y poca utilización de las adecuadas a las condiciones de cada región. La mezcla de variedades con diferentes ciclos de producción se presenta en muchas ocasiones a nivel de productor, pero también ocurre en los esquejes que distribuye el Departamento de Producción de la Secretaría de Agricultura; muchas veces se envían mezclas de variedades a regiones con ecosistemas diferentes a los de los sitios donde se obtuvieron los materiales.

5. Usualmente los productores no realizan un buen control de malezas cultural, mecánico, químico o integrado.
6. Falta de fertilización. En su mayoría los productores no realizan análisis de suelos, y no fertilizan ni siquiera en los suelos de baja y mediana productividad, ni en aquellos en donde se cultiva yuca continuamente; esto conduce a una baja productividad.
7. Asociación incorrecta de la yuca en el caso de los cultivos múltiples. En muchas ocasiones los productores asocian el cultivo de la yuca con especies inadecuadas (ñame, plátanos, frijol voluble, etc.), o siembran tales especies en tiempo inadecuado con relación a la etapa de desarrollo en que está la yuca; en la mayoría de los casos usan densidades de siembra inadecuadas, tanto para la yuca como para el cultivo intercalado.
8. Cosecha temprana. Con el fin de aprovechar mejores precios en los mercados o por necesidad económica, muchos productores cosechan la yuca entre los 7 y 10 meses sin dejar que complete su ciclo de desarrollo.

## **Organización y Estrategia de la Investigación en Mejoramiento**

El país cuenta con dos centros de investigación que tienen programas de mejoramiento en yuca, y que trabajan en estrecha coordinación; ellos son: el CESDA, en San Cristóbal, y el Centro Norte de Desarrollo Agropecuario (CENDA), en Santiago de los Caballeros.

Entre las actividades de mejoramiento de yuca cabe destacar las siguientes:

- a) Mantenimiento de las colecciones nacional e internacional.
- b) Clasificación morfológica de las variedades.
- c) Obtención de líneas mediante el policruzamiento y, en menor cantidad, mediante el cruzamiento dirigido.

- d) Introducción de líneas en forma de semillas sexuales y tejidos de meristemas, desde los centros internacionales de investigación en yuca.
- e) Evaluación de variedades y líneas por su reacción a los factores negativos para la producción y por su rendimiento.

Las labores relacionadas con la hibridación y el mantenimiento de colecciones están centralizadas en la estación central del CESDA, en San Cristóbal, y en la estación experimental del CENDA, en Boca de Mao, Valverde, localizadas en zonas que representan dos ecosistemas diferentes. La evaluación de las líneas y variedades se hace tanto en fincas de agricultores como en todas las estaciones y campos experimentales del CESDA y del CENDA ubicados en las ocho regionales agropecuarias en que está dividido el país.

### **Antecedentes y estado actual**

Las actividades de mejoramiento genético de la yuca dentro del programa de investigaciones del cultivo son recientes en República Dominicana.

En 1967 el CESDA, que entonces se llamaba Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), empezó a hacer introducciones, colecciones, y evaluaciones de variedades; en 1968 se introdujeron de las Islas Vírgenes y otras islas del Caribe variedades que se sembraron en el valle del Cibao. En 1971 se empezó a hacer la evaluación y la selección de las variedades locales y su clasificación morfológica; también se hizo la introducción de nuevas variedades.

En 1975 se introdujeron del CIAT 16 clones que se sometieron a pruebas de adaptación, producción y calidad, tanto en el sur como el norte del país. En 1982 y 1983 el CESDA y el CENDA, respectivamente, introdujeron del CIAT diferentes líneas de yuca en forma de semillas sexuales; también se obtuvieron nuevas líneas por cruzamientos dirigidos y por policruzamientos en San Cristóbal.

Los dos centros nacionales de investigación han mantenido, desde 1975 hasta la fecha, colecciones de los principales cultivares nativos y extranjeros con amplia diversidad genética, y han realizado evaluaciones de producción, adaptación, calidad, etc., de las principales variedades en diferentes regiones del país. Sin embargo, el programa de mejoramiento no ha alcanzado el desarrollo deseado, y se puede afirmar que en República Dominicana el cultivo de la yuca ha sido poco estudiado en cuanto a mejoramiento genético se refiere.

Los programas de investigación en yuca no han contado con buenos programas de hibridación dirigida y abierta, ni de introducción de nuevas líneas mediante tejidos de meristemas y semillas sexuales con características deseables y adaptadas a los diferentes ecosistemas del país. Siempre han carecido de infraestructura y de recursos económicos adecuados para ejecutar los trabajos y darles continuidad, razones que han incidido en la actividad de los fitomejoradores.

No obstante lo anterior, a partir del presente año (1987) la situación ha empezado a cambiar pues la Secretaría de Agricultura cuenta ya con un laboratorio de cultivos de tejidos, y hay buenas perspectivas de apoyo por parte de las instituciones nacionales e internacionales para las labores de investigación y mejoramiento en yuca.

### **Objetivos de la investigación**

La investigación en cuanto a mejoramiento de yuca busca los siguientes objetivos:

1. Continuar identificando el material genético nativo y el foráneo que se introduzca al banco de germoplasma. Mantener las colecciones nacionales e internacionales de yuca (banco de germoplasma) a nivel de campo, y facilitar los materiales al nuevo laboratorio de cultivo de tejidos de la Secretaría de Estado de Agricultura, para tener tales colecciones a nivel de laboratorio.
2. Mediante cruces controlados y polinización abierta, obtener nuevos genotipos que den el más alto rendimiento por unidad

de área y de tiempo, bajo diversas condiciones ambientales.

3. Por hibridación, obtener cultivares de altos rendimientos, tolerantes a enfermedades y plagas, y adaptados a zonas donde se cultiva yuca bajo condiciones marginales.
4. Introducir del CIAT líneas y variedades adaptadas a los diferentes ecosistemas del país donde se esté fomentando la siembra de yuca, con el fin de usarlas como progenitores en trabajos para el mejoramiento del material nativo.
5. Continuar evaluando en las diferentes regiones del país las variedades nativas e introducidas.
6. Determinar en las variedades de alto rendimiento el tiempo mínimo requerido para alcanzar la máxima producción, con el fin de fijar un patrón para la selección futura de clones precoces.

### **Avances y logros**

La investigación en cuanto a mejoramiento de yuca no ha sido tan abundante como era deseable, debido principalmente a la carencia de una infraestructura básica (por ej., un laboratorio de cultivos de tejidos y un invernadero), y a la falta de recursos suficientes para asegurar un resultado exitoso. Por otra parte, muchos de los técnicos dominicanos que han recibido capacitación sobre yuca en el CIAT están desempeñando otras funciones ajenas a ese cultivo, lo cual no ha permitido la debida continuidad en el manejo del material genético introducido ni del obtenido por cruces controlados o por polinización abierta.

De todas maneras, se pueden destacar avances y logros como:

1. La instalación y mantenimiento de un banco de germoplasma en el CESDA, donde existen actualmente 30 cultivares nativos y 16 introducidos.
2. La realización de trabajos para la clasificación morfológica de las principales variedades nativas de yuca.



3. La evaluación de la adaptación y la producción de las principales variedades en diferentes regiones del país, y su selección.
4. La obtención de líneas por cruzamientos dirigidos y policruzamientos efectuados en los campos experimentales del CESDA, en San Cristóbal.
5. Se han seleccionado variedades resistentes a los ataques de añublo bacteriano y de trips, así como variedades con mayor resistencia al deterioro fisiológico; estos materiales son los preferidos para la exportación.

## **Estructura para el Intercambio Internacional de Germoplasma**

En estos momentos (mayo de 1987) República Dominicana cuenta con una estructura básica para recibir del CIAT germoplasma en forma de tejidos de meristemas.

Esa estructura consta de un laboratorio de cultivo de tejidos y de un invernadero que se instalará próximamente. El laboratorio, que está ahora a cargo de la SEA, había sido instalado desde hace dos años en la estación experimental de caña de azúcar del Duquesa, en Santo Domingo, con la ayuda económica de la Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), a un costo de 2.0 millones de dólares; es uno de los más grandes y modernos en el área del Caribe y servirá para el trabajo con varios cultivos como yuca, batata, ñame, yautía, malanga, caña de azúcar y plátano.

El CESDA y el CENDA disponen de estaciones y campos experimentales distribuidos en toda el área del país y cuentan con profesionales capaces de manejar las diferentes formas en que se intercambia ese material y con personal técnico de apoyo, la mayoría de ellos entrenados en el CIAT.

## Proyecciones

Existen buenas perspectivas para la investigación en mejoramiento de yuca, ya que actualmente se cuenta con adecuadas estructuras física y humana. Además se fomentará la siembra de yuca en tres amplias regiones del país que poseen ecosistemas diferentes y donde la caña de azúcar, que actualmente constituye el cultivo principal, será sustituida en gran proporción por otros cultivos más rentables y adaptados a esas zonas.

Por otra parte se aumentará la siembra de yuca destinada al consumo de animales y a la producción de almidón, lo que hace necesario contar con nuevos cultivares con buenas características para esos fines.

Para 1987 las metas del país en cuanto a la producción de yuca son las que presenta el Cuadro 7.

Cuadro 7. Metas acerca de la producción de yuca en República Dominicana, 1987.

Metas	Valores
Area (ha)	
Sembrada	21,699
Cosechada	21,308
Rendimiento (t/ha)	5.8
Producción (t)	124,590
Consumo aparente (t)	117,746
Autosuficiencia (%)	106

FUENTE: Subsecretaría Técnica de Planificación Sectorial Agropecuaria, República Dominicana. Plan operativo 1987.

Se ha propuesto una meta de producción de 124,590 t de raíces, mediante un incremento de 27% en el área sembrada con respecto a 1986, y manteniendo los rendimientos más o menos a niveles similares a los obtenidos en ese año (5.8 t/ha). Con la producción señalada se espera satisfacer un consumo aparente de 117,746 t, y destinar el excedente (6744 t) a la exportación.

Para alcanzar las metas de producción propuestas se reforzarán los servicios de distribución de material de siembra, mecanización y extensión agrícola. Por otra parte, los programas de crédito del Banco Agrícola de la República Dominicana financiarán en este año 4088 ha con un monto de US\$1,000,000; esta financiación supera en más de un 50% la superficie financiada en 1986.

Las 21,699 ha programadas para la siembra se distribuyen en las diferentes regiones, así:

Norte:	6550
Noroeste:	3256
Norcentral:	3090
Central:	2876
Suroeste:	2666
Nordeste:	1226
Sur:	1120
Este:	955

Las regionales más importantes en cuanto al volumen total de la producción serán: la Norte (28% del total nacional), la Central (19%) y la Norcentral (17%), que deben producir en conjunto 79,085 t, es decir, un 64% del total nacional.



## II

# **ASPECTOS BASICOS EN EL PLANEAMIENTO Y LA EJECUCION DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO EN YUCA**



# FORMAÇÃO DA BASE GENÉTICA E MANEJO DOS RECURSOS GENÉTICOS DE MANDIOCA: O CASO DO BRASIL

Antonio Costa Allem  
Clara Oliveira Goedert\*

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) é uma espécie cultígena de origem americana. A cultura tem pelo menos oito mil anos e o local inicial da domesticação, levada a cabo por ameríndios, deu-se possivelmente em algum ponto compreendido entre a latitude de 2° N-7° S e a longitude de 60°-72° W (Allem, 1988a). Entretanto, como populações silvestres de *M. esculenta* prosperam em pelo menos seis países de América do Sul (Allem, 1988b), não se pode descartar a possibilidade do processo de domesticação da cultura ter-se iniciado em áreas mais meridionais da América do Sul, tais como a Amazônia peruana ou trechos do chaco boliviano (Beni). Certo mesmo é que a cultura é de origem sul-americana.

A mandioca foi, ainda no século XVI, introduzida em alguns países da África e Ásia, por portugueses e espanhóis. Entretanto, sua importância na África Ocidental começou somente a partir do século XIX e sua adoção geral na área deu-se no presente século. A mandioca estabeleceu-se na África Oriental somente a partir de 1850. Hoje, encontra-se espalhada por quase todas as áreas tropicais do mundo. Imigrantes às vezes contribuem para a dispersão geográfica de produtos, devendo-se às populações

---

\* Respectivamente Ph.D. Curador de mandioca, Coordenação de Introdução, Intercâmbio e Quarentena e Ph.D. Coordenação Conservação de Germoplasma, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Recursos Genéticos (EMBRAPA/CENARGEN), Caixa Postal 10.2372, Brasília D. F., Brasil.

cubanas o cultivo cada vez em maior escala da mandioca na Flórida (Plucknett, 1983).

A mandioca é geralmente descrita como uma cultura tropical de baixas altitudes, mas a imensa gama de cultivares existentes permite seu crescimento em áreas temperadas próximas dos 35° S de latitude e em altitude próxima dos 2 mil metros acima do nível do mar. Nas áreas tropicais sujeitas a uma estação seca (3-7 meses de duração) a planta perde suas folhas mas a parte aérea é preservada, podendo as raízes permanecerem enterradas no solo por períodos relativamente longos, especialmente se a variedade for de mandioca-brava. Na região do trópico úmido (linha do Equador) as condições ecológicas locais permitem o cultivo da espécie quase todo o ano. Nas zonas temperadas (Rio Grande do Sul, Santa Catarina) as manivas são guardadas para o próximo plantio, uma vez que a planta não resiste bem ao frio e às geadas.

A mandioca é cultivada por suas raízes tuberosas, ricas em carboidratos, sendo uma das mais importantes culturas alimentícias de populações indígenas e rurais das faixas subtropicais e tropicais das Américas, África, Ásia e Oceania. É pouco exigente quanto à fertilidade do solo por associar-se com micorrizas. As folhas são ricas em proteínas e servem também para a alimentação animal. Na África, as folhas são consumidas como verdura; este mesmo hábito é seguido em algumas áreas do Norte e Nordeste brasileiro (Salvador, Belém, etc.). Uma excelente revisão sobre processos de beneficiamento da mandioca é encontrada em Lancaster et al. (1982).

A África é o continente maior produtor da cultura bem como em área plantada, seguido da Ásia e Américas. O Brasil é individualmente o maior país produtor, mas exporta muito pouco, a maior parte da produção atendendo ao mercado interno. A Tailândia é o maior exportador do produto a nível mundial, exportando principalmente 'chips' para a Europa Ocidental.

## **Erosão Genética**

Aqueles que trabalham com recursos genéticos vegetais estão amplamente familiarizados com o uso cada vez mais freqüente,



nas duas últimas décadas, da expressão 'erosão genética'. O fenômeno refere-se ao abandono, perda ou substituição do estoque de genes (em especial séries polialélicas) do reservatório gênico de uma determinada espécie vegetal. No caso específico da agricultura, o fenômeno manifesta-se através do abandono por parte do produtor, de variedades primitivas locais de longa tradição regional, em favor de formas comerciais melhoradas de um produto. O resultado desta ação é a possível diminuição da base genética da cultura, devido à perda de genes.

Outra inquietante expressão que veio juntar-se ao glossário de recursos genéticos é aquela designada por 'genetic wipe-out' (Harlan, 1972). Harlan designa com este termo uma situação ainda mais grave que a erosão genética, ou seja, a substituição quase completa de cultivares primitivas de uma cultura, em centros de diversidade genética daquele produto, por linhagens alienígenas melhoradas da mesma. Este acontecimento é tanto mais preocupante quando se sabe que programas de melhoramento genético, tanto para culturas propagadas por semente quanto para aquelas propagadas clonalmente, visam sempre ao lançamento de linhagens o mais possível homozigotas, que assegurem uma produção e comportamento uniformes por parte da cultivar. O ponto de vista de que uma ampla variabilidade genética contida dentro de uma cultura não a torna necessariamente menos vulnerável geneticamente ao ataque de pragas e doenças (Brown, 1983) é respeitável, mas uma filosofia sã de recursos genéticos não pode prescindir de preservar o máximo da diversidade gênica disponível de culturas. É a filosofia do 'bom senso biológico', para estarmos equipados com estoques genéticos diversificados no caso de algo dar errado como a crescente utilização de cultivares melhoradas na agricultura moderna.

Instituições de pesquisa agrícola de âmbito nacional e internacional que lidam com recursos genéticos vegetais defrontam-se hoje com um paradoxo nada lisonjeiro. O aumento desordenado da população em países do terceiro mundo gera pressões de nível político e social, com reflexos determinantes no setor de pesquisa da produção de alimentos. A pesquisa é cobrada no sentido de produzir cultivares cada vez mais

produtivas por unidade de área. O setor de difusão de tecnologia de Centros de Pesquisa ou a iniciativa privada encarregam-se de fazer este material melhorado chegar às mãos do agricultor, que em geral acolhe favoravelmente a idéia de trocar cultivares menos produtivas por aquelas de maior rendimento. Ao mesmo tempo, portanto, que uma instituição governamental luta para a consecução do incremento do rendimento de uma cultura por unidade de área, esta instituição, se consciente, trabalhará paralelamente para reunir e preservar o germoplasma ora sendo descartado em coleções de germoplasma do produto, que passam a constituir-se em bancos de genes.

A substituição regional de cultivares primitivas de um produto por formas comerciais já é uma realidade para um sem-número de culturas de grão, especialmente cereais. A mesma tendência começa a esboçar-se para culturas de raízes e tubérculos. A sugestão de que o agricultor adote formas vegetais melhoradas está correta em tese, mas é importante reconhecer-se que tal política implica numa redução da variabilidade genética da cultura, a não ser que medidas paliativas sejam tomadas para minorar o problema. E a principal delas é a multiplicação, caracterização e conservação deste germoplasma em vias de perda, em coleções de germoplasma. Neste contexto, a atividade de coleta torna-se preeminente por dois aspectos: ao mesmo tempo em que resgata do reservatório gênico ameaçado de extinção, esta atividade contribui para a ampliação da base genética da cultura disponível para programas de melhoramento.

Dados específicos sobre o grau de erosão genética afetando a mandioca praticamente inexistem. Relatos informais obtidos de colonos nordestinos quando da terceira expedição de coleta de mandioca pelo Nordeste brasileiro em agosto de 1985, dão conta de que é o rendimento da cultura o maior estímulo a ensejar a troca do cultivo de uma variedade por outra. Evidência esparsa (ex.: Estado do Rio Grande do Norte, Paraíba) sugere que esta troca obedece a um ritual muito simples: amigos do agricultor atuam como 'extensionistas', fazendo a apresentação de variedades mais produtivas por unidade de área e, então, influenciando o pequeno produtor a experimentar a troca de variedades.

A impressão subjetiva dos autores é de que a quantidade de erosão genética incidindo sobre a mandioca no Brasil parece ser muito pequena. Um dos motivos para esta suposição é o fato de que populações de baixa renda não prescindem desta cultura para sua subsistência. Embutido neste hábito milenar de apego à uma cultura, contudo, há que considerar a forte influência do componente sociológico conservador conhecido por 'tradition drift', em que traços culturais de um povo são passados verbalmente ou através de observação de geração para geração [veja, especialmente, de Albuquerque (1969) sobre a preservação e transmissão do hábito do cultivo da mandioca, mas também Harris (1971) e Morán (1975) a este respeito]. A importância da mandioca em culturas aborígenes é o resultado do somatório de fatores ecológicos favorecendo o seu cultivo e de fatores culturais. Grupos indígenas sul-americanos, com muito maior ênfase que o homem branco, têm mostrado particular apreço por outras características da planta que não apenas seu rendimento (cf. Boster, 1985; Chernela, 1986).

Esta atenção especial para com propriedades das variedades milita contra o avanço do fenômeno da erosão genética para esta cultura. Outro fator que seguramente favorece à batalha da mandioca contra a erosão genética é a circunstância de que companhias particulares têm mostrado pouca atenção para com o melhoramento genético da espécie, limitando-se a atuar na área de cereais. Este é um panorama que se aplica à maioria das culturas de raízes e tubérculos, boa parte delas 'culturas sociais' de pouca comercialização e de transporte limitado, devido à perecibilidade. Uma vez que o processo de difusão de tecnologia para o pequeno produtor restringe-se ao trabalho de agências governamentais, o trabalho de coleta é facilitado, porque a pressão para a troca por cultivares melhoradas processa-se em regime mais lento.

Finalmente, há que considerar o grau de precaução natural do pequeno produtor e do ameríndio. Antes que novas variedades desbanquem a prática do cultivo de variedades regionais de longa tradição local, é necessário que as recém-chegadas se revelem realmente mais produtivas que as substituídas. Além disso é comum que no caso da mandioca (bem como para outras

culturas sociais, ex.: fava) o pequeno produtor plante até seis variedades distintas em sua propriedade, com uma ou duas delas geralmente ocupando a maior parte de área plantada. É uma política de precaução contra o ataque inesperado de pragas e doenças e que revela a visão peculiar do colono de associar a existência de variabilidade genética com a melhor garantia contra riscos ambientais. Há registros de que *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, de longa tradição nos Andes, está sendo progressivamente abandonada em certas áreas, em favor de formas comerciais européias melhoradas de batata (Ochoa, 1975, 1984). Nada leva a crer que a mandioca esteja passando por grave erosão genética no continente americano (mas veja Gulick et al., 1983 expressando uma certa preocupação a respeito), mas estudos específicos de coleta de dados a campo devem obviamente ser incentivados.

## **Coleções Nacionais de Germoplasma de Mandioca**

As maiores coleções brasileiras de germoplasma de mandioca estão listadas no Quadro 1. Este quadro demonstra que o Brasil reúne atualmente cerca de 4 mil acessos de mandioca. É importante que o leitor tenha em mente, porém, que parte considerável destas coleções está inflacionada, isto é, há acessos portando nomes diferentes mas que botânico-agronomicamente são praticamente idênticos.

Trabalhos de caracterização e avaliação agrônômica preliminar estão sendo levados a cabo apenas em umas poucas Unidades do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA). Enquanto este trabalho de caracterização não se tornar norma, estimativas da diversidade genética do germoplasma de mandioca no Brasil serão sempre especulativas. Trabalhos de redução à sinonímia serão bastante facilitados se já se dispuser de material caracterizado, através do uso de descritores básicos, o que enseja o grupamento de cultivares sob a forma de 'clusters' e assim permite uma idéia do grau de similaridade genética entre elas.

Atualmente, o Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) mantém um relacionamento de trabalho mais

Quadro 1. Principais coleções de germoplasma de mandioca integrantes do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária (SCPA).

Instituição	Sede	Tipo de germoplasma
1. UEPAE-Manaus	Manaus, Amazonas	Clones; 129 acessos
2. UEPAE-Belém	Belém, Pará	Clones; 160 acessos
3. UEPAE-Boa Vista	Boa Vista, Roraima	Clones; 70 acessos
4. UEPAE-Teresina	Teresina, Piauí	Clones; 57 acessos
5. CPA-Cerrados	Brasília, Distrito Federal	Clones; 159 acessos
6. CNPMF	Cruz das Almas, Bahia	Clones; sementes; vitropiântulas; 774 acessos
7. CPATSA	Petrolina, Pernambuco	Clones; 61 acessos
8. CENARGEN	Brasília, Distrito Federal	Vitropiântulas; 650 acessos; coleção viva <i>Manihot</i> silvestre; 100 acessos distribuídos em 20 espécies.
9. IPAGRO	Taquarí, Rio Grande do Sul	Clones; 329 acessos
10. IAC	Campinas, São Paulo	Clones; 311 acessos
11. IPA	Serra Talhada, Pernambuco	Clones; 140 acessos
12. IAPAR	Londrina, Paraná	Clones; 453 acessos
13. PESAGRO	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Clones; 75 acessos
14. EMEPA	João Pessoa, Paraíba	Clones; 27 acessos
15. EMAPA	São Luís, Maranhão	Clones; 121 acessos
16. EPACE	Fortaleza, Ceará	Clones; 17 acessos
17. EPEAL	Maceió, Alagoas	Clones; 125 acessos
18. EPABA	Salvador, Bahia	Clones; 57 acessos
19. EMCAPA	Linhares, Espírito Santo	Clones; 130 acessos
20. EMPAER	Campo Grande, Mato Grosso do Sul	Clones; 28 acessos
21. EMGOPA	Goiânia, Goiás	Clones; 64 acessos
22. EPAMIG	Felixlândia, Minas Gerais	*
23. EMPASC	Itajaí, Santa Catarina	*
24. EMPARN	Natal, Rio Grande do Norte	*
25. ESAL	Lavras, Minas Gerais	*

a. \* = Dados não chegados a tempo.

estreito com apenas três Unidades do SCPA (EMBRAPA/CNPMF; UEPAE, Belém; e EMCAPA). Estas três Unidades possuem coleções ativas de mandioca que obedecem a um programa metódico de caracterização deste germoplasma. Existe, porém, a necessidade de efetivar-se a instalação formal de coleções ativas regionais de mandioca, em observância às várias regiões ecológicas existentes no país (Figura 1). Estas Unidades de pesquisa atuariam como uma espécie de 'estação ecológica piloto', onde cultivares regionais seriam avaliadas e caracterizadas localmente, assim permitindo deduzir-se o grau de adaptação das mesmas às condições locais de solo e clima. A execução deste plano permitiria descobrir o grau de extensão do fenômeno conhecido em ecologia por 'normas adaptativas', isto é, qual o nível real de dependência do solo e clima circundante para que uma variedade possa manifestar na plenitude suas características botânicas e de performance agrônômica.

A maior parte dos trabalhos exercidos em outras coleções de mandioca no país (Figura 1) restringe-se à atividades de multiplicação e fornecimento de germoplasma pouco caracterizado. Algumas são coleções ativas, outras coleções de trabalho. A maior parte destas coleções ainda não segue um programa padronizado de caracterização de germoplasma de mandioca.

Conforme assinalado na Figura 1, a implantação destas coleções ativas regionais de mandioca é o primeiro passo para a consecução de um programa de testes regionais, pois oferecerão parâmetros comparativos de desempenho das variedades testadas. Apesar do mito popular de que a mandioca prospera em qualquer tipo de solo, a verdade é que existem observações pessoais de especialistas sugerindo que a cultura também mostra alguma dependência para com o binômio solo-clima. Assim, uma variedade de mandioca evoluindo por milhares de anos na região de Equador é improvável de apresentar o mesmo desempenho de crescimento e produção numa área temperada à altura do paralelo de 30<sup>o</sup> S e vice-versa. Testes regionais oferecem respostas confiáveis e de imediato a esta dúvida, uma vez que a cultura é propagada vegetativamente, deste modo assegurando-se a uniformidade inicial do material testado. Testes regionais são



Figura 1. Rede nacional de coleções ativas de germoplasma de mandioca em obediência a critérios ecológicos, e outras coleções vivas cuja prioridade é o atendimento à demanda regional.

excelentes para definir quanto das características do indivíduo são controladas em sua manifestação pelo ambiente, quanto pelo genótipo da planta e quanto pela interação entre ambos.

Relatos oficiosos dão conta, por exemplo, de que quatro variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas*) selecionadas para as condições de Brasília estão prosperando bem no Nordeste brasileiro, mas que em Estados do sul do país (Rio Grande do Sul, Santa Catarina) estas mesmas cultivares tiveram apenas crescimento vegetativo, não havendo tuberização. Em São Paulo, região mais próxima dos trópicos, estas mesmas cultivares formaram raízes tuberosas, porém imprestáveis porque filiformes, à semelhança da mandioca. Este comportamento relatado para a batata-doce (cv. 'Coquinho' e outras) sugere que o processo de tuberização nesta cultura é mais influenciado por fatores climáticos, possivelmente foto-periodismo, regime de chuvas, temperatura e umidade do ar afetando decisivamente processos fisiológicos, que por fatores edáficos. É imperativo que a cultura da mandioca passe por testes regionais para que o tipo de informação acima suprido para a cultura da batata-doce se torne também uma realidade para o cultivo desta euforbiácea.

## **Recursos Genéticos de Espécies Silvestres de *Manihot***

Programas de melhoramento genético da mandioca têm raramente utilizado espécies silvestres do gênero, limitando-se a efetuar cruzamentos intra-específicos. No continente americano instituições de porte em trabalhos com a mandioca, como EMBRAPA e CIAT, não usam espécies silvestres em seus programas e no Velho Mundo este uso é apenas moderado.

O exame da bibliografia revela que os continentes africano e asiático lideram a pesquisa em cruzamentos inter-específicos, programas iniciados na década de trinta, tanto em Java (Indonésia) quanto em Tanganyka, atualmente Tanzânia (Nichols, 1947; Magoon et al., 1970; Hahn, 1984). Foi na África oriental (Tanzânia) que o germoplasma silvestre encontrou sua melhor utilização, com espécies nativas brasileiras



(principalmente *M. glaziovii*) tendo contribuído com genes resistentes ao mosaico africano (CMD) para híbridos de mandioca (Nichols, 1947; Jennings, 1957; Hahn et al., 1980). Na década de cinquenta houve interesse renovado em tentar aumentar o teor protéico das raízes de *M. esculenta*, cruzando-a com a aparentada sul-americana silvestre *M. melanobasis* (= *M. saxicola*), a última apresentando um teor mais elevado de proteína bruta em suas raízes (Bolhuis, 1953, 1969; Jennings, 1959, 1963). Aparentemente, este germoplasma teve sua origem em coletas de Lanjouw (1939) em Voltzberg, no Suriname. A geração F<sub>1</sub> destes cruzamentos apresentou um acréscimo no teor protéico de raízes frescas, mas infelizmente as gerações clonais subseqüentes não mantiveram a característica, o que desmotivou o programa. Estes resultados apontam a mandioca como cultura de vocação energética (mesmo entre culturas de leguminosas cultivadas por suas raízes, como 'Yam bean' - *Pachyrrhizus erosus* - o teor protéico é de apenas 1%).

A concretização de um programa de enriquecimento protéico das raízes de mandioca indica processos industriais de transformação como talvez os mais promissores para o século XXI (Inchauspé, 1984). Projeções feitas neste estudo especulam sobre a possibilidade de que inóculos do fungo *Candida tropicalis* possam elevar o conteúdo protéico da massa beneficiada até um índice próximo de 20%.

As previsões da pesquisa sugerem técnicas de industrialização como sendo capazes de resolver satisfatoriamente o tópico crucial de enriquecimento protéico das raízes da espécie tuberosa. Portanto, afigura-se mais e mais recomendável que recursos genéticos silvestres de *Manihot* sejam testados para o item de pragas e doenças, pois é altamente improvável que qualquer espécie silvestre possa vir a contribuir decisivamente para o aumento de rendimento (t/ha) da cultura (Hann et al., 1974). O nível de conhecimento atual indica que novas tecnologias de industrialização da mandioca minorarão o problema de baixo teor nutricional da mesma e que programas de melhoramento, aliados a novos sistemas de produção se desincumbirão facilmente da missão de elevar a produtividade do cultivo. É de se supor, então, que recursos genéticos silvestres tenham sua vez

em projetos de pragas e doenças, a área mais crítica do desenvolvimento e intercâmbio da cultura.

O IITA (International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigéria) e o CTCRI (Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum, Índia) são presentemente as instituições que mais têm solicitado ao CENARGEN sementes de espécies silvestres brasileiras para uso em seus programas de melhoramento. O IITA tem demonstrado especial interesse em receber germoplasma de espécies pubescentes, uma vez que pragas locais como o ácaro verde (GM) e a cochonilha *Phenacoccus manihotis* (CM) infestam em menor intensidade variedades pubescentes da mandioca. Isto se deve provavelmente à dificuldade que estes organismos experimentam para ovopositar nas superfícies pubescentes de ramos e folhas. O CIAT se organiza para formar um 'seed gene bank' de espécies silvestres para conservação a longo prazo bem como planeja envolver-se em trabalhos de conservação e regeneração deste germoplasma através do desenvolvimento de técnicas 'in vitro'. Pelo menos parte do estoque de sementes silvestres do CIAT foi obtido através de coletas lideradas por Jan Salick no México, América Central e Colômbia de 1980 a 1982. O Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA/CNPMF) está atualmente interessado em testar genótipos de populações silvestres de *M. esculenta*, há pouco descobertas pelo CENARGEN, em seu programa de melhoramento.

O CENARGEN tem-se envolvido em coleta de espécies silvestres de *Manihot* há dez anos, mas somente nos últimos cinco anos um esforço mais decidido foi implementado para a coleta de sementes, uma vez que estas abrigam maior variabilidade genética, conservam-se bem por prazo médio (20 anos ?) e, ao contrário do amplamente divulgado, germinam relativamente bem (vide exposição no item 'coleta' sobre atividades de conservação e regeneração deste material no CENARGEN). O CENARGEN mantém em conservação um pequeno estoque de sementes de cerca de quinze espécies silvestres bem como uma pequena coleção viva com aproximadamente vinte espécies silvestres do gênero, a maioria delas brasileiras (Quadro 2).

Quadro 2. Coleção viva de *Manihot* mantida no CENARGEN<sup>a</sup> (posição em 10/04/1987).

Espécie	Hábito	Observação
<i>M. alutacea</i>	Arbusto	
<i>M. anomala</i>	Arbusto	Pubescente
<i>M. caerulescens</i>	Arbusto a árvore	Pubescente
<i>M. carthaginensis</i>	Arbusto a árvore	
<i>M. cecropiaefolia</i>	Arbusto	
<i>M. epruinosa</i>	Arbusto a árvore	
<i>M. flabellifolia</i>	Arbusto	Forma silvestre da mandioca
<i>M. peruviana</i>	Arbusto	Forma silvestre da mandioca
<i>M. grahami</i>	Arbusto	
<i>M. hilariana</i>	Erva	
<i>M. irwinii</i>	Arbusto	
<i>M. michaelis</i>	Árvore	Espécie mexicana
<i>M. mossamedensis</i>	Arbusto	Pubescente
<i>M. orbicularis</i>	Erva	
<i>M. pentaphylla</i>	Arbusto	
<i>M. pilosa</i>	Arbusto a árvore	Pubescente
<i>M. quinquepartita</i>	Arbusto	
<i>M. sagittato-partita</i>	Erva	
<i>M. tripartita</i>	Arbusto	Pubescente
<i>M. websterae</i>	Arbusto	Espécie mexicana
<i>Manihot</i> sp.	Arbusto	Nativa da Bahia, nova para a ciência.

a. A limitada representatividade genética da coleção, evidenciada pelo fato de que várias espécies estão representadas por uns poucos acessos, torna aconselhável defini-la como 'coleção botânica' ao invés de 'coleção de germoplasma'.

O Brasil e o México são as áreas de maior concentração de espécies silvestres de *Manihot*, apresentando, respectivamente, cerca de 50-55 e 10-15 espécies do gênero; Rogers e Appan (1973) reconheceram 97 espécies, mas a cifra está inegavelmente inflacionada. Uma pequena série de trabalhos (ex.: Allem, 1979) tenta demonstrar que é quase impossível pensar-se em atingir a exatidão taxonômica neste gênero sem o simultâneo envolvimento de especialistas nas coletas de campo. Além disso, *Manihot*, como outros gêneros tropicais, tem a propriedade de apresentar populações que se diferenciam rapidamente em 'raças ecológicas', precursoras do processo de especiação, o que dificulta sobremaneira o trabalho de detetive do taxonomista.

Missões de resgate de germoplasma silvestre deveriam, inicialmente, concentrar-se nestes dois países, eventualmente o INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y

Agropecuarias) coletando no México e o CENARGEN no Brasil. Ambas as instituições poderiam expandir a área de atuação de seu plano de coletas à medida que as prioridades em recursos genéticos fossem sendo executadas. A prioridade máxima, no momento, é o resgate urgente de populações silvestres de *M. esculenta*, dispersas pela América do Sul, e de espécies lenhosas, mais próximas filogeneticamente à cultura e espécies de ciclo perene (Quadro 3).

Quadro 3. Espécies silvestres e lenhosas de *Manihot* com prioridade de coleta no continente americano.

Região	Espécies <sup>a</sup>
México e América Central	<i>M. pringlei</i> <i>M. auriculata</i> <i>M. carthaginensis</i> (= <i>M. aesculifolia</i> ) <i>M. rubricaulis</i> <i>M. oaxacana</i> <i>M. caudata</i> <i>M. michaelis</i> <i>M. tomatophylla</i>
América do Sul (exceto Brasil)	<i>M. peruviana</i> (F) <i>M. carthaginensis</i> <i>M. grahami</i> <i>M. condensata</i> <i>M. anomala</i>
Brasil	<i>M. flabellifolia</i> (F) <i>M. grahami</i> <i>M. pilosa</i> (F) <i>M. jolyana</i> <i>M. anomala</i> <i>M. pohlii</i> (= <i>M. maracasensis</i> ) <i>M. cecropiaefolia</i> <i>M. mossamedensis</i> <i>M. flemingiana</i> <i>M. pentaphylla</i> (F) <i>M. tripartita</i> <i>M. tomentosa</i> (= <i>M. warmingii</i> ) <i>M. pseudoglaziovii</i> <i>M. glaziovii</i> <i>M. epruinosa</i> <i>M. dichotoma</i> <i>M. brachyloba</i> <i>M. quinquepartita</i> <i>M. leptophylla</i> <i>M. caerulescens</i> <i>M. reniformis</i>

a. F = relacionada morfológicamente à mandioca.

Um tópico particularmente preocupante na utilização de recursos genéticos silvestres em programas de melhoramento da mandioca é o concernente à biologia reprodutiva da cultura, uma área praticamente intocada. A produção de híbridos intra e inter-específicos de mandioca é prática relativamente comum, porém nenhuma instituição de pesquisa estendeu-se detalhadamente sobre aspectos fundamentais pertinentes ao assunto de polinização natural, tais como fecundação, etologia dos vetores antófilos, grau de endogamia e exogamia, distância do fluxo gênico assegurada através do transporte do grão de pólen, etc. A obtenção de sementes híbridas de mandioca parte hoje do princípio de que a fecundação se processa conforme 'normas esperadas de comportamento', mas a seguinte evidência indica a conveniência de promover-se estudos histológicos nas estruturas reprodutivas da espécie. O fenômeno de partenocarpia (formação de frutos vazios sem a necessidade de fecundação) é relativamente comum tanto na cultura quanto em espécies silvestres do gênero (Boiteau, 1938; Nichols, 1947; Chandraratna e Nanayakkara, 1948; Allem, 1984). A polinização controlada assegura que um determinado tipo de pólen atinja uma flor feminina selecionada, mas isto é o máximo de investigação a que programas de melhoramento genético chegaram, pois estudos histológicos não são executados em seguimento. Em realidade, algumas espécies lenhosas dos trópicos têm como uma de suas estratégias reprodutivas a agamospermia, forma de reprodução assexual (Maguire, 1976; Ashton, 1977, 1979; Kaur et al., 1978; Arroyo, 1979). É imprescindível que se estimulem estudos embriológicos sobre a biologia reprodutiva da mandioca para saber-se se a espécie pode produzir sementes apomíticas viáveis e principalmente, para averiguar-se se os híbridos inter-específicos obtidos (ou pelo menos parte deles) podem ser resultado do fenômeno de 'apomixia pseudogâmica' (Gustafsson, 1947), isto é, a semente é formada após a fusão do gameta masculino com o endosperma, sem mistura com o núcleo feminino, de modo que a expressão genotípica da  $F_1$  é exclusivamente materna em origem. Dado o passado da existência de partenocarpia no gênero, é cientificamente aconselhável proceder-se a estudos para confirmar se há fusão dos núcleos masculino e feminino após a fertilização.

Conforme assinalado anteriormente, a coleta de germoplasma e o aperfeiçoamento da taxonomia do grupo devem andar de mãos dadas. A melhor utilização de recursos genéticos silvestres de *Manihot* não pode se desenvolver adequadamente sem a existência de uma taxonomia plenamente confiável, algo ainda por ser atingido. Por exemplo, estabeleceu-se que *M. glaziovii* conferiu à mandioca genes resistentes ao mosaico africano, mas a verdade é que a taxonomia das espécies da seção *Glaziovianae* é uma das mais precárias de todo o gênero e a espécie utilizada pode ter sido, talvez, *M. pseudoglaziovii*, *M. epruinosa*, *M. dichotoma* ou mesmo *M. catingae*. Várias delas provavelmente se revelarão sinônimos em futuras monografias.

Em resumo, a coleta de germoplasma de espécies silvestres de *Manihot* deve dar preferência à coleta de sementes a atentar para as prioridades assinaladas no Quadro 3, isto é, reunião de espécies lenhosas. Dentro das prioridades da próxima década neste setor, a prioridade máxima será o resgate de populações silvestres glabras (= *M. flabellifolia*) e pubescentes (= *M. peruviana*) de *M. esculenta*.

## Interação entre o CENARGEN e Unidades com Coleções Ativas

A finalidade principal de uma coleção global é reunir a maior diversidade genética possível de um produto em sua coleção. No caso do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, a EMBRAPA/CNPMPF é a Unidade encarregada formalmente de reunir a mais ampla variabilidade genética de mandioca bem como germoplasma de espécies silvestres aparentadas (*Manihot* spp.) ao produto.

As demais coleções ativas de germoplasma de mandioca do país (vide Quadro 1) são principalmente constituídas de cultivares regionais, pois atendem de modo mais enfático às necessidades regionais da pesquisa.

A função do CENARGEN é assistir às coleções ativas de germoplasma num dinamismo que visa a aumentar a

variabilidade genética do produto. As seguintes atividades de apoio estão afetas ao CENARGEN para a consecução do programa de pesquisa que objetiva à preservação dos recursos genéticos da mandioca.

## Coleta

Expedições de coleta encarregam-se de obter germoplasma de variedades primitivas de mandioca e também de espécies silvestres do gênero *Manihot* (Quadro 4). Variedades primitivas (variedades de 'fundo de quintal', 'indigenous landraces') são coletadas diretamente na propriedade de pequenos produtores, ocasião em que se obtém dados sobre algumas características agrônômicas da variedade.

Conforme pode ser visto no Quadro 4, o CENARGEN é a instituição que mais tem-se envolvido na coleta de germoplasma de mandioca pelo país. Esta atividade ganhou um novo impulso a partir de 1984, quando a EMBRAPA assinou convênio de cooperação científica com o Conselho Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF-CGIAR) para coleta de germoplasma de mandioca no Brasil com ênfase para recursos genéticos silvestres de *Manihot*. O contrato de cooperação deve estender-se até Dezembro de 1989, mas já propiciou uma grande descoberta para a ciência, qual seja o encontro de *M. esculenta* em estado silvestre no centro-oeste brasileiro (Goiás, Mato Grosso) e amazônia brasileira (Rorôndônia, Acre) (Allem, 1986). A partir de 1987 as coletas enfatizarão o resgate de variedades bravas ('bitter manioc') de polpa amarela da região amazônica e aquelas tanto do litoral quanto do semi-árido nordestino. Variedades cultivadas por grupos indígenas brasileiros também serão coletadas.

O germoplasma de *M. esculenta* é geralmente coletado sob a forma de estacas, uma vez que frutos maduros dificilmente são encontrados coincidindo com a época de realização da expedição. Estas estacas são plantadas e da brotação emergente faz-se cultivo do meristema foliar, colocando o acesso sob condições 'in vitro'. A planta adulta só é multiplicada após ter produzido sementes, oriundas de polinização aberta. O conjunto de vitroplântulas mais o germoplasma-semente são conservados em

Quadro 4. Principais missões de coleta de germoplasma de mandioca pelo Brasil no período de 1980-1986.

Instituição	Local da coleta	Época	Material coletado
CENARGEN	Goiás	1980	25 espécies silvestres de <i>Manihot</i> ; 93 coleções e 50 amostras de germoplasma de espécies silvestres de <i>Manihot</i>
CENARGEN e CNPMF	Litoral do Espírito Santo, Bahia, Sergipe e Alagoas	1981	135 acessos de <i>Manihot esculenta</i>
CENARGEN	Goiás, Mato Grosso	1982	29 espécies silvestres de <i>Manihot</i> ; 60 coleções botânicas; 52 amostras de germoplasma
EMPASC	Santa Catarina	1982	183 acessos de <i>M. esculenta</i>
EPACE	Ceará	1982	63 acessos de <i>M. esculenta</i>
Universidade Federal do Maranhão	Reserva dos Índios Kaiapós em Gorotire (Pará)	1983	22 acessos de <i>M. esculenta</i>
CENARGEN e EMCAPA	Espírito Santo	1984	50 acessos de <i>M. esculenta</i>
CENARGEN	Bahia e Goiás	1985	48 acessos de <i>M. esculenta</i> ; 32 acessos de espécies silvestres; 53 coleções botânicas de <i>Manihot</i>
CENARGEN	Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia	1985	186 acessos de <i>M. esculenta</i> ; 40 acessos de espécies silvestres; 56 coleções botânicas de <i>Manihot</i>
CENARGEN	Minas Gerais, Goiás	1986	4 acessos de <i>M. esculenta</i> ; 64 acessos de espécies silvestres; 105 coleções botânicas
CENARGEN	Mato Grosso, Rondônia	1986	18 acessos de <i>M. esculenta</i> ; 56 acessos de espécies silvestres; 67 coleções botânicas
IAC	São Paulo	1986	Acima de 700 acessos de <i>M. esculenta</i>



condições de armazenamento a longo prazo, constituindo a coleção base do produto.

O germoplasma silvestre de *Manihot* é coletado preferivelmente sob a forma de sementes e estacas, mas às vezes são também coletadas mudas. O grau de enraizamento de estacas de espécies lenhosas sempre foi diminuto (muitas vezes nulo), até que em 1986 adotou-se a técnica de enterrar a estaca em saco plástico contendo solo do local da coleta, logo após sua separação da planta mãe. As gemas nesta situação devem ser protegidas o mais possível da incidência solar direta e de exposição ao vento, pelo menos enquanto as estacas permanecerem no interior do veículo. Desta maneira, parte das estacas se mantém relativamente bem por períodos entre uma e três semanas, até atingirem a casa de vegetação. A porcentagem de sucesso de enraizamento com esta técnica empírica é muito variável, mas uma estimativa preliminar, com base nas coletas do CENARGEN em 1986, aponta um grau de sucesso da ordem de 25%. De 244 estacas coletadas, 90 enraizaram, ou seja, 35% de êxito (posição em 10 de Novembro de 1986). Este é um índice de sucesso amplamente superior ao conseguido através do uso de soluções com hormônios de crescimento (NAA, IBA e IAA), e bastante acima da cifra de 5% de sucesso advogada como satisfatória para plantas lenhosas silvestres (Townsend, 1979).

Resultados preliminares, mas promissores, indicam como alternativa que as estacas sejam coletadas e, imediatamente, enroladas em plástico e colocadas em ambiente fresco e sombreado do carro. Desta maneira as estacas começam a brotar entre três a cinco dias após coletadas e são a seguir plantadas em casa de vegetação. Este método é aconselhável quando a expedição se aproxima de seu final e o espaço disponível torna-se reduzido. As estacas sobrevivem poucos dias quando separadas do solo. De 43 mudas coletadas no período 1984-1986, 38 sobreviveram, ou seja, 90% de sucesso (posição em 10 de Novembro de 1986).

Os resultados com germinação de sementes de espécies silvestres de *Manihot* indicam 167 plântulas conseguidas a partir de 175 sementes postas a germinar, pertencentes a 19 espécies

nativas (posição em 24 de Dezembro de 1986). Geralmente, grande número de sementes são inviáveis o tem-se de fazer um 'screening' preliminar antes de colocar o material para germinar. Trabalhando-se com sementes viáveis a porcentagem de germinação é bastante alta. Além disso, material recém-colhido germina em média em menos de uma semana, sugerindo ausência de dormência (mas veja Kawano [1980] abordando a quebra da dormência de sementes de mandioca).

A questão das condições ideais de conservação de sementes de espécies silvestres de *Manihot* é assunto ainda para ser resolvido. Sementes de *M. esculenta* germinam melhor após terem sido armazenadas sob condições de temperatura ambiente e baixa umidade relativa do ar (Martin e Ruberté, 1976; Munford e Grout, 1978) mas há relatos provenientes do IITA de que as sementes da espécie germinam bem após dez anos de armazenamento sob condições de 5 °C e 60% de UR (Gulick et al., 1983; Hahn, com. pes.). Sabe-se que sementes ortodoxas armazenam melhor sob temperatura baixa (-18 °C) e baixo teor de umidade da semente ( $\pm 6\%$ ). Seria interessante que sementes de mandioca fossem testadas para estas condições, embora já haja relatos de que as mesmas se comportam como sementes ortodoxas (Roca et al., 1982). De qualquer modo, talvez as condições de armazenamento ideais para mandioca não sejam imediatamente extrapoláveis para o gênero como um todo, pois várias espécies são exigentes ecologicamente e, provavelmente, têm requerimentos específicos de armazenamento e germinação. O CENARGEN germinou em Dezembro de 1986 três espécies enviadas pelo CIAT (*M. websterae*, *M. carthaginensis* e *M. michaelis*). As sementes haviam sido conservadas no CIAT desde sua coleta sob condições de 2-8 °C e 70%-80% de UR. As sementes de *M. carthaginensis* haviam sido coletadas em Julho de 1981, portanto tendo permanecido viáveis por cinco anos e meio. As outras duas espécies haviam sido coletadas em Janeiro de 1983. A experiência do CENARGEN nesta área, ainda muito limitada, indica que sementes da espécie arbustiva *M. epruinosa*, colhidas em Agosto de 1985, germinaram prontamente em Outubro de 1986, ou seja, com 14 meses de idade. As mesmas haviam sido mantidas sob condições de 8 °C e 25% de UR em embalagem de papel. No germinador usou-se temperatura

alternada (25 °C/16 h com luz e 35 °C/8 h sem luz) conforme sugerido por Ellis e Roberts (1979), e UR ao redor de 100%. Várias outras espécies germinaram muito bem sob estas condições, mas a maior parte destas sementes tinha entre 4-8 meses de idade, tendo sido conservadas sob as condições acima descritas para *M. epruinosa*. É vital a coleta de grandes quantidades de sementes de espécies silvestres para que se promova ampla bateria de testes de condições de conservação, através de combinações múltiplas das variáveis que afetam a manutenção da viabilidade das sementes.

Os resultados de conservação de espécies silvestres 'in vitro' têm sido apenas moderados. Cultura de meristema de primórdios foliares foi tentada para cerca de trinta acessos, mas apenas seis deles responderam favoravelmente, formando plantas normais. Cultura de embrião de sementes foi também tentada para cerca de vinte acessos silvestres, num total de três espécies lenhosas (*M. pilosa*, *M. flabellifolia* e *M. epruinosa*), obtendo-se, após a repicagem, dez plantas que desenvolveram bem. Os resultados apontam sucesso muito moderado com ambas as técnicas de regeneração de plantas, porém promissores. Crucial no processo será a obtenção da planta adulta, transferindo a plântula mantida em condições 'in vitro' para solo, objetivo maior da atividade de regeneração.

### Trânsito interno

É uma atividade de intercâmbio dentro do país, em que uma Unidade abrigando uma coleção ativa solicita parte ou todo o acervo de outra coleção ativa para fins de tê-lo em sua própria coleção. A medida pode obedecer a um critério estratégico (ex.: transferência total da coleção regional para uma coleção global, assim assegurando-se a duplicação do material) ou meramente atender a interesses imediatistas da pesquisa local. É uma atividade simples, que pode ser executada tanto pelo CENARGEN, como instituição prestadora de serviços, quanto pelas Unidades interessadas, que se comunicam diretamente entre si e então assumem a responsabilidade pela realização da quarentena do germoplasma.

## **Introdução de germoplasma**

Esta é uma atividade exclusiva do CENARGEN e tem por finalidade enriquecer a coleção ativa de germoplasma do produto através da importação de material genético estrangeiro. O CENARGEN tomará a iniciativa neste campo, tentando obter principalmente dois tipos de germoplasma:

- a) Sementes verdadeiras, oriundas de cruzamentos múltiplos, para armazenamento a longo prazo em suas câmaras frias (conservação) ou para uso imediato em experimentos;
- b) 'Vitroplantlets', oriundas de cultura de meristema, tanto para a coleção ativa quanto para a coleção base do produto.

## **Organograma Tentativo de uma Coleção de Germoplasma de Mandioca**

O funcionamento ideal de uma coleção de germoplasma de cultura clonal é tentativamente esboçado nas Figuras 2, 3, 4, e 5.

Na Figura 2 observa-se que a coleção ativa<sup>1</sup> do produto é representada por uma coleção viva dos acessos, mantida a campo. Nesta coleção efetuam-se os trabalhos de multiplicação, caracterização, avaliação agrônômica preliminar e de redução à sinonímia. As atividades de coleta e introdução de germoplasma objetivam ao enriquecimento gradual da coleção ativa.

A Figura 3 mostra o relacionamento da coleção ativa com o centro de recursos genéticos. A renovação periódica da coleção viva no campo permite que nos estágios iniciais da brotação dos acessos os mesmos sejam preservados 'in vitro' através de técnica de cultura de tecidos (propagação clonal). Mais tarde, por ocasião do florescimento da coleção, tem-se a produção de sementes verdadeiras, que pode ser efetivada através de polinização natural levada a cabo por insetos (cruzamentos ao acaso) ou de modo direcionado, através de polinização artificial, quando interessa saber-se o 'pedigree' do cruzamento obtido.

---

1. Coleção ativa: uma coleção de acessos usada para propósitos de caracterização e multiplicação e cujo objetivo é fornecer germoplasma a melhoristas e pesquisadores.

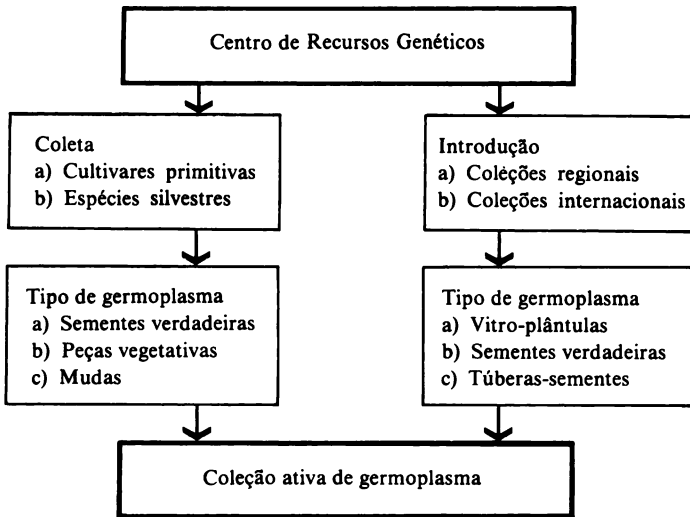


Figura 2. Organograma preliminar da interação entre centro de recursos genéticos e coleção ativa global de cultura de propagação clonal para o enriquecimento da variabilidade genética.

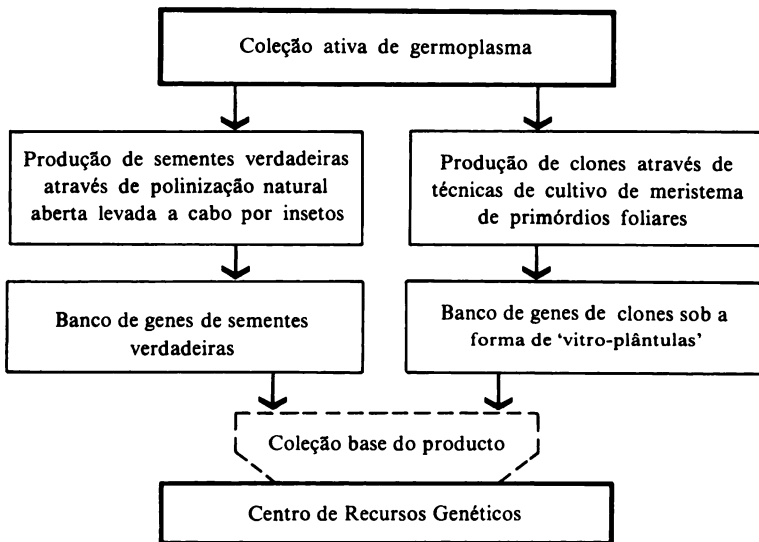


Figura 3. Organograma preliminar da interação entre coleção ativa global de cultura de propagação clonal e centro de recursos genéticos para produção de germoplasma.

O somatório destes dois tipos de germoplasma (clones e sementes verdadeiras) vai constituir a coleção base<sup>2</sup> do produto, esta preferivelmente conservada em unidade de recursos genéticos. É importante ter em mente que a coleção base de clones é caracterizada botânico-agronômicamente a partir da coleção ativa, a qual serve de matéria-prima para o exercício desta atividade. A importância de conservar-se sementes de culturas propagadas tradicionalmente por via vegetativa reside numa explicação simples. A mandioca é cultura de polinização cruzada e também de autofecundação, sendo abelhas sociais seus principais polinizadores. A vantagem de posse deste duplo sistema genético é o de conferir à cultura um maior reservatório genético (aumento de séries polialélicas), estocado em sementes verdadeiras. E a maneira de preservar a variabilidade genética a longo prazo de um cultivo é melhor conseguida através do armazenamento de sementes verdadeiras. Além disso, programas de melhoramento genético de culturas clonais baseiam-se tradicionalmente na seleção de variedades obtidas a partir de plântulas germinadas por semente. O maior campo de produção de sementes verdadeiras de mandioca passa a ser então a coleção ativa, que é mantida a campo.

A Figura 4 mostra que após ter sido adequadamente abastecida com germoplasma produzido na coleção ativa do produto, a Unidade de Recursos Genéticos atende à demanda de duas maneiras: fornecendo clones preservados sob condições 'in vitro' (através de multiplicação em seus próprios laboratórios) e fornecendo sementes verdadeiras (através do expediente de separar sub-amostras da coleção base).

A Figura 5 ilustra aquele que talvez seja o objetivo operacional básico duma coleção ativa de germoplasma, qual seja a necessidade de conhecer-se a extensão da variabilidade genética presente na coleção para uma série de parâmetros e características. A importância do cumprimento desta atividade é essencial em assuntos de recursos genéticos. Sua não execução compromete qualquer política de resguardar recursos genéticos ameaçados de extinção e pontos adicionais sobre este tópico são discutidos em páginas adiantes.

---

2. Coleção base: uma coleção que contém acessos duplicados para armazenamento a longo prazo (fonte: IBPGR. Annual Report, 1985).

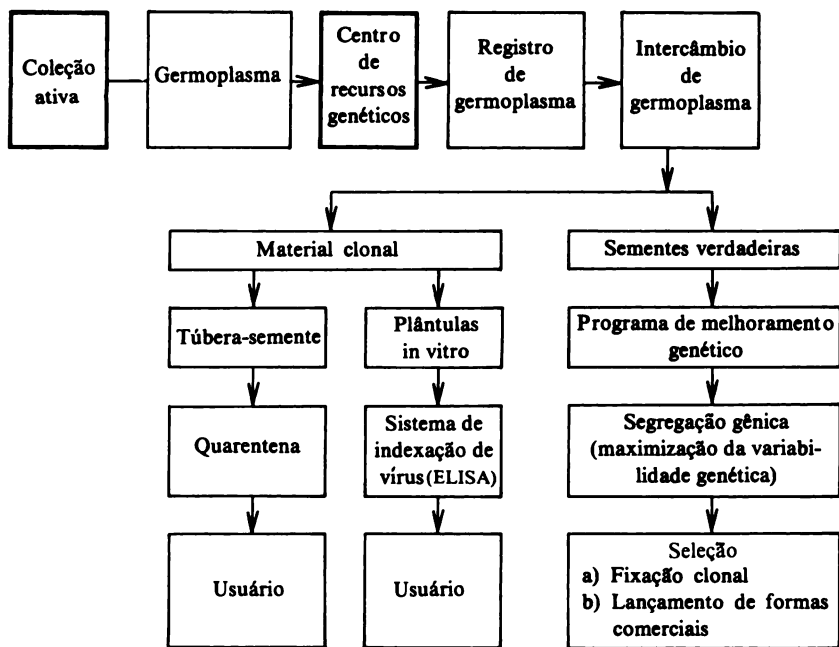


Figura 4. Interação entre uma coleção ativa de germoplasma e um centro de recursos genéticos no atendimento à demanda.

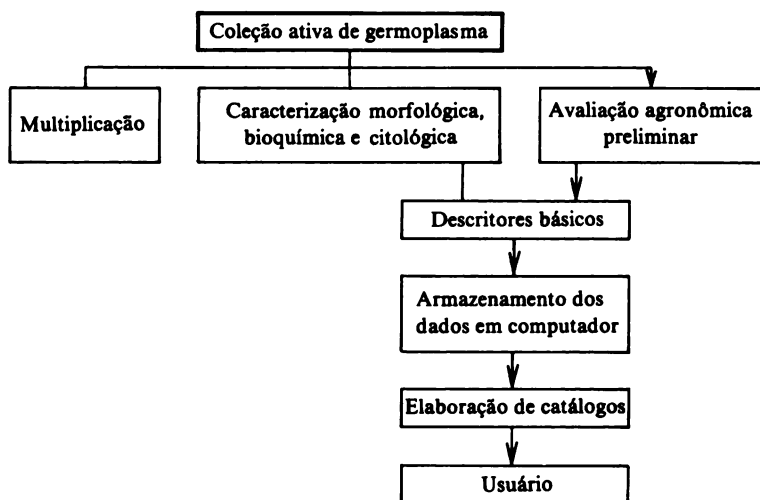


Figura 5. Organograma preliminar da avaliação do potencial genético numa coleção ativa de cultura de propagação clonal.

## Formação da Base Genética: Manejo de Recursos Genéticos

O aproveitamento de recursos genéticos abrange, em tese, a utilização do mais amplo estoque genético compatível com aquele de uma determinada espécie vegetal. Levado a um ponto extremo, isto significa o aproveitamento não só de espécies silvestres aparentadas a um determinado produto agrícola, mas também de gêneros botânicos afins. Exemplos deste último caso são ocasionalmente encontrados na família das gramíneas e tanto o trigo quanto o milho são culturas sabidas de incorporar genes de gêneros próximos taxonomicamente (*Secale* e *Aegilops* no caso de *Triticum* e *Tripsacum* no caso de *Zea*). Um programa de melhoramento genético não raro incursiona pelo terreno da biosistemática, através da execução de cruzamentos inter-específicos e mesmo inter-genéricos. O objetivo é sempre a incorporação de genes conferindo características desejáveis à cultura em questão. É na área de melhoramento genético de plantas cultivadas que o 'conceito biológico da espécie' (sua existência e circunscrição taxonômica sendo definidas por critérios de compatibilidade genética ao invés de critérios morfológicos) encontra sua maior utilização, sob os nomes de 'primary and secondary gene pools' (veja a respeito Baker, 1970 e Harlan e de Wet, 1971).

Razões de ordem prática, contudo, vêm gradativamente chamando a atenção de pesquisadores para a conveniência de que os acervos de coleções ativas e coleções base de germoplasma se tornem mais seletivos na incorporação de novos acessos, dando prioridade a materiais ameaçados de extinção. Naturalmente, uma coleção de germoplasma pode receber ininterruptamente quantidades crescentes de novos acessos, mas incide-se no risco real de perdas por falta de mão-de-obra suficiente ou, sanado este problema, incorre-se no risco de restringir o trabalho à multiplicação deste germoplasma. Conforme salientado por Brown (1983), existe a necessidade imperiosa de que os acervos das coleções sejam caracterizados e avaliados, pois só assim o melhorista sentir-se-á motivado a solicitar germoplasma novo para experimentos. Excessiva introdução desordenada de



germoplasma, sem o simultâneo desenvolvimento do trabalho de caracterização, implica no risco de transformar a coleção num banco de germoplasma ocioso, sem estimular uma demanda exigente, que, com razão, requer dados preliminares deste germoplasma antes de testá-lo. Esta visão de um 'cemitério vivo' de germoplasma já é uma realidade hoje para um sem-número de coleções, cujos acessos podem estar preservados de extinção, mas que não serão solicitados por parte do melhorista enquanto não houver um trabalho de avaliação preliminar para os mesmos.

Embora possa parecer um paradoxo e até soar herético num período em que se fala tanto da necessidade de preservação de recursos genéticos de plantas cultivadas, a crua realidade é que uma centena de acessos pode reunir maior representatividade genética que um milhar deles. Em verdade, quando se coleta não se sabe o que se recolhe da natureza. O trabalho de coleta é um processo aleatório, motivo pelo qual deve nortear-se pelo princípio de identificação de prioridades. Este é um pensamento que, provavelmente, agradaria mais a melhoristas e responsáveis pela manutenção de coleções de germoplasma e menos a coletores.

Oportuna manifestação sobre o assunto está contida no trabalho de Brown (1983), onde o autor apresenta exemplos demonstrando que a existência de ampla variabilidade genética dentro duma espécie não assegura *per se*, a imunidade da mesma ao ataque de patógenos e pragas. É necessário que, somado à variabilidade genética para vários caracteres, exista simultaneamente nas populações consideradas, séries alélicas conferindo resistência ao ataque de organismos biológicos. Ampla variabilidade genética não é sinônimo imediato de imunidade genética contra a incidência de pragas e doenças. Estabelece-se assim um paralelo com a visão de que genomas heterozigotos no reino vegetal não são necessariamente mais vantajosos (aptos) que genomas homozigotos, na corrida pela sobrevivência evolutiva (Allen, 1984). Brown (1983) discute algo semelhante, ao afirmar que cultivares homozigotas de culturas têm respondido plenamente às expectativas da pesquisa. Ademais, as plantas têm a capacidade de compensar um eventual efeito deletério causado pela homozigosidade de seus genomas

através do recurso ao expediente do polimorfismo morfológico (Allard e Bradshaw, 1964).

A conservação de recursos genéticos deve, obviamente, ser a mais ampla possível, mas números e cifras não asseguram por si só a preservação de um máximo de diversidade genética. Se é verdade que a mandioca abriga considerável variabilidade genética, não é menos verdade que parte desta variabilidade é 'fabricada' (cf. Rogers e Appan, 1970). A coleta de mandioca pelo Nordeste brasileiro (Allem, 1985) revelou que distintos nomes regionais aplicados às variedades locais não refletem necessariamente um grau de diversidade genética ou morfológica. A experiência no nordeste indica que alguns nomes locais de mandioca expressam obviamente um capricho pessoal do proprietário. Por exemplo, a variedade 'Imbigo-verde' é um de tais casos. Por mais que se procure esta 'variedade' em outros locais da mesma região ela não será encontrada. Variações ortográficas são também comuns (ex.: 'cruvela', 'curvela', 'cruvelinha'). O Quadro 5 lista nomes de variedades primitivas de mandioca seguramente confirmadas como sinônimos durante a viagem de Agosto de 1985 ao Nordeste brasileiro e inclui também aqueles nomes prováveis de se revelarem sinônimos putativos.

Conforme salientado por Harlan (1972), é provável que parte das centenas de milhares de acessos de cereais hoje existentes em bancos de genes seja duplicação bem como repetição de acessos. É importante ressaltar que este material genético preservado é melhor visto como uma reserva estratégica para momentos de dificuldade, no caso de variedades melhoradas, especialmente se aquelas, frutos da 'revolução verde', falharem por algum motivo. Reservas genéticas mantidas em bancos de germoplasma são usadas com parcimônia pelo melhorista. Este, freqüentemente, serve-se de linhagens já melhoradas para criar novos tipos de germoplasma de elite, exatamente porque trata-se duma matéria-prima já previamente trabalhada.

O melhoramento genético hodierno não pode desatentar para duas premissas básicas que tanto agências governamentais quanto produtores exigem do produto final: um máximo de uniformidade no desenvolvimento da cultivar e um máximo de rendimento por unidade de área. Neste contexto, se variedades

**Quadro 5. Nomes locais aplicados a variedades de mandioca no Nordeste brasileiro e sinônimia confirmada.**

Número do coletor	Variedade	Sinônima <sup>a</sup>
Allem 3141	I Água-morna (mas veja III)	Morna-água (Allem 3118) Água-fria (P)
3135	II Milagrosa	Praiana (Allem 3147)
3162	III Maniva-do-céu	Água-morna; Pão-de-chile; Roça-do-céu; Franco-rabelo
3172	IV Boinha-branca	Boinha-rasteira
3196	V Manivainha (mas veja VII)	Cambadinha
3201	VI Rosa (mas veja IX, X e XV)	Pé-de-pombo; Rosinha (Allem 3283); Cravo (Allem 3296) (P); Rosada (Allem 3205) (P); Pauferro (Allem 3185); Macaxeira-rosa
3206	VII Cambadinha (mas veja XI)	Cabocla-branca
3216	VIII Macaxeira-preta	Bahia; Bahia-preta (Allem 3290) (P); Preta (Allem 3222) (P); Pretinha (Allem 3372)
3227	IX Canelinha (mas veja X)	Macaxeira-rosa
3245	X Macaxeira-rosa	Boinha (Allem 3264); Rosinha (Allem 3292)
3256	XI Landi	Cabocla-branca (P); Cambadinha (P)
3262	XII Oioverde (mas veja XIV)	Verdinha (Allem 3284) (P)
3269	XIII Cedinha	Macaxeira-pão; Estrangeira (Allem 3282)
3273	XIV Nove-folhas	Oioverde (Allem 3262); Verdinha (Allem 3284)
3274	XV Pé-de-pombo	Num-tem-roxa
3286	XVI Passarinha	Enrica-homem (Allem 3288)
3328	XVII Oiroxo	Mela-porco; também Tapicuru ou Oipreto (município de Caém, Bahia)
3349	XVIII Purnunça	Periquito (Allem 3360)
3355	XIX Cidade	Euclides-da-cunha (Allem 3356)

a. P = Putativo.

primitivas exercem pouca atração ao melhorista, menor sedução ainda haverá de despertar o uso de espécies silvestres. É bastante improvável que espécies silvestres contribuam significativamente para o aumento do rendimento de qualquer cultura moderna. No caso específico da mandioca, os poucos trabalhos de cruzamento interespecífico com finalidade agrônômica confinaram-se à África Oriental (Tanzânia), África Ocidental (Nigéria, Zaire, etc.) e partes do continente asiático (Índia, Sri-Lanka e arquipélago Indonésio). Os resultados obtidos foram pouco animadores, mas o pouco conseguido (ex.: incorporação de genes de *M. glaziovii* em *M. esculenta*) foi na área de resistência a doenças e pragas, área de atuação também recomendada para ser seguida em programas de melhoramento contemporâneos.

Por força de seus próprios objetivos, um programa de melhoramento genético leva ao 'afunilamento' genético da espécie trabalhada, isto é, progride-se numa base genética com ampla gama de diversidade botânico-agrônômica, presumivelmente determinada por variabilidade genética, para terminar num produto final, a forma melhorada, que pode carecer de uma porção do estoque gênico presente no início dos trabalhos. Evidentemente, parte da matéria-prima numa coleção ativa de germoplasma terá, periodicamente, que ser descartada. Mas este é, realmente, um dos ingredientes principais deste tipo de coleção: seu dinamismo, com o descarte de material genético sem perspectiva imediata de aproveitamento pelo melhorista. A Figura 6 ilustra este ponto de vista. Observa-se que o descarte de material genético da coleção ativa só é efetivado após o mesmo estar caracterizado e duplicado na coleção base do produto, o que assegura sua preservação a longo prazo.

## Síntese do Manejo de Recursos Genéticos

- a. O enriquecimento genético de coleções de germoplasma de mandioca deve dar-se através das atividades de coleta e introdução. É absolutamente essencial que o exercício destas duas atividades obedeça a critérios rigorosos de prioridade de seleção do que realmente interessa incorporar à coleção, sob

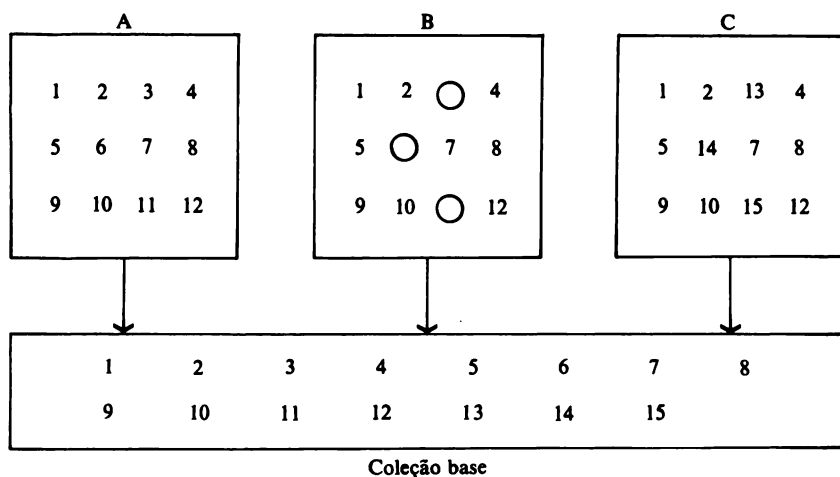


Figura 6. Três estágios dinâmicos do funcionamento de uma coleção ativa de germoplasma: A = coleção integrada por 12 acessos; B = os acessos 3, 6 e 11 são descartados da coleção, mas encontram-se preservados na coleção base do produto; C = a coleção incorpora 3 novos acessos (12, 14, 15) sem a necessidade de aumentar sua área física.

pena da mesma transformar-se numa massa informe de acessos não-caracterizados.

- b. Uma coleção pequena de mandioca, bem caracterizada, pode revelar-se mais lucrativa ao pesquisador que uma gigantesca coleção, esta restrita a trabalhos de multiplicação de seu germoplasma. A evidência disponível sugere que um maior número de acessos não implica necessariamente na presença de maior variabilidade genética presente na coleção. Parte desta variação pode ser o resultado da interação planta-solo-clima, gerando polimorfismo, e não proveniente do estoque cromossômico.
- c. Com base no dito anteriormente, parece aconselhável que coleções ativas de mandioca devam ser implantadas em obediência a zoneamentos ecológicos. Cultivares adaptadas e evoluindo sob condições tropicais, por exemplo, dificilmente terão a mesma performance para os parâmetros considerados numa área de clima temperado. Além disso, uma cultivar catalogada como resistente a tal tipo de doença ou praga

numa região pode revelar-se suscetível em outro gradiente ecológico, onde novos tipos de doenças e pragas podem ser endêmicos. Torna-se oportuno recordar uma máxima com grande aceitação na área de pastagens: “The best technique is ‘site-specific’”, ou seja, os múltiplos desdobramentos da interação solo-planta-clima não favorecem o aparecimento de uma ‘cultivar universal’. Isto não quer dizer que ensaios regionais de campo com uma mesma cultivar (testes regionais) não devam ser realizados. Ao contrário, estes trabalhos devem ser estimulados, para estabelecer-se definições sobre quanto do comportamento da cultivar é determinado geneticamente e quanto pelo ambiente químico-físico circundante.

- d. A implantação de uma coleção ativa de mandioca deve atentar para as necessidades práticas da demanda, especialmente aquelas do melhorista. A coleção tem obrigatoriamente de estar caracterizada sob pena de, não o fazendo, transformar-se num ‘entulho de germoplasma’. O descarte de material desta coleção é um de seus componentes dinâmicos, atividade compensada pela representação do acesso descartado numa coleção base do produto.
- e. A caracterização de uma coleção ativa de mandioca deve ser imediatamente seguida da confecção de listagens por computador. Somente assim o melhorista sentir-se-á tentado a iniciar o processo de demanda por este germoplasma.
- f. Espécies silvestres de *Manihot* devem ser coletadas com a conscientização de que são prioridades secundárias no resgate dos recursos genéticos do produto. Uma boa alternativa é tentar resgatar este material silvestre através da coleta de sementes, que reúnem maior variabilidade genética e conservam bem por prazos maiores. É importante que se estude a distribuição geográfica das espécies nativas do gênero *Manihot*, bem como se aprimore a taxonomia do gênero, uma vez que a última monografia sobre o grupo (Rogers e Appan, 1973) ainda se apresenta consideravelmente incompleta.

- g. Paradoxalmente, haverá situações em que recursos genéticos silvestres terão prioridade na coleta, por se defrontarem com a possibilidade de extinção, ocasionada pelo avanço inexorável da fronteira agrícola. Máxima prioridade na preservação de recursos genéticos silvestres deve ser dada à coleta de germoplasma de populações nativas de *M. esculenta*, distribuídas pela América do Sul. Populações silvestres de *M. esculenta* que se dispersam ao longo da Amazônia e pelos Estados brasileiros de Mato Grosso, Rondônia e Acre são interessantes de serem amostradas pelo caráter tomentoso que apresentam, este de eventual contribuição em programas de melhoramento direcionados para a obtenção de cultivares resistentes ao ataque de pragas. O melhoramento genético da mandioca está principalmente concentrado em atividades de seleção massal e na busca de resistência a pragas e doenças. É um melhoramento de âmbito estritamente intra-específico e neste particular o uso de estoques silvestres sul-americanos do ‘cultigen’ pode proporcionar resultados gratificantes. A atividade complementar de resgate de outras espécies silvestres do gênero deveria atentar para a seguinte proposta pragmática: 1) coleta de espécies lenhosas mais próximas filogeneticamente de *M. esculenta*. O germoplasma seria armazenado sob a forma de sementes verdadeiras e ‘vitro plantlets’, estas obtidas através do desenvolvimento de técnicas de cultivo de meristema e do cultivo de embrião seminal. Os acessos também seriam mantidos a campo (‘field gene bank’); 2) coleta de espécies herbáceas ou semi-herbáceas. O germoplasma seria conservado sob a forma de sementes verdadeiras. Técnicas de propagação ‘in vitro’ seriam estimuladas. Não é aconselhável manter coleções vivas destas espécies, pois são muito delicadas e exigentes ecologicamente. As perdas são inevitáveis com este material mantido a campo.
- h. Equipes multidisciplinares devem estar atentas para a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias no campo de culturas propagadas clonalmente, em especial:

- melhoria da qualidade do material a ser preservado durante uma expedição de coleta;
- desenvolvimento de formas mais práticas de transferência de germoplasma clonal;
- desenvolvimento de técnicas mais apuradas para a conservação do germoplasma clonal (abolir a atividade de renovação periódica da coleção base, através do trabalho de repicagem, é uma necessidade);
- criar tecnologias para a germinação satisfatória de sementes e para o estabelecimento da plântula.

## Referências

- Allard, R. W. e Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4(5):503-508.
- Allem, A. C. 1979. Notas taxonômicas e novos sinônimos em espécies de *Manihot* III (Euphorbiaceae). *Rev. Brasil. Biol.* 39(3):545-550.
- . 1984. A revision of *Manihot* section *Quinquelobae* (Euphorbiaceae). Tese (Ph.D.), University of Reading. 2 v.
- . 1985. Collection of *Manihot* species in Brazil: Third technical report, International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR)-Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN). IBPGR, Roma. 28 p.
- . 1986. Collection of *Manihot* species in Brazil: Fourth and fifth technical reports. Programme IBPGR and CENARGEN, Brasília, D. F., Brasil. (Datilografado.)
- . 1988a. The botanical origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). (Em preparação.)
- . 1988b. *Manihot esculenta* is a native of the neotropics. (Em preparação.)
- Arroyo, M. I. K. 1979. Comments on breeding systems in neotropical forests. In: Larsen, K. e Holm-Nielsen, L. B. (eds.). *Tropical Botany*. Academic Press, Londres. p. 371-380.
- Ashton, P. S. 1977. A contribution of rain forest research to evolutionary theory. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 64(4):694-705.
- . 1979. Some geographic trends in morphological variation in the Asian Tropics and their possible significance. In: Larsen, K. e Holm-Nielsen, L. B. (eds.). *Tropical Botany*. Academic Press, Londres. p. 35-48.



- Baker, H. G. 1970. Taxonomy and the biological species concept in cultivated plants. In: Frankel, O. H. e Bennett, E. (eds.). Genetic resources in plants; their exploration and conservation. IBP Handbook no. 11. Blackwell, Oxford. p. 49-68.
- Boiteau, P. 1938. Cytologie du manioc. Chron. Bot. 4(4/5):386-387.
- Bolhuis, G. G. 1953. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of proteins in the roots. Euphytica 2(2):107-112.
- . 1969. Intra and interspecific crosses in the genus *Manihot*. In: International Symposium on Tropical Root Crops, 1., St. Augustine, Trinidad, 1967. Proceedings. University of the West Indies, St. Augustine. p. 81-88.
- Boster, J. S. 1985. Selection for perceptual distinctiveness: Evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. Econ. Bot. 39(3):310-325.
- Brown, W. L. 1983. Genetic diversity and genetic vulnerability: An appraisal. Econ. Bot. 37(1):4-12.
- Chandraratna, M. F. e Nanayakkara, K. D. S. S. 1948. Studies in cassava. II. The production of hybrids. Trop. Agr. Ceylon 104:59-74.
- Chernela, J. M. 1986. Os cultivares de mandioca na área do Uaupés (Tukâno). In: Ribeiro, D. (ed.). Suma Etnológica Brasileira. Vozes, Petrópolis, R. J., Brasil. p. 151-158.
- de Albuquerque, M. 1969. A mandioca na Amazônia. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Belém, PA, Brasil. 277 p.
- Ellis, R. H. e Roberts, E. H. 1979. Germination of stored cassava seed at constant and alternating temperatures. Ann. Bot. 44:677-684.
- Gulick, P.; Hershey, C. e Alcazar, J. E. 1983. Genetic resources of cassava and wild relatives. International Board for Plant Genetic Resources. AGPR:IBPGR/82/III. Roma. 60 p.
- Gustafsson, A. 1947. Apomixis in higher plants. Lunds Univ. Arsskriet 43(2):69-178; 43(12):181-370.
- Hahn, S. K. 1984. Tropical root crops: Their improvement and utilization. (Paper presented at a conference organized by the Common Wealth Agricultural Bureau on Advancing Agricultural Production in Africa held 13-17 February 1984 at Arusha, Tanzania).
- ; Howland, A. K. e Terry, E. R. 1974. Cassava breeding at IITA (Miscellaneous publication IITA.)
- ; Terry, E. R. e Leuchner, K. 1980. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. Euphytica 29(3):677-683.

- Harlan, J. R. 1972. Genetics of disaster. *J. Environ. Quality* 1(3):212-215.
- e de Wet, J. M. J. 1971. Towards a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20(4):509-517.
- Harris, D. R. 1971. The ecology of swidden cultivation in the upper Orinoco rain forest, Venezuela. *The Geographical Review* 61(4):475-495.
- Inchauspé, N. 1984. Hacia el mejoramiento de la yuca cosechada. *Yuca Bol. Inf.* 8(1):8-9.
- Jennings, D. L. 1957. Further studies in breeding cassava for virus resistance. *East Afr. Agric. J.* 22(4):213-219.
- . 1959. *Manihot melanobasis* Müll Arg.; a useful parent for cassava breeding. *Euphytica* 8(2):157-162.
- . 1963. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava and the effect of interspecific crossing on fertility. *Euphytica* 12(1):69-76.
- Kaur, A.; Ha, C. O.; Jong, K.; Sands, V. E.; Chan, H. I.; Soepadmo, E. e Ashton, P. S. 1978. Apomixis may be widespread among trees of the climax rain forest. *Nature* 271:440-442.
- Kawano, K. 1980. Cassava. In: Feher, W. R. e Hadley, H. H. (eds.). *Hybridization of crop plants*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin. p. 225-233.
- Lancaster, P. A.; Ingram, J. S.; Lim, M. Y. e Coursey, D. G. 1982. Traditional cassava-based foods: Survey of processing techniques. *Econ. Bot.* 36(1):12-45.
- Lanjouw, J. 1939. Two interesting species of *Manihot* L. from Suriname. *Rec. Trav. Bot. Neerl.* 36:543-549.
- Magoon, M. L.; Krishnan, R. e Bai, K. V. 1970. Cytogenetics of the F<sub>1</sub> hybrid between cassava and ceara rubber and its backcross. *Genetica* 41(3):425-436.
- Maguire, B. 1976. Apomixis in the genus *Clusia* (Clusiaceae): A preliminary report. *Taxon* 25(2/3):241-244.
- Martin, F. W. e Ruberté, R. 1976. Germination and longevity of cassava seeds. *Trop. Root and Tuber Crops Newsl.* 9:54-96.
- Moran, E. F. 1975. Food, development, and man in the tropics. In: Arnott, M. L. (ed.). *Gastronomy: The anthropology and food habits*. Mouton, The Hague. p. 169-186.
- Munford, P. M. e Grout, B. W. W. 1978. Germination and liquid nitrogen storage of cassava seed. *Ann. Bot.* 42:255-257.

- Nichols, R. F. W. 1947. Breeding cassava for virus resistance. *East Afr. Agric. J.* 13(3):184-194.
- Ochoa, C. 1975. Potato collecting expeditions in Chile, Bolivia and Peru, and the genetic erosion of indigenous cultivars. In: Frankel, O. H. e Hawkes, J. G. (eds.). *Crop genetic resources for today and tomorrow*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 167-173.
- . 1984. *Solanum hygrothermicum*, new potato species cultivated in the lowlands of Peru. *Econ. Bot.* 38(1):128-133.
- Plucknett, D. L. 1983. Tropical root crops in the eighties. *Trop. Root and Tuber Crops Newsl.* 14:2-7.
- Roca, W. M.; Rodríguez, J.; Beltrán, J.; Mafla, G. e Roa, J. 1982. Método de mantenimiento e intercambio de germ plasma de yuca. In: Roca, W. M.; Hershey, C. H. e Malamud, O. S. (eds.). *Primer Taller Latinoamericano sobre Intercambio de Germoplasma de Papa y Yuca*, Cali, Colombia, 1982. Relatório. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. p. 135-151.
- Rogers, D. J. e Appan, S. G. 1970. What's so great about cassava?. *World Farming* 13(6):14, 16, 22.
- e ———. 1973. *Manihot* and *Manihotoides* (Euphorbiaceae); a computer-assisted study. Organization for Flora Neotropica. Monograph no. 13. Hafner Press, New York. 278 p.
- Townsend, H. 1979. The potential and progress of the technical propagation unit at the Royal Botanic Gardens, Kew. In: Syngé, H. e Townsend, H. (eds.). *Survival of extinctions: Proceedings of a conference held at the Royal Botanic Gardens, Kew, September 1978*. The Bentham - Moxom Trust, Royal Botanic Gardens, Kew. p. 189-193.



# UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES SELVAGENS NO MELHORAMENTO DE MANDIOCA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO

Teresa Lozada Valle\*

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é principalmente cultivada pela sua grande capacidade de armazenar amido nas raízes, constituindo-se na quarta mais importante fonte energética alimentar produzida e consumida nos trópicos (FAO, 1985; Cock, 1985). A produção mundial tem oscilado entre 120 e 130 milhões de toneladas, distribuídas aproximadamente da seguinte maneira: 38% na África, 36% na Ásia e 26% na América (FAO, 1985).

A mandioca é a principal espécie cultivada do gênero *Manihot*. Trabalhos mais recentes tendem a considerá-la um cultivo não-cêntrico, isto é, sem um local específico de domesticação. Esse gênero tem 98 espécies, todas de origem exclusivamente americana, encontradas de forma endêmica nas áreas tropicais de baixa altitude e regiões sub-tropicais com pequenos períodos frios anuais. Tem pelo menos dois centros de especiação: um na costa oeste do México e Guatemala e outro no planalto central do Brasil. Na América Central e América do Sul formaram-se dois grupos de espécies distintos. Somente *M. esculenta* é comum aos dois grupos.

O gênero *Manihot* é de origem recente e ainda não houve uma fixação de espécies. As barreiras a cruzamento são frágeis ou

---

\* Pesquisador científico, M.S., Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, 13.001 Campinas-SP, Brasil.

praticamente inexistentes, de modo que dentro do gênero há uma reserva gênica que pode ser utilizada no melhoramento de *M. esculenta*.

## Primeiros Programas de Melhoramento

A utilização de espécies selvagens no melhoramento de mandioca é tão antiga quanto o próprio melhoramento de *M. esculenta*. Os primeiros trabalhos a utilizá-las iniciaram-se na década de 30, em vários países da África, em busca de genes para resistência ao mosaico africano, e na Indonésia, neste caso objetivando aumentar a quantidade de proteína nas raízes.

### Resistência ao mosaico africano

O mosaico africano é uma das principais doenças viróticas da mandioca. É encontrada somente nos países da África e Índia, onde pode causar perdas de até 95% no rendimento de raízes em clones susceptíveis. Padwick estimou que esta doença diminui em 11% a produção anual de mandioca da África (Hahn et al., 1979).

Os trabalhos mais importantes para obtenção de clones resistentes ao mosaico desenvolveram-se em Amani, Tanzânia, em 1935, por H. H. Storey. Foram identificados clones de *M. esculenta* com algum nível de resistência, no entanto, julgou-se que espécies selvagens seriam uma fonte de genes mais promissora (Jennings, 1976). Foram utilizadas as espécies *M. glaziovii*, *M. dichotoma*, *M. catingae*, *M. melanobasis*, *M. saxicola* e plantas arbóreas, possivelmente híbridos naturais entre *M. esculenta* e *M. glaziovii*. Nas progênes do cruzamento de *M. esculenta* com as três primeiras espécies apareceram plantas que, em condições de campo, permaneciam livres da doença ou mostravam apenas leves sintomas. As progênes de *M. saxicola* e *M. melanobasis* foram susceptíveis. Várias gerações de retrocruzamentos foram feitos, assim como intercruzamentos de plantas retrocruzadas, obtendo-se alguns clones com boas características agrônomicas. O programa foi interrompido em 1957, mas antes foram distribuídas sementes botânicas a vários

países africanos. Esse germoplasma é a base de importantes trabalhos desenvolvidos atualmente (Jennings, 1976).

Na Nigéria, no final da década de 50 foram introduzidos híbridos, via sementes botânicas, do programa de melhoramento de Amani. Os materiais selecionados foram mantidos no campo após a interrupção do programa, em 1961. Entre esses materiais destacou-se o clone 58.308, originado de uma família de meios irmãos cujo progenitor feminino era o terceiro retrocruzamento de um híbrido entre *M. esculenta* x *M. glaziovii*. Este clone mostrou resistência estável durante 20 anos em condições de alta pressão de seleção. Posteriormente constatou-se seu alto valor genético por apresentar resistência à bacteriose (CBB), geneticamente ligada à resistência ao mosaico (Hahn et al., 1980). Quando foi instalado o programa de melhoramento do IITA (International Institute of Tropical Agriculture), em 1971, esse clone servia como principal fonte de resistência ao mosaico.

Em Madagascar, por volta de 1940, iniciou-se a transferência de genes para resistência ao mosaico africano de *M. glaziovii* e *M. pringlei* para *M. esculenta* (Cours, 1951). Porém, não foram obtidos resultados satisfatórios (Hahn et al., 1979).

Na Índia, a utilização de germoplasma selvagem iniciou-se no final da década de 40 com *M. glaziovii*. O objetivo, segundo Abraham (1957), foi obter um novo tipo de mandioca contendo genes de espécies selvagens. Após várias gerações de retrocruzamento, obtiveram clones com boas características agrônomicas, resistentes ao mosaico africano e tolerantes à seca. No entanto, a partir de 1972 esses materiais mostraram perda progressiva da resistência (Ninan et al., 1976). Ainda na Índia, Magoon e colaboradores (1970) obtiveram sucesso na transferência de genes para resistência ao mosaico dessa espécie para *M. esculenta*.

### **Aumento do teor de proteína nas raízes**

O teor de proteína nas raízes tuberosas de mandioca é bastante baixo quando comparado com outras fontes alimentícias. Alguns pesquisadores procuraram aumentar a quantidade utilizando genes de espécies selvagens.

Os primeiros trabalhos foram feitos por Kock em Java, na década de 30 e continuados por Bolhuis (1953). Kock não encontrou genótipos com boas características agronômicas e alto teor de proteína. Recorreu a cruzamento com *M. glaziovii* mas não obteve sucesso. Passou então a utilizar *M. saxicola*, que contém 11% de proteína na matéria seca das raízes, mas também não conseguiu reunir em único genótipo características satisfatórias para cultivo e qualidade de raízes.

Trabalho similar foi feito em Amani por Jennings (1959) utilizando *M. melanobasis* e os resultados também não foram satisfatórios.

### Outros trabalhos

O Instituto Agrônomo de Campinas, no Brasil, em 1968, realizou cruzamentos interespecíficos de *M. esculenta* com outras espécies selvagens. Foram utilizadas *M. glaziovii*, *M. anomala*, *M. dichotoma* e três outras espécies não identificadas, talvez por serem híbridos interespecíficos naturais de *M. esculenta* (Cruz N.D., comunicação pessoal). O objetivo foi observar a viabilidade desse germoplasma para melhorar a espécie cultivada. Uma das espécies não identificadas, que recebe a sigla MES (*Manihot esculenta* silvestre) com características taxonômicas similares a *M. esculenta*, mas com aspecto arbustivo mais pronunciado e sem capacidade de tuberização, mostrou boa capacidade de combinação com clones cultivados. Nos primeiros retrocruzamentos já produziu genótipos vigorosos com boa capacidade de tuberização (índice de colheita por volta de 60%) e bom aspecto de raízes.

### Pesquisas Atuais e Perspectivas

O objetivo da maioria dos trabalhos atuais com germoplasma selvagem de *Manihot* tem sido coleta, manutenção e avaliação. No Brasil, Allem (1982) relata a coleta de 27 espécies na região central do país e Nassar (1982) faz referência a 24 espécies coletadas em diversos ecossistemas das regiões Centro-Oeste e Nordeste. Na Nigéria, clones, possivelmente híbridos entre



*M. esculenta* e *M. glaziovii*, que apresentaram resistência ao mosaico africano durante longo período de cultivo, estão sendo coletados para ampliar a base genética da resistência à doença (Hahn et al., 1980).

As poucas informações disponíveis sobre manejo de espécies selvagens em coleções vivas têm criado extremas dificuldades para sua coleta e manutenção. Na Colômbia, o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1985), está desenvolvendo estudos básicos sobre multiplicação in vitro, cultura de embriões, dormência e germinação de sementes botânicas, a fim de facilitar a manutenção e trânsito de espécies selvagens. No Brasil, técnicas para manter coleções vivas também foram estudadas recentemente (Nassar, 1979), sendo que a enxertia sobre *M. esculenta* mostrou resultados satisfatórios.

A avaliação do germoplasma selvagem para aproveitá-lo no melhoramento de mandioca tem sido feita estudando-se possíveis barreiras de isolamento reprodutivo. Apesar do pequeno número de espécies avaliadas, os resultados mostram que várias espécies selvagens cruzam-se facilmente com mandioca (Quadro 1). Paralelamente, também está sendo estudada a composição cromossômica desses materiais (Quadro 2) e seu comportamento

Quadro 1. Espécies selvagens do gênero *Manihot* que foram cruzadas experimentalmente com mandioca.

Espécies	Fonte bibliográfica
<i>M. glaziovii</i>	Storey, 1935 (apud Jennings, 1976) e outros
<i>M. dichotoma</i>	Storey, 1935 (apud Jennings, 1976)
<i>M. catingae</i>	Storey, 1935 (apud Jennings, 1976)
<i>M. saxicola</i>	Storey, 1935 (apud Jennings, 1976)
<i>M. melanobasis</i>	Storey, 1935 (apud Jennings, 1976)
<i>M. pringlei</i>	Cours, 1951
<i>M. anomala</i>	Nassar, 1978c
<i>M. gracilis</i>	Nassar, 1978c
<i>M. zehntneri</i>	Nassar, 1978c
<i>M. oligantha</i>	Nassar, 1978c
<i>M. glaziovii</i> <sup>a</sup>	Nassar et al., 1986
<i>M. pseudoglaziovii</i> <sup>a</sup>	Nassar et al., 1986
<i>M. caeruleascens</i> <sup>a</sup>	Nassar et al., 1986
<i>M. pohlii</i> <sup>a</sup>	Nassar et al., 1986

a. Não produziram sementes.

Quadro 2. Espécies do gênero *Manihot* cujo número de cromossomas foi determinado. Em todas foi constatado  $2n = 36$  e formação de 18 bivalentes na metáfase.

Espécies	Fonte bibliográfica
<i>M. esculenta</i>	Graner, 1935 e outros
<i>M. dichotoma</i>	Perry, 1943; Cruz, 1968 e outros
<i>M. glaziovii</i>	Perry, 1943 e outros
<i>M. palmata</i>	Perry, 1943
<i>M. walkerae</i>	Perry, 1943
<i>M. handroana</i>	Cruz, 1968
<i>M. jolyana</i>	Cruz, 1968
<i>M. tripartita</i>	Cruz, 1968; Nassar, 1978b
<i>M. tweedieana</i>	Cruz, 1968
<i>M. humilis</i>	Cruz, 1968
<i>M. pedicellares</i>	Cruz, 1968
<i>M. gracilis</i>	Cruz, 1968; Nassar, 1978b
<i>M. anomala</i>	Nassar, 1978b
<i>M. zehntneri</i>	Nassar, 1978b
<i>M. oligantha</i>	Nassar, 1978b
<i>M. nana</i>	Nassar, 1978b
<i>M. tomentosa</i>	Nassar, 1978b
<i>M. pseudoglaziovii</i>	Nassar et al., 1986
<i>M. caeruleascens</i>	Nassar et al., 1986
<i>M. pohlii</i>	Nassar et al., 1986

citogenético. Todas as espécies analisadas têm 36 cromossomas e foram 18 bivalentes na metáfase. Estudos mais detalhados têm sido feitos no IITA (1982), observando-se pareamento entre cromossomas homólogos e possíveis causas de esterilidade entre híbridos de *M. esculenta* e *M. dichotoma*. No que se refere à avaliação de características que possam ser transferidas para *M. esculenta*, os trabalhos têm sido apenas indicativos de que determinadas espécies são possíveis fontes de genes, em função das condições edafo-climáticas do local de origem (Rogers e Appan, 1970, 1973; Nassar, 1978a), embora sem uma efetiva avaliação de características específicas a nível fenotípico ou genético.

Poucos estudos estão sendo conduzidos com espécies selvagens. Aqueles em andamento restringem-se a espécies das regiões Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. O germoplasma selvagem está efetivamente sendo utilizado para produzir variedades melhoradas apenas na Nigéria, como fonte de genes de resistência ao mosaico africano.

## Perspectivas a curto prazo

A mandioca é uma planta de ciclo relativamente longo e a obtenção de variedades melhoradas é demorada. Portanto, a possibilidade de utilizar-se germoplasma selvagem deve ser tratada em função da variabilidade existente dentro da espécie cultivada e dos conhecimentos já acumulados sobre outras espécies. Somente em duas características há algumas informações consistentes sobre transferência de genes: resistência ao mosaico e teor de proteína nas raízes tuberosas.

Nos países africanos e Índia, onde o mosaico é doença de importância considerável, espécies selvagens podem ser utilizadas para ampliar a base genética da resistência à doença. Os trabalhos de melhoramento do IITA, que distribui material para toda África e Índia, têm utilizado o clone 58.308 como principal fonte de resistência. Estudos têm mostrado que trata-se de resistência poligênica estável no tempo e no espaço (IITA, 1973-1978), porém, poderá ser quebrada por variabilidade no patógeno. Híbridos entre *M. esculenta* e *M. glaziovii*, obtidos por Abraham na Índia, no início da década de 50, considerados altamente resistentes ao mosaico, a partir de 1972 passaram a mostrar deterioração progressiva da resistência (Ninan et al., 1976). Genótipos com alto valor parental de *M. dichotoma* e *M. glaziovii* ou híbridos desses genótipos já avaliados (Jennings, 1976) podem ser bastante úteis.

Na América e Ásia, onde não há ocorrência do mosaico africano, espécies selvagens poderão ser utilizadas caso o vírus seja introduzido. Costa e Russel (1975) atribuem a não existência da doença na América ao fato do vetor, *Bemisia tabaci*, não colonizar a mandioca. No entanto, alertam que poderá ser transmitido por *B. tuberculata* ou espécies correlatas caso o vírus seja introduzido. O risco de estabelecimento da doença será maior se introduzidos o vírus e a raça de *B. tabaci* que coloniza mandioca.

Trabalhos de melhoramento para aumentar o teor de proteína nas raízes não têm mostrado resultados promissores (Bolhuis, 1953 e Jennings, 1959). Maiores teores de proteína parecem estar

c

associados a baixo rendimento. Neste particular, deve-se considerar que a mandioca é uma planta com grande capacidade para armazenar amido nas raízes, mas que concentra maiores quantidades de proteína na parte aérea, tradicionalmente, pouco consumida. Portanto, parece mais viável utilizar-se a parte aérea como é feito em alguns países africanos onde a mandioca é importante fonte protéica.

A utilização de genes de espécies selvagens para melhorar outras características de mandioca, com resultados a curto prazo, parece pouco viável por duas razões: 1) desconhecimento dos recursos genéticos de espécies selvagens; 2) ampla variabilidade dentro do *M. esculenta* capaz de atender às necessidades de programas de melhoramento.

Das 98 espécies catalogadas, apenas duas a três dezenas encontram-se em coleções vivas (Gulick et al., 1983). Além das poucas espécies coletadas, as informações sobre suas características são muito vagas, de pouco interesse para o melhoramento, ou inexistentes. Normalmente, restringem-se, como já foi dito, a citá-las como possível fonte de genes em função das condições edafo-climáticas do local de origem, intimamente associadas a problemas bióticos e abióticos específicos.

Diferentemente de plantas como batata, trigo, soja e outras em que uma única variedade já melhorada é plantada em grandes áreas, em mandioca há um grande número de variedades que nunca foram melhoradas, cultivadas em pequenas áreas. Nessas regiões concentra-se uma grande diversidade genética que apenas está começando a ser explorada em programas de melhoramento.

Por outro lado, uma variedade melhorada deve ter, fundamentalmente, boa produtividade. Dentro do gênero *Manihot* não existe outra espécie mais eficaz para armazenar amido nas raízes do que *M. esculenta*. Cruzamentos com espécies selvagens levam a uma diluição dos genes responsáveis pela tuberização; portanto, devem ser seguidos de retrocruzamentos com *M. esculenta*, o que retarda a seleção para características agrônômicas. Este fato torna-se ainda mais incômodo se considerado o ciclo longo da cultura.

Em regiões de expansão da fronteira agrícola, estão sendo incorporadas à produção vegetal áreas com condições menos favoráveis à agricultura. Portanto, há necessidade de criar-se variedades para essas regiões. No entanto, métodos de melhoramento que utilizam seleção recorrente podem ser usados para obter tais genótipos. Esses métodos parecem oferecer maior possibilidade de sucesso que a utilização de germoplasma selvagem pouco conhecido.

As espécies do gênero *Manihot* são tidas como sensíveis ao frio, inclusive *M. esculenta*. As espécies *M. grahami* e *M. anysophyla* ocorrem em regiões com períodos anuais frios e são indicadas como fonte de genes para resistência. No entanto, essas regiões, como o sul do Brasil, são áreas produtoras bastante importantes. Os possíveis danos causados por frio são evitados através de práticas culturais como a poda. Essas espécies possivelmente podem contribuir na obtenção de variedades melhoradas, mas, no momento, por falta de informações básicas, não têm despertado o interesse dos melhoristas.

### **Perspectivas a médio e longo prazo**

As perspectivas a médio-longo prazo de utilizar-se material selvagem no melhoramento de mandioca dependem das medidas tomadas a curto prazo para coletar e avaliar esse germoplasma.

O germoplasma do gênero *Manihot* encontra-se na vegetação nativa da América. Em muitas dessas regiões está ocorrendo a ampliação da fronteira agrícola e muitas espécies serão eliminadas. Portanto, é de extrema necessidade intensificar a coleta desse germoplasma antes que esses recursos genéticos desapareçam.

No que se refere à avaliação, também há muito por fazer. *Manihot* é certamente um gênero com muitas estratégias de sobrevivência, haja vista o grande número de ecossistemas contrastantes onde podem ser encontrados seus representantes. Para aproveitar tais recursos é necessário começar a estudá-los imediatamente, tanto no que se refere à efetiva avaliação como à expressão de genes em mandioca. Atualmente quase nenhuma

pesquisa está sendo desenvolvida nessa área. Rogers e Appan (1973), compilaram as informações existentes por ocasião da revisão do gênero. Nos últimos 14 anos há muito pouco a acrescentar.

Embora pouco seja conhecido desse germoplasma, os resultados até o momento são bastante animadores. A taxonomia alfa, baseada em critérios morfológicos, identifica um grande número de espécies, 98 segundo Rogers e Appan (1973) e 128 segundo Pax (1910). Porém, a classificação biológica de Harlan, baseada em critérios de facilidade de cruzamento e fertilidade dos híbridos, pode conduzir a resultados em que a maioria das espécies pertencem ao grupo gênico primário ou secundário de *M. esculenta*.

O gênero *Manihot* está em ativo processo de evolução (Cruz, 1968; Rogers e Appan, 1973). Muitas espécies mesmo consideradas morfológicamente distintas, podem cruzar-se e produzir descendentes férteis, portanto, pertencem ao grupo gênico primário ou secundário. Os resultados concretos são poucos, mas, há várias evidências para acreditar que isso possa ocorrer.

*M. glaziovii* é considerada uma espécie morfológicamente afastada de *M. esculenta*, no entanto, híbridos naturais são encontrados na América e na África. Cruzamentos artificiais com as duas espécies são parcialmente estéreis, mas a fertilidade é recuperada rapidamente através de retrocruzamentos (Bolhuis, 1969). O pareamento entre cromossomas homólogos nos híbridos é quase que total, a frequência de quiasmas levemente inferior à dos pais. Plantas originadas de retrocruzamentos contêm cromossomas de ambas as espécies em proporções que indicam não existir segregação cromossômica preferencial (Magoon et al., 1970). Híbridos entre *M. esculenta* e *M. dichotoma* têm comportamento similar (IITA, 1982). Portanto, parece ser possível obter recombinantes inter e intracromossômicos.

Dentro do gênero *Manihot*, 20 espécies já tiveram seu número de cromossomas contados e todas mostraram  $2n = 36$  (Quadro 2); quando foi estudada a metáfase formavam-se 18 bivalentes. Portanto, até o momento não foram encontradas

séries poliplóides que dificultem a obtenção de híbridos férteis. Das 13 espécies cruzadas com *M. esculenta* 10 produziram sementes (Quadro 1). Mesmo cruzamentos que não produziram semente não devem ser consideradas espécies incompatíveis com *M. esculenta*. Neste tipo de cruzamentos normalmente são utilizados poucos genótipos e não é possível generalizar os resultados.

No gênero *Manihot* ainda não houve uma fixação de espécies e não foram desenvolvidas barreiras de isolamento reprodutivo que impeçam ou criem grandes dificuldades à utilização de germoplasma selvagem no melhoramento de *M. esculenta*. Portanto, todo o 'pool' gênico de *Manihot* parece estar à disposição dos melhoristas.

O não estabelecimento de barreiras efetivas de isolamento reprodutivo permitiram a formação de híbridos naturais. Os resultados obtidos por Jennings (1959) e Normanha e colaboradores (dados não publicados) quando utilizaram esses híbridos foram bastante satisfatórios. Portanto, esses recursos genéticos parecem os mais promissores devido à capacidade em produzir combinações gênicas com bom potencial de tuberização já nos primeiros retrocruzamentos. O segundo grupo mais promissor seria o das espécies que já possuem capacidade de tuberização. Finalmente, o último grupo seria composto pelas espécies que não tuberizam.

Mesmo que, a curto prazo, os problemas da cultura da mandioca possam ser resolvidos utilizando os recursos genéticos da própria espécie, é necessário lembrar que a agricultura de hoje sofre rápidas modificações estruturais e conjunturais. Situações inéditas podem ser criadas e novos genes serão necessários. Portanto, não se deve subestimar e correr o risco de perder esse imenso patrimônio genético representado por espécies selvagens. Afinal, não é possível criar novos genes; quando muito, podemos rearranjá-los.

## Conclusões

O gênero *Manihot* é uma grande reserva gênica que pode ser utilizada no melhoramento de mandioca; no entanto, a espécie cultivada tem mostrado possuir todos os genes necessários aos atuais programas de melhoramento. A falta de conhecimentos sobre as espécies selvagens não permite vislumbrar modificações de *M. esculenta* através desse 'pool' gênico, e suas possibilidades de uso a curto prazo são poucas. No entanto, não podem ser negligenciadas para futuro mais distante; é necessário coletá-las rapidamente para que não sejam perdidas com a expansão da fronteira agrícola.

## Resumo

Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é importante planta cultivada nos países tropicais. O gênero *Manihot* tem 98 espécies e entre elas ainda não foram estabelecidas barreiras para isolamento reprodutivo eficientes, portanto, há um imenso 'pool' gênico à disposição dos melhoristas de mandioca. Genes de espécies selvagens já foram utilizados com sucesso para obter variedades resistentes ao mosaico africano, mas, não se obteve bons resultados para aumentar a quantidade de proteína nas raízes. A disponibilidade de genes na espécie cultivada e os riscos de trabalhar-se com espécies selvagens pouco conhecidas diminuí sensivelmente a possibilidade de utilizar-se esses recursos genéticos imediatamente. No entanto, trata-se de um germoplasma tão rico e promissor que não pode ser negligenciado a médio e longo prazo. Para tanto é necessário coletá-lo e avaliá-lo rapidamente.

## Bibliografia

Abraham, A. 1957. Breeding of tuber crops in India. Indian J. Gen. Plant Breed. 17(2):212-217.

Allem, A. C. 1982. Coleta de germoplasma do gênero *Manihot*. Relatório de viagem. Brasília, D. F., Brasil. 3 p. (Mimeografado.)



- Bolhuis, G. G. 1953. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of proteins in the roots. *Euphytica* 2:107-112.
- . 1969. Intra e interspecific crosses in the genus *Manihot*. In: Symposium on Tropical Root Crops, 1st, St. Augustine, Trinidad, 1967. University of the West Indies, St. Augustine. v. 1, p. 81-88.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Annual report 1984; Cassava Program. Cali, Colômbia.
- Cock, J. H. 1985. Cassava; new potential for a neglected crop. Westview Press, Colorado, USA. 192 p.
- Costa, A. S. e Russel, L. M. 1975. Failure of *Bemisia tabaci* to breed on cassava plants in Brazil (Homoptera: Aleyrodidae). *Ciência e Cultura* 27(4):388-390.
- Cours, G. 1951. Memories de l'Institut Scientifique de Madagascar. Serie B, Tome III, Fascicule 2. Madagascar. p. 203-400.
- Cruz, N. D. 1968. Citologia no gênero *Manihot* Adans; 1: Determinação do número de cromossomos em algumas espécies. *An. Acad. Brasil. Ciên.* 40(1):91-95.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1985. Production yearbook. vol. 38. Roma, Itália.
- Graner, E. A. 1935. Contribuição para o estudo citológico da mandioca. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiróz', Piracicaba, S. P., Brasil. 28 p.
- Gulick, P.; Hershey, C. e Esquinas, A. J. 1983. Genetic resources of cassava and wild relatives. AGPG:IBPGR/82/111. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Itália. 52 p.
- Hahn, S. K.; Howland, A. K. e Terry, E. R. 1989. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases. *Euphytica* 29:305-311.
- ; Terry, E. R. e Leuschner, K. 1980. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. *Euphytica* 29:673-683.
- et al. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops Res.* 2:193-226.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1973-1978 e 1982. Annual reports. Ibadan, Nigéria.
- Jennings, D. L. 1959. *Manihot melanobasis* Müll Arg.; a useful parent for cassava breeding. *Euphytica* 8:157-162.
- . 1976. Breeding for resistance to African cassava mosaic disease: Progress and prospects. In: Nestel, B. L. (ed.). African cassava mosaic. Report of an interdisciplinary workshop, Muguga, Kenya, 1976. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 39-44.

- Magoon, M. L.; Krishnan, R. e Bai, K. V. 1970. Cytogenetics of the F<sub>1</sub> hybrid between cassava and ceara rubber, and its backcross. *Genetica* 41:425-436.
- Nassar, N. M. A. 1978a. Wild *Manihot* species of Central Brazil for cassava breeding. *Can. J. Plant Sci.* 58:257-261.
- . 1978b. Chromosome number and meiotic behaviour of some wild *Manihot* species native to Central Brazil. *Brazilian J. Gen.* 1(1):51-55.
- . 1978c. Compatibilidade da mandioca com quatro espécies selvagens de *Manihot* nativas do Brasil Central. *Turrialba* 28(1):92-93.
- . 1979. A study of the collection and maintainance of the germplasm of the wild cassavas, *Manihot* spp. *Turrialba* 2(3):221-224.
- . 1982. Collecting wild cassavas in Brazil. *Indian J. Gen.* 42:405-411.
- ; da Silva, J. R. e Vieira, C. 1986. Hibridação interespecífica entre mandioca e espécies silvestres de *Manihot*. *Ciência e Cultura* 38(6):1050-1055.
- Ninan, C. A. et al. 1976. Studies on field resistance of cassava varieties interspecific hybrids and backcrosses to mosaic disease. *Trop. Root Tuber Crops Newsl.* 9:57-58.
- Pax, F. 1910. *Manihot* Adans. In: Engler, Pflanzenreich IV. 147(left 44):21-111.
- Perry, B. A. 1943. Chromosome number and phylogenetic relationships in the Euphorbiaceae. *Amer. J. Bot.* 30:527-542.
- Rogers, D. J. e Appan, S. G. 1970. Untapped genetic resources for cassava improvement. In: International symposium on tropical root and tuber crops, Honolulu, Hawaii, 1970. University of Hawaii, Honolulu. v. 1, p. 72-75.
- e ———. 1973. *Manihot* and *Manihotoides* (Euphorbiaceae): A computer-assisted study. Organization for Flora Neotropica. Monografia 13. New York. 27 p.

# GENETICA, CITOGENETICA Y MEJORAMIENTO DE LA YUCA

*Jesús Acosta Espinoza\**

## Introducción

La yuca se cultiva bajo diversas condiciones edafoclimáticas, en donde los principales caracteres agronómicos presentan una amplia variabilidad genética. A pesar de que esta variabilidad ofrece grandes oportunidades para estudios de genética y mejoramiento de la especie, tales aspectos han sido poco estudiados.

En el presente trabajo se pretende revisar algunos de los aspectos más importantes relacionados con la genética y la citogenética de la yuca, y los métodos de mejoramiento más promisorios para la obtención de genotipos deseables.

## Genética y Citogenética de la Yuca

La yuca se considera como una especie alotetraploide, con 36 cromosomas ( $x=9$ ) que forman 18 bivalentes en la meiosis (Umanah y Hartmann, 1973). En ella es común la esterilidad masculina y, según Kawano et al. (1978), tal esterilidad es de dos tipos: a) por aborto de las flores antes de que alcancen su madurez, y b) por falta de producción de polen en las flores que maduran.

---

\* Fitomejorador, Programa de Yuca, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Huimanguillo, Tabasco, México.

Aunque la genética y la citogenética son un apoyo muy importante para el mejoramiento de los cultivos en general, en el caso de la yuca los estudios han sido escasos hasta el momento. Ello se ha debido en parte a los siguientes factores (Acosta E., 1984):

- a) El número de genetistas que se dedican a esta especie es limitado.
- b) La yuca tiene un número alto (36) de cromosomas, y éstos son de tamaño reducido.
- c) La posible naturaleza poliploide de la yuca dificulta las interpretaciones.
- d) En comparación con otros cultivos la yuca tiene un ciclo de vida relativamente largo (de 8 a 24 meses).
- e) Presenta una alta heterocigosis, que dificulta la obtención de individuos homocigotos para los estudios de herencia.
- f) El número de frutos y la época de floración de los genotipos son variables.
- g) Presenta dificultad para utilizar un esquema de cruzamientos que se adapte a los diseños sistemáticos comúnmente utilizados.

Algunos estudios básicos efectuados con yuca han permitido identificar, hasta la fecha, genes marcadores de dos caracteres: la forma del lóbulo foliar y el color de las raíces. Así, Graner (1942a) y Jos y Hrishi (1976) demostraron que en la herencia de la forma del lóbulo foliar la segregación está gobernada por un solo gen, y que la edad y el ambiente afectan esa forma (la anchura). Estos autores concluyeron que el alelo que condiciona lóbulos estrechos domina sobre el que determina la presencia de lóbulos anchos. En cuanto al color de la corteza de las raíces, Graner (1942a) encontró que el alelo que condiciona el color café oscuro domina sobre el que determina el color claro.

Un tercer carácter, correspondiente a la coloración roja o verde de las nervaduras foliares, se ha utilizado como marcador

genético; sin embargo, aún no se ha estudiado el número de genes que controla este carácter (Kawano et al., 1978).

Algunos caracteres agronómicos y de resistencia a insectos están controlados por el efecto aditivo de muchos genes (Hershey y Amaya, 1982). Se ha informado que el contenido de ácido cianhídrico en las raíces está regulado por un gen recesivo (Hahn y Terry, 1973). La resistencia a la bacteriosis y al mosaico africano es de naturaleza poligénica, según Hahn et al. (1980).

Kawano (1982) señaló que características como el índice de cosecha, la materia seca de la raíz, y el deterioro de las raíces después de la cosecha muestran un alto coeficiente de regresión entre progenitores y progenies; también indicó que la resistencia a enfermedades como bacteriosis y cercosporiosis es de incorporación relativamente fácil a las progenies cuando se usan genotipos resistentes para las hibridaciones.

Las observaciones anteriores sugieren que en la yuca muchos de sus caracteres importantes son heredables y que los efectos genéticos aditivos son muy significativos (Kawano, 1982).

## **Estructura Floral, Hábito de Floración y Polinización**

Para un programa de mejoramiento genético es indispensable tener en cuenta los principios básicos de la biología de la reproducción, el hábito de floración y la polinización (Graner, 1942b; Toledo, 1963; de Albuquerque, 1969; Hahn y Terry, 1973; Viegas, 1976 y Kawano, 1980).

La yuca es una especie de polinización cruzada, monoica con las flores estaminadas y las pistiladas en la misma inflorescencia. Las flores masculinas se encuentran en la parte superior de la panoja, y son más pequeñas y más numerosas que las femeninas. La iniciación de la floración hace que se pierda la dominancia apical y que se origine la brotación generalmente de dos o tres yemas laterales inmediatamente debajo del ápice. Este fenómeno, conocido normalmente como 'ramificación' no se presenta, por lo tanto, en los clones que florecen.

Es común el hábito de floración conocido como protogenia, en el cual las flores femeninas de la misma inflorescencia abren aproximadamente diez días antes que las masculinas. Con frecuencia las flores femeninas de diferentes ramificaciones abren simultáneamente, de tal manera que tanto la protogenia como la diferencia en la cantidad de flores favorecen la alogamia.

La época de floración varía según los genotipos, y es afectada por las condiciones ambientales. Jennings (1970) observó que las plantas florecen preferencialmente en días cortos del año. De acuerdo con Chandraratna y Nanayakkara (1948), el estigma permanece receptivo menos de 24 horas y el polen seco permanece viable por cerca de seis días. El tiempo para la formación de la semilla después de la polinización es de tres a cinco meses.

La polinización cruzada en la yuca es entomófila y depende de factores como la hora del día, la temperatura, la luminosidad, y la disponibilidad de polen.

## **Generalidades sobre el Mejoramiento Genético de la Yuca**

De acuerdo con Normanha (1971), los primeros trabajos de mejoramiento de yuca en Brasil se iniciaron en 1940, en campos de polinización abierta y con la semilla proveniente de genotipos portadores de caracteres deseables. En esa época también se desarrolló un programa para la obtención de poliploides (Graner, 1942c) y se iniciaron cruzamientos con el objetivo de obtener genotipos superiores. Paralelamente tuvieron inicio algunos trabajos de fitomejoramiento en los continentes africano y asiático, con la recolección y selección de germoplasma, y la obtención de híbridos intra e interespecíficos.

Según Acosta E. (1983), las condiciones que presenta la yuca como especie monoica altamente prolífica, con flores de tamaño adecuado para su fácil manipulación tanto en autofecundaciones como en policruzamientos, con presencia de esterilidad masculina y la posibilidad de propagarse vegetativamente, hacen posible la

aplicación de prácticamente todos los métodos de mejoramiento existentes en otros cultivos.

## **Introducción de germoplasma**

Este es el método más sencillo, rápido y económico para obtener nuevos genotipos de yuca para una región determinada. Comprende la importación de variabilidad genética de lugares que cuentan con programas de hibridación, y puede ser de dos tipos: por introducción de cultivares o por introducción de progenies.

**Introducción de cultivares.** Los programas de investigación pueden importar genotipos de yuca en forma de cultivos de meristemas, cuando tales genotipos han mostrado buen potencial productivo y resistencia a las principales plagas y enfermedades en regiones con condiciones edafoclimáticas similares a las suyas. La introducción clonal puede a su vez ser empleada para programas de hibridación en la localidad; sin embargo, la posibilidad de trabajar con tales cultivares está restringida en la práctica por la necesidad de un laboratorio especial y de técnicos preparados específicamente para el proceso.

**Introducción de progenies.** Esta opción implica la importación masiva de una población segregante, en forma de semilla sexual  $F_1$ ; es un procedimiento que aumenta significativamente la variabilidad genética en las localidades receptoras, ya que cada semilla representa un genotipo diferente y potencialmente constituye una variedad con buenas características agronómicas. Las progenies importadas o introducidas pueden provenir de campos de policruzamiento, los cuales generan familias de medios hermanos, o de campos de polinización controlada, que originan familias de hermanos completos.

## **Técnicas de hibridación**

La hibridación requiere un programa de fitomejoramiento con personal especializado, infraestructura de campo y de laboratorio, y un mayor apoyo financiero. Cualquiera que sea la técnica de hibridación, es muy importante la selección adecuada

de progenitores con características deseables y el conocimiento de sus hábitos de floración y otros aspectos morfo-fisiológicos básicos.

Por el tamaño, la forma y el color de la flor femenina, un técnico con experiencia puede determinar cuándo está receptiva para el polen. Para hacer la hibridación, las inflorescencias de las plantas seleccionadas como progenitores femeninos se cubren en la mañana, antes de que las flores abran. Simultáneamente, o inmediatamente después, se cosechan las flores masculinas no abiertas, pero en estado de producción de polen maduro.

La polinización se efectúa después del medio día cuando ya las flores están abiertas. El método más sencillo consiste en frotar las anteras de la flor masculina sobre el estigma de la flor femenina. Con una flor masculina se alcanzan a polinizar tres o cuatro flores femeninas.

**Hibridación controlada.** Kawano (1980) ha descrito en detalle las técnicas para la polinización controlada. Debido a que las flores tienen un tamaño relativamente grande y a que las masculinas están separadas de las femeninas, la polinización manual es relativamente fácil; no requiere el uso de herramientas especiales ni la emasculación.

**Policruzamientos.** La técnica de policruzamientos es la manera más rápida y económica para promover la recombinación de genes. Para emplear esta técnica es necesario el cruzamiento múltiple entre un grupo de genotipos en campos aislados. Existen por lo menos seis factores que afectan la eficiencia de los policruzamientos: a) el espaciamiento y arreglo de las plantas en cada lote; b) el grado de incompatibilidad entre los genotipos idénticos; c) la época y duración de la floración; d) la cantidad y calidad del material utilizado; e) la actividad de los insectos polinizadores; y f) la dirección predominante del viento.

Mediante el principio de los números primos desarrollado por Wright (1965), los modelos para el arreglo de las plantas en el lote de policruzamiento involucran hasta 50 genotipos; con base en el mismo principio, Olesen y Olesen (1973) y Olesen (1976) desarrollaron fórmulas para el diseño de los policruzamientos.



Acosta E. (1984) policruzó nueve progenitores; cada cruzamiento por parcela estaba compuesto de nueve plantas de distintos genotipos, y únicamente la planta central de cada parcela se utilizó para la recolección de semilla. La evidencia de la eficiencia de los policruzamientos se basó en la menor variación entre las progenies policruzadas y la mayor variación dentro de las progenies, al compararlas con la variación entre y dentro de los progenitores. Vello (1977) usó criterios semejantes en brócoli.

## **Estimación de Parámetros Genéticos**

El coeficiente de heredabilidad de la determinación fenotípica y las correlaciones genéticas y fenotípicas constituyen parámetros genético-estadísticos para caracterizar la variación genética y las asociaciones entre caracteres con herencia poligénica. Se han realizado algunos trabajos en yuca acerca de parámetros genéticos y fenotípicos, entre los cuales están los presentados por: Méndez (1940); Graner (1946); Normanha y Pereira (1964); Estevao et al. (1972); CIAT (1975); Paula (1976); Almeida et al. (1976); Fukuda (1979); Ramalho y Pereira (1979); Mattos et al. (1980); Barriga (1980); Kawano (1982); Acosta E. (1983); Silva et al. (1983); Fukuda et al. (1983); CIAT (1982 y 1983); Dantas (1984); y Acosta E. (1984). Como en otra presentación de este mismo taller se trata el tema, no se entra en detalles aquí al respecto.

## **Mejoramiento de Poblaciones**

La finalidad de utilizar los métodos señalados es aprovechar la variabilidad genética existente, y esencialmente obtener individuos con la mejor combinación génica posible. Según Paterniani (1969), la obtención de individuos mejorados se puede hacer de dos maneras diferentes: a) mediante la obtención de una población donde la frecuencia de genes favorables sea tan alta cuanto sea posible y que se pueda mantener estable por polinización libre; b) mediante la obtención de una generación  $F_1$

que presente una combinación génica deseable, aprovechando el fenómeno de la heterosis o vigor híbrido.

Paterniani (1980) describe los factores que afectan la eficiencia de la selección en las plantas, y dice que básicamente existen dos tipos:

- a. Intrapoblacional, en cuyo caso sólo se mejora una población en relación con ella misma.
- b. Interpoblacional, en la cual existe el interés de explorar la heterosis, y por lo tanto, mejorar dos poblaciones una en relación con la otra.

### **Mejoramiento intrapoblacional**

Los trabajos de selección se pueden hacer bien sea por el fenotipo de los individuos o bien por sus respectivas progenies. En el caso de optar por el fenotipo de los individuos se utiliza la selección masal para obtener los mejores de ellos, y formar la generación siguiente. Sin embargo, es conveniente obtener una mejor idea del fenotipo por medio de las progenies. La selección clonal (por fenotipo) en yuca sólo da resultados cuando se cuenta con poblaciones heterogéneas en las que se puedan identificar individuos superiores; el éxito de la selección dependerá de la existencia de genotipos superiores en la población.

Gardner (1961) utilizó la selección masal estratificada, como una medida para disminuir el efecto del componente ambiental en el valor fenotípico generado por la heterogeneidad del suelo. En yuca también se puede utilizar la selección masal estratificada genotípicamente; este tipo de selección, que fue sugerido por J. R. Zinsly (citado por Paterniani y Miranda, 1978), consiste en intercalar los clones bajo prueba con testigos, para mejorar la eficiencia de la selección.

La selección por prueba de progenies, definida por Allard (1960) como la evaluación del valor genético de los progenitores con base en el fenotipo de sus descendientes, es de importancia para la yuca. Los centros internacionales CIAT e IITA la utilizan para obtener semilla sexual tanto por polinización dirigida como

abierta, y evalúan las progenies en diferentes ambientes para identificar los progenitores que producen las mejores de ellas; tales progenitores se seleccionan para ser utilizados en los programas de fitomejoramiento.

**Selección entre y dentro de familias de medios hermanos.**

Después de la recombinación mediante la técnica de policruzamiento se realiza la selección entre y dentro de familias. Es uno de los métodos de selección más factibles y eficientes para la yuca, y consiste en seleccionar genotipos superiores y establecer con ellos lotes de policruzamientos para obtener semillas sexuales que luego se siembran en varios ecosistemas con el fin de evaluar sus progenies. La evaluación se efectúa mediante parámetros como el índice de cosecha, el porte general de la planta y la resistencia o tolerancia a las principales plagas y enfermedades.

Efectuada la selección de los progenitores, en un campo aislado se colocan de tres a cuatro hileras femeninas por cada uno de los progenitores seleccionados y en los extremos van las hileras masculinas que son mezclas de los progenitores seleccionados. Para aumentar la eficiencia de recombinación genética existe también la posibilidad de recolectar polen de los progenitores, mezclarlo y realizar la polinización manual.

**Selección entre y dentro de familias de hermanos completos.**

En este caso se selecciona la descendencia de un cruzamiento dirigido entre dos plantas. Mediante este método es posible obtener un gran número de progenies de hermanos completos; sin embargo, para el proceso se requiere conocer las técnicas de cruzamiento y los hábitos de floración de los progenitores, como también se necesita una mayor cantidad de recursos humanos y financieros.

**Selección recurrente.** Hull (1952) mencionó que la selección recurrente significa practicar la selección generación tras generación, con cruzamientos entre los individuos seleccionados para obtener recombinación génica. Se conocen cuatro tipos de selección recurrente: a) fenotípica; b) para capacidad combinatoria general; c) para capacidad específica de combinación; y d) recíproca.

En yuca es teóricamente factible realizar los cuatro tipos de selección recurrente, pero el primero es el que se utiliza más. Según Gardner (1961), esta selección es apta para manejar caracteres de alta heredabilidad como la resistencia a la bacteriosis y al virus del mosaico, el índice de cosecha, la ramificación y el contenido de ácido cianhídrico. Para la selección de familias en cuanto a caracteres con baja heredabilidad como es el caso de la producción de raíces, se recurre a nuevos ensayos, y se deben aumentar las repeticiones con tres o más sitios (Hahn y Terry, 1973).

La selección recurrente, según Hahn y Terry (1973), Hahn et al. (1980), CIAT (1982), Byrne (1984), es un método altamente eficiente para el mejoramiento de poblaciones básicas de yuca en cuanto a diferentes características agronómicas. El éxito de la selección recurrente depende de que la población original esté conformada por progenitores con características agronómicas deseables, y de que existan programas bien establecidos para su selección.

### **Mejoramiento interpoblacional**

En los métodos de mejoramiento interpoblacional se explora la heterosis y, por lo tanto, hay que mejorar dos poblaciones, una en relación con la otra. Los métodos que se emplean son la selección recurrente recíproca en familias de medios hermanos y la selección recurrente recíproca en familias de hermanos completos; todos estos métodos se pueden aplicar en el caso de la yuca, pero presentan dificultad en la práctica.

### **Hibridación Interespecífica**

Rogers y Appan (1973) informaron sobre la existencia de 98 especies del género *Manihot*. La mayoría de tales especies se pueden usar fácilmente en programas de hibridación interespecífica con *M. esculenta*, lo cual permite adicionar a esta última algunas características que no posee; entre tales características posiblemente están la resistencia contra algunas

enfermedades y plagas, el alto contenido de proteína, la tolerancia a la sequía y el bajo contenido de ácido cianhídrico. Las especies que más se han utilizado para este tipo de mejoramiento en *M. esculenta* son *M. melanobasis*, *M. glaziovii*, *M. catingea*, *M. dichotoma* y *M. saxicola*.

En Africa se ha utilizado ampliamente la técnica de la hibridación interespecífica, principalmente para obtener resistencia al virus del mosaico, ya que no se han encontrado clones de *M. esculenta* resistentes a esta enfermedad. Las progenies provenientes de *M. esculenta* x *M. glaziovii* han resultado promisorias para la búsqueda de resistencia a la enfermedad.

Hahn y Terry (1973) informaron que la introducción de semillas interespecíficas en 1958 permitió identificar el clon SG 308 evaluado por más de 20 años como resistente al virus del mosaico; sin embargo, su producción de raíces fue muy deficiente en cuanto a calidad y cantidad.

Otros cruzamientos interespecíficos fueron los realizados en Java por Bolhuis (1953) con *M. saxicola* para aumentar el porcentaje de proteínas de las raíces de yuca. Jennings (1959) obtuvo híbridos de *M. esculenta* x *M. melanobasis* con gran potencial productivo.

Para que los cruzamientos interespecíficos sean más eficientes se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: a) seleccionar la(s) especie(s) silvestre(s) según las características deseadas para incorporar en *M. esculenta*; b) efectuar estudios del hábito, la estructura y la inducción de la floración, c) estudiar las prácticas de polinización y los problemas de incompatibilidad.

## Métodos no Convencionales de Mejoramiento

Normalmente estos métodos requieren infraestructura y personal altamente especializados, lo que limita la posibilidad de aplicarlos dentro de todos los programas de fitomejoramiento; además sus resultados básicos requieren plazo largo para que se puedan incorporar en programas convencionales de mejoramiento.

Dentro de estos métodos sobresalen la inducción de mutaciones y el cultivo de tejidos.

La inducción de mutaciones se realiza con el propósito de obtener cambios favorables en las características de la planta. En el caso de la yuca resulta interesante para cualidades que, como el contenido de almidón, presentan herencia cuantitativa, y cuya transmisión por medio de cruzamientos es relativamente difícil (Gómez C., 1971). Se han irradiado estacas, semillas y granos de polen con el fin de incrementar la variabilidad genética en el cultivo; al incrementar la dosis de radiación, Pereira et al. (1980) obtuvieron un aumento en la relación de mutación. Byrne (1984) mencionó que la mayoría de los mutantes no se usan agronómicamente y que algunos genotipos irradiados presentan diferente coloración de la corteza.

El cultivo de tejidos es un proceso o técnica para cultivar in vitro una parte de la planta (una célula, un grupo de células o un órgano), para dar origen a una planta o a un callo que posteriormente pueda regenerar una plántula (Méndez et al., 1980). Esta técnica tiene actualmente mucha importancia para la multiplicación masiva de nuevas variedades obtenidas por los programas de hibridación, para el intercambio de germoplasma que requiere cuarentena, y para la conservación de germoplasma (Bandel, 1983). Hasta ahora, los sistemas in vitro se han utilizado poco para generar nueva variación genética en la yuca, o para aplicar la selección.

## **Observaciones Generales**

- La yuca ha recibido poca atención de parte de los fitomejoradores.
- La gran variabilidad genética que existe en la yuca no ha sido bien explorada.
- Una de las técnicas más apropiadas para la recombinación genética en la yuca es el policruzamiento.
- Los métodos de mejoramiento más utilizados en la yuca han sido la selección clonal y los cruzamientos dirigidos.

Recientemente se ha utilizado el policruzamiento para la obtención de progenies y su evaluación.

- La principal dificultad para adoptar algunos de los diseños clásicos de recombinación en el caso de la yuca está en función del número de semillas obtenidas de los cruzamientos.
- Los métodos de mejoramiento de poblaciones más indicados son la selección entre y dentro de medios hermanos y la selección recurrente.

## Bibliografía

- Abraham, A. 1957. Breeding of tuber crops in India. *Indian J. Genet. Pl. Breed.* 17:212-217.
- Acosta E., J. 1978a. Estudios preliminares sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Yucatán. Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Mano, Saltillo, Coahuila, México. 147 p.
- . 1978b. Yuca. En: Cervantes Santana, T. (ed.). Recursos genéticos disponibles en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, Chapingo, México. p. 139-143.
- . 1983. Eficiência de policruzamentos para recombinação gênica e estimação de parâmetros genéticos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis (M.S.), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 79 p.
- . 1984. Variabilidade e associações genéticas entre caracteres de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) combinando policruzamentos e propagação vegetativa. Tesis (Ph.D.), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 118 p.
- ; Vello, N. A.; Martins, S. P.; Lorenzi, J. O. y Normanha, E. S. 1982. Síntese de uma população melhorada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Relatório Científico do Departamento de Genética no. 16. Univ. de São Paulo, Brasil.
- Allard, R. W. 1960. Principios de melhoramento genético das plantas. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil. 381 p.
- Almeida, F. C. G.; Nunes, R. de P. y Nunes, F. E. C. 1976. Produção de raízes de mandioca (*Manihot utilissima* Pohl) em regime de suplementação hídrica e suas relações com produção de ramas. *Ciência Agrônômica* 6(1/2):31-34.

- Bandel, G. 1983. Cultura de tecidos em mandioca. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil.
- Barriga, R. H. M. P. 1980. Caracterização de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com relação a produção e estabilidade. Tesis (M.S.), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 129 p.
- Biradar, R. S.; Rajendran, P. G. y Hrish, N. 1978. Genetic variability and correlation studies in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of Root Crops 4(1):7-10.
- Bolhuis, G. G. 1953. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of proteins in the roots. Euphytica 2:107-112.
- Byrne, D. 1984. Breeding cassava. En: Janick, J. (ed.). Plant breeding reviews. AVI Publishing, Westport, Connecticut. v. 2, p. 73-134.
- Chandraratna, M. F. y Nanayakkara, K. D. S. S. 1948. Studies in cassava; 2: The production of hybrids. Tropical Agriculturist 104:59-74.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. Informe anual. Cali, Colombia. p. 58-118.
- . 1975. Informe anual. Cali, Colombia. p. B1-B63.
- . 1980. Cassava program. En: Annual report. Cali, Colombia. p. 19-26.
- . 1982. Informe anual. Cali, Colombia. p. 119-144
- . 1983. Informe anual. Cali, Colombia. p. 401-432.
- Contreras G., J. 1963. Observación de las colecciones de yuca en la región tropical de Veracruz; proceedings of the Caribbean region. American Society for Horticultural Science 7:60-64.
- Dantas, J. L. L. 1984. Potencialidade de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para programas de seleção no recôncavo Baiano. Tesis (M.S.), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 105 p.
- da Conceição, A. J. 1979. A mandioca. Universidad Federal de Bahia, Escuela de Agronomía, Cruz das Almas, Brasil. 382 p.
- de Albuquerque, M. 1969. A mandioca na Amazônia. Superintendência do Desenvolvimento da Amazonia (SUDAM), Belém, Pará, Brasil. 277 p.
- de Paula, J. E. 1976. Comportamento de variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en Viçosa, Minas Gerais. Tesis (M.S.), Universidad Federal de Viçosa, Brasil. 31 p.



- Estevao, E. et al. 1972. Produção de raízes e ramas e relação entre caracteres da parte aérea e produção de raízes em variedades de mandioca. *Revista Ceres (Viçosa, Brasil)* 19(105):311-327.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1985. Production yearbook. FAO Statistics Series no. 49. 36:127-128.
- Fukuda, W. M. G. 1979. Produção e seleção preliminar de novos híbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Congresso Brasileiro de Mandioca. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Cruz das Almas, Brasil. p. 535-545.
- et al. 1983. Avaliação de clones de mandioca no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. *Revista Brasileira de Mandioca* 2:1-7.
- Gardner, C. O. 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. *Crop. Sci.* 1:124-125.
- Gómez C., P. L. 1971. Mejoramiento de la yuca (*Manihot esculenta*) en Colombia. Universidad del Valle-Instituto Colombiano Agropecuario, Cali, Colombia. 4 p.
- Graner, E. A. 1935. Chimera cromosomica na mandioca. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 10 p.
- . 1942a. Genética de *Manihot*; 1: Hereditariedade da forma da folha e da coloração da película externa das raízes em *Manihot utilisissima* Pohl. *Bragantia* 2(1):13-22.
- . 1942b. Notas sobre florescimento e frutificação da mandioca. *Bragantia* 2(1):1-12.
- . 1942c. Tratamento de mandioca pela colchicina; 2: Formas poliplóides obtidas. *Bragantia* 2(2):23-54.
- . 1946. Tratamento de mandioca pela colchicina; 3: Análise comparativa entre clones diplóides e tetraplóides. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* 3:99-140.
- Gulick, P.; Hershey, C. y Esquimas A., J. 1983. Genetic resources of cassava and wild relatives. International Board for Plant Genetic Resources, Roma. 56 p.
- Hahn, S. K. 1979. Breeding of cassava for resistance to cassava mosaic disease (CMD) and bacterial blight (CBB) in Africa. En: Maraite, H. y Meyer, J. A. (eds.). *International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops*, Louvain-la-Neuve, Bélgica, 1978. *Memorias. Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.* p. 211-219.

- ; Howland, A. K. y Terry, E. R. 1973. Cassava breeding at IITA. Ibadán, Nigeria. Documento presentado al Tercer Simposio Internacional de Cultivos de Raíces Tropicales, Ibadan, Nigeria, 1973. 46 p.
- ; ——— y ———. 1977. Cassava breeding at IITA. En: Leakey, C. L. A. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 3, Ibadan, Nigeria. 1973. Memorias. International Society for Tropical Root Crops. Ibadán. p. 4-10.
- ; ——— y ———. 1980. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases in Nigeria. *Euphytica* 29(2):305-311.
- y Terry, E. 1973. Cassava breeding at IITA. En: Domínguez, C. E. (ed.). Yuca; investigación, producción y utilización. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)/Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- ; ———; Leuschner, K.; Akobundu, I. O.; Okal, C. y Lal, R. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops Research* 2:193-226.
- ; ———; ——— y Singh, T. P. 1980. Cassava improvement strategies for resistance to major economic diseases and pests in Africa; research strategies for the 1980's. En: Terry, E. R.; Oduro, K. A. y Caveness, F. (eds.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Ibadan, Nigeria, 1980. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 25-26.
- Hershey, C. y Amaya, A. 1982. Genética, citogenética, estructura y técnica de hibridación de la yuca. En: Domínguez, C. E. (ed.). Yuca; investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 113-126.
- Holguín M., F.; Urias L., M. A.; Acosta E., J.; González L., V. W.; Ibarra L., F. A.; Méndez R., A.; Ochoa C., F.; Pastrana A., L.; Ruiz B., P. y Villalobos P., J. 1981. Sabanera y costefia dos nuevas variedades de yuca para el trópico húmedo de México. Folleto técnico no. 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 9 p.
- Hull, F. H. 1952. Recurrent selection and overdominance. En: Gowern, J. W. Heterosis. Iowa State Univ. Press. p. 451-473.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1983. Genetic improvement. IITA annual report. Ibadán, Nigeria. p. 91-94.
- Jennings, D. L. 1959. *Manihot melanobasis* Müll, Arg.; a useful parent for cassava breeding. *Euphytica* 8:157-162.
- . 1970. Cassava in Africa. *Field Crops Abstracts* 23(3):271-278.
- Jos, J. S. y Hrishi, N. 1976. Inheritance of leaf shape in cassava. *Journal of Root Crops* 2(2):10-12.

- ; Nair, R. G. y Maini, S. B. 1972. Quality improvement in cassava through autotetraploidy. *Sabrao Newsletter* 4(2):117-118.
- Kawano, K. 1980. Cassava. En: Fehr, W. R. y Hodley, H. (eds.). *Hybridization of crop plants*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p. 225-233.
- . 1982. Mejoramiento genético de yuca para productividad. En: Domínguez, C. E. (ed.). *Yuca; investigación, producción y utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 91-112.
- ; Amaya, A.; Daza, P. y Ríos, M. 1978. Factors effecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Science* 18(3):373-376.
- Mattos, P. L. P.; Sampaio, J. M. M. y Correa C., R. 1980. Competição de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no município de Santa Terezinha, Bahia. Comunicado técnico no. 12. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Brasil. 6 p.
- Méndez, C. T. 1940. Contribuição para o estudo da mandioca. Secretaria de Agricultura e Comercio do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. 88 p.
- Méndez, R. A. et al. 1980. Cultura de tecidos em plantas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA/CNPMPF), Cruz das Almas. 13 p.
- Montoya, L. A. et al. 1969. Ensayo preliminar sobre problemas en la clasificación de las variedades de yuca, *Manihot utilissima*. *Agricultura Técnica en México* 2(10):457-463.
- Normanha, E. S. 1971. O trabalho de melhoramento de mandioca no Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo. *O Agrônômico* 23:91-100.
- y Pereira, A. S. 1964. Cultura da mandioca. Boletín 124. Instituto Agrônômico, Campinas, Brasil. 29 p.
- Olesen, K. 1976. A completely balanced polycross design. *Euphytica* 25:485-488.
- y Olesen, O. S. 1973. A polucross pattern formula. *Euphytica* 22:500-502.
- Paterniani, E. 1969. Melhoramento de populações de milho. *Ciência e Cultura (São Paulo)* 21(1):3-10.
- . 1980. Factores que afetam a eficiência da seleção nas plantas. IV Cong. Latinoam. *Genética*. 2:37-43.
- y Miranda, Filho, J. B. 1978. Melhoramento de populações; melhoramento e produção do milho no Brasil. *Fundação Cargill* 4:202-256.

- Pereira, A. S.; Ando, A.; Nomanha, E. S.; Silva, J. R.; Lorenzi, J. O. y Monteiro, D. A. 1980. Tentativa para induzir mutação na cor do feloderma das raízes de mandioca pela irradiação de sementes. *Bragantia* 39:167-169.
- y Lorenzi, J. O. 1975. Resultados obtenidos com a pesquisa de melhoramento e seleção de variedades. En: *Inventario de tecnologia em mandioca*. Campinas. 30 p.
- ; ———; Normanha, E. S. y Silva, J. R. 1978. Fecundação cruzada no cultivar de mandioca Branca de Santa Catarina. *Bragantia* 37:45-46.
- Ramalho, M. A. P. y Pereira, P. A. 1979. Genética e melhoramento da mandioca. *Informe Agropecuário* 5(59/60):37-40.
- Roca, W. M. 1980. Cultivo de tejidos en yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 16 p.
- Rodríguez, N. A. 1983. El cultivo de la yuca en Cuba durante la última década. En: Toro, J. C. (ed.). *Evaluación de variedades promisorias de yuca en América Latina y el Caribe*. Memorias de un taller de trabajo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 1-12.
- Rogers, D. J. y Appan, S. G. 1973. *Manihot* and *manihotoides* (Euphorbiaceae); a computer-assisted study. Monografía no. 13. Organization for Flora Neotropica. 278 p.
- Silva, S. de O. C. 1977. Capacidade de produção e características de raízes e ramas de 60 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis (M.S.), Universidad Federal de Viçosa, Viçosa, M. G., Brasil. 47 p.
- et al. 1983. Estudo do comportamento de cultivares de mandioca no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. *Revista Brasileira de Mandioca* (Cruz das Almas) 2:9-16.
- Tineo, J. R. 1977. Selección masal de yuca. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia* (Venezuela) 4(1):23-29.
- Toledo, A. P. 1963. Anatomía e desenvolvimento ontogenético da flor de mandioca. *Bragantia* 22(37):465-476.
- Umanah, E. E. y Hartmann, C. R. W. 1973. Chromosome numbers and karyotypes of some *Manihot* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98(3):272-274.
- Vello, N. A. 1977. Seleção dentro de progenies e recombinação por policruzamentos em couve-brócolos ramosa (*Brassica oleracea*. L. var. *italica* Pleck). Tesis (Ph.D.), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo. 88 p.

Viegas, A. P. 1976. Estudos sobre a mandioca. Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. 214 p.

Wright, C. E. 1965. Field plants for a systematically designed polycross. Record of Agricultural Research 14:31-41..



# ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GENETICOS EN LA YUCA

*Alvaro Bueno\**

## Introducción

La meta del fitomejorador es producir cultivares de alguna manera superiores a los materiales comerciales; para alcanzar este propósito debe buscar la producción de genotipos con una combinación superior de genes.

La genética clásica ha permitido a los investigadores la comprensión científica de la segregación, el ligamiento y la recombinación, los cuales constituyen la base física de todos los planes de fitomejoramiento; sin embargo, mediante la genética cuantitativa, sus principios se extienden también a la variación continua (Sprague, 1966).

Es muy importante que el investigador disponga de información estadística sobre la variación existente en la población que va a mejorar. No solamente debe saber qué parte de la variabilidad total en las plantas se debe a efectos genéticos, sino que también debe conocer la naturaleza de esta variabilidad y conocer la magnitud de la interacción genotipo x medio ambiente; también debe comprender las relaciones entre los varios caracteres, las cuales son importantes para el desarrollo de un nuevo cultivar (Gardner, 1963).

---

\* Fitomejorador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA/CNPMPF), Caixa Postal 007, 44.380 Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

## **Parámetros Genéticos Adecuados para el Mejoramiento de Plantas**

Los componentes de la variación obtenidos de datos inadecuados pueden conducir a estimaciones erróneas de la varianza genética.

Cuando las estimaciones se basan en datos recolectados en un solo medio ambiente, la varianza genética contiene también varianza correspondiente a la interacción genotipo x medio ambiente, y si esta interacción es significativa, las estimaciones no serán confiables (Johnson et al., 1955). Por lo tanto, las poblaciones genéticas y las ambientales se deben definir claramente en cualquier estudio para la estimación de parámetros genéticos. En general, mientras más diverso sea el medio ambiente menor será el valor de la varianza genética, ya que así se eliminará una gran parte de la interacción genotipo x medio ambiente (Dudley y Moll, 1969).

Las variaciones entre los genotipos se deben a efectos genéticos aditivos y no aditivos. Puesto que los fitomejoradores hacen sus apreciaciones sobre los fenotipos, se necesitan estimaciones confiables de las varianzas genética y fenotípica (Robinson et al., 1951).

Los parámetros más importantes de calcular en un estudio genético son: a) la varianza genética aditiva, que resulta del efecto promedio de los genes en todos los loci segregantes; b) la varianza de dominancia, que resulta de la interacción intralélica de los genes en todos los loci segregantes; c) la varianza epistática, que resulta de la interacción entre alelos de los genes en dos o más loci segregantes; d) el grado promedio de la dominancia, o sea la relación entre la varianza debida a la dominancia y la varianza aditiva; e) la interacción genotipo x medio ambiente; y f) las correlaciones genotípicas entre los caracteres (Gardner, 1963).

Los más importantes entre varios parámetros de interés son aquéllos que especifican la cantidad y la clase de la variación genética disponible para la selección (Cuadro 1). Se puede observar que la varianza producida por los efectos promedios del



Cuadro 1. Utilidad de diferentes clases de variabilidad genética.

	Tipo de selección practicada			
	Entre clones	Entre líneas homocigotas	Entre cruzamientos de líneas no consanguíneas	Dentro de poblaciones segregantes
$\sigma^2_A$	Todas	Todas	Todas	Todas
$\sigma^2_{AA}$ ; $\sigma^2_{AAA}$ ; etc	Todas	Todas	Parte	Parte
$\sigma^2_D$ ; $\sigma^2_{DD}$ ; $\sigma^2_{DA}$	Todas	—	Parte	Ninguna
$\sigma^2_{G \times E}$	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

FUENTE: Dickerson (1963).

gen (varianza aditiva) contribuye decididamente a la selección, sin importar el método aplicado; la interacción entre el efecto promedio de los genes no alélicos, por su parte, contribuye definitivamente a una respuesta de selección entre clones reproducidos asexualmente, entre líneas homocigotas y entre cruzamientos de líneas homocigotas.

Las variaciones genéticas debidas a la dominancia y a las interacciones no alélicas que implican dominancia se comportan en forma similar en su respuesta para la selección; tales variaciones se utilizan totalmente en la selección entre clones reproducidos en forma asexual o entre cruzamientos  $F_1$  de líneas homocigotas, pero son enteramente inexistentes dentro de las mismas líneas homocigotas.

### La varianza

La genética de una característica mensurable se centra en el estudio de su variación; la cantidad de variación se mide y expresa como varianza. La varianza fenotípica total se reparte en genotípica y ambiental (Dickerson, 1963).

En relación con esta distribución de la varianza en componentes genotípicos y ambientales se presentan tres complicaciones: 1) la dependencia de la varianza ambiental con respecto al genotipo, o sea que genotipos diferentes pueden

mostrar magnitudes diferentes de varianza ambiental; 2) la correlación genotipo x medio ambiente, la cual se puede evitar mediante una apropiada aleatorización; 3) la interacción genotipo x medio ambiente, que da lugar a un componente adicional de varianza (Falconer, 1960).

La varianza genotípica se puede expresar así:

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

$V_A$  = varianza genética aditiva

$V_D$  = varianza de la dominancia

$V_I$  = varianza de epistasis

La varianza aditiva es la varianza de los valores de fitomejoramiento; es la principal causa de semejanza entre los parientes y, por consiguiente, la principal causa de respuesta para la selección.

La varianza aditiva es una propiedad de los genes, pero la dominancia y la epistasis son una propiedad del genotipo. Ya que las plantas transmiten a futuras generaciones sus genes y no sus genotipos, la varianza aditiva es la más importante para los fitomejoradores, y las mediciones del grado de semejanza entre parientes se usan principalmente para estimar la cantidad proporcional de la varianza genética aditiva. El grado de semejanza se expresa como un coeficiente de regresión o de correlación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Semejanza fenotípica entre parientes.

Parientes	Covarianza	Regresión (b) o correlación (r)
Descendiente y un progenitor	$(1/2)V_A$	$b = (1/2) \frac{V_A}{V_P}$
Descendiente y promedio de progenitores	$(1/2) V_A$	$b = V_A / V_P$
Hermanos medios	$(1/4)V_A$	$r = (1/4)V_A / V_P$
Hermanos completos	$(1/2)V_A + (1/4)V_D + V_{Ec}$	$r = \frac{(1/2)V_A + (1/4)V_D + V_{Ec}}{V_P}$

FUENTE: Falconer, 1960.

**Estimación de varianzas genéticas.** El desarrollo de un programa efectivo de fitomejoramiento depende de la existencia de variabilidad genética. La variabilidad aparente, el único criterio de variabilidad disponible anteriormente era inadecuado, ya que se confundían la variabilidad genética y la ambiental; ahora se dispone de métodos para una separación de varianzas, los cuales suministran información sobre la presencia o ausencia de variabilidad genética y además proveen información sobre los tipos de acción génica involucrados (Sprague, 1966).

Cualquier modelo estadístico desarrollado para el cálculo de la varianza genética requiere una serie de supuestos biológicos, los cuales varían un poco con el modelo; los más comunes son: comportamiento diploide normal a la meiosis, ausencia de efectos maternos, ausencia de alelos múltiples, equilibrio en el ligamiento, ninguna selección y ninguna epistasis (Sprague, 1966). Los diseños más comunes (Cuadro 3) son: el diseño de un factor (Cockerham, 1963); diseño de nido (o Diseño I), diseño factorial (o Diseño II) y Diseño III (Comstock y Robinson,

**Cuadro 3.** Interpretación genética de las estimaciones de los componentes de la varianza en los diversos diseños de apareamiento.

Diseño	Componentes de la varianza	Equivalente genético	
Diseño general	$\sigma_g^2$	$\sigma_A^2 + \sigma_D^2$ $1/4 \sigma_A^2$	para progenitores para progenies de policruzamientos
Diseños I y III	$\sigma_m^2$	$1/4 \sigma_A^2$	
Diseño I	$\sigma_{f/m}^2$	$1/4 \sigma_A^2 + 1/4 \sigma_D^2$	
Diseño III	$\sigma_{fp}^2$	$\sigma_D^2$	
Dialélico	$\sigma_g^2$		
Diseño II	$\sigma_m^2$	$\frac{1 + F}{2} \sigma_A^2$	F = coeficiente de consanguinidad
Dialélico	$\sigma_s^2$		
Diseño II	$\sigma_{mf}^2$	$\frac{(1 + F)^2}{2} \sigma_D^2$	

FUENTE: Gardner, 1963.

1948); y diseños dialélicos (Johnson, 1963). Aunque los diseños no se describen aquí en detalle, la literatura disponible informa ampliamente sobre todos ellos.

Hay otros diseños de apareamiento apropiados para la estimación de efectos genéticos y varianzas; entre ellos están el análisis del promedio de generaciones (Darrah y Hallauer, 1972) y el análisis genético con líneas isogénicas (Fasoulas y Allard, 1962), dos métodos que suministran estimaciones de efectos epistáticos, pero que no se discutirán aquí.

### **La heredabilidad**

El concepto de heredabilidad se originó como un intento para describir si las diferencias entre fenotipos surgieron de diferencias genéticas o de fuerzas ambientales.

Al expresar la confiabilidad del valor fenotípico, la heredabilidad sirve como una guía para predecir el valor del mejoramiento. Sólo los valores fenotípicos de los individuos son susceptibles de medirse directamente, pero el valor genético es el que determina la influencia de tales valores en la generación siguiente. La heredabilidad mide el grado de correspondencia entre los valores genéticos y los valores fenotípicos (Falconer, 1960).

El concepto es sencillo, pero cuando se aplica a situaciones de mejoramiento surgen discrepancias; un ejemplo de esto es el hecho de que la naturaleza de la variabilidad genética definida, las unidades experimentales consideradas y la población de inferencia supuesta pueden afectar la estimación de heredabilidad que se haga para un carácter.

El tamaño de la unidad experimental, la densidad de la población de plantas dentro de la parcela y el número de repeticiones influyen sobre la heredabilidad. Es obvio, entonces, que las estimaciones deben ser tratadas con cuidado, y que la utilidad de las comparaciones de los cálculos hechas bajo diferentes condiciones sea dudosa (Robinson, 1963).

De acuerdo con Frey y Horner (1955) las estimaciones de la heredabilidad que se basan en datos recolectados en un solo ambiente serán sesgadas hacia arriba, debido al efecto de la interacción genotipo x ambiente. Por lo tanto, aunque para estimar la heredabilidad se necesite solamente un ambiente, ella debe obtenerse de varios ambientes (Dudley y Moll, 1969).

En un sentido amplio de la heredabilidad, el genotipo se considera como una unidad en relación con el ambiente. Sin embargo, los genes segregan y se mezclan en nuevas combinaciones para mostrar interacciones intralélicas e interalélicas que se transmiten solamente en parte. Así, en el sentido amplio, la heredabilidad considera la variabilidad genética total, mientras que en sentido estricto considera sólo la porción aditiva de la variabilidad genética en relación con la variabilidad fenotípica (Hanson, 1963).

Con el material clonal, la heredabilidad se puede usar en el sentido amplio para estimar el mejoramiento que se espera obtener con la selección. La razón de esto es que las plantas se reproducen vegetativamente y por consiguiente no sólo interesa la parte aditiva sino también la variabilidad genética total. Si se van a seleccionar clones para cruzamientos con el propósito de establecer nuevas líneas, la heredabilidad en el sentido estricto seguirá siendo necesaria (Dudley y Moll, 1969).

Al utilizar el término heredabilidad es importante especificar claramente, en todos los casos, la naturaleza del carácter, la unidad de medida, y la naturaleza de la población total, incluyendo el ambiente (Hanson, 1963).

**Estimación de la heredabilidad.** Existen dos formas básicas para estimar la heredabilidad: la estimación basada en la regresión (Falconer, 1960; Frey y Horner, 1957), y la estimación basada en los componentes de la varianza (Frey y Horner, 1955).

La precisión de los cálculos depende de la varianza del muestreo; mientras más baja sea la varianza del muestreo más alta es la precisión (Falconer, 1960).

En la técnica de regresión, las estimaciones basadas en el promedio de los progenitores tienen una varianza de muestreo

considerablemente menor que las estimaciones basadas en un progenitor (Falconer, 1960).

La varianza genotípica entre plantas  $F_2$  incluye la varianza de dominancia; por lo tanto, los estimados basados en plantas  $F_2$  estarán sesgados por los efectos de la dominancia. En las generaciones posteriores el problema será minimizado porque la varianza de dominancia se volverá menos importante.

Las estimaciones de la heredabilidad dependen del carácter estudiado y del tipo de cruzamiento hecho. Consecuentemente, para una estimación confiable de la heredabilidad de un carácter dado se debe hacer una buena muestra de los cruzamientos.

La varianza genética presente en la población de referencia afectará el cálculo de la heredabilidad, porque las varianzas genética y ambiental son independientes; por lo tanto, a medida que la varianza genética aumenta, el estimado de la heredabilidad también lo hace.

Para muchas especies el rendimiento de plantas individualmente espaciadas es difícil de interpretar, ya que la medida que interesa es la totalidad de la expresión de los individuos que compiten dentro del ambiente (parcela). Las estimaciones de las varianzas genéticas basadas en la variabilidad individual de la planta no son confiables para especies donde se presenta competencia fuerte entre plantas.

### **Caracteres correlacionados**

De acuerdo con Falconer (1960), los caracteres correlacionados son interesantes desde tres puntos de vista: 1) en relación con los efectos genéticos de la acción pleiotrópica de los genes; 2) en relación con los cambios originados en la selección artificial, siendo éste el factor más importante para los fitomejoradores; 3) en relación con la selección natural, porque la relación entre un carácter y la adaptabilidad es lo que determina las propiedades genéticas de tal carácter.

En los estudios de genética es necesario distinguir entre dos causas de correlación: la genética y la ambiental. La causa

genética es principalmente la pleiotropía; algunos genes pueden aumentar la expresión de los dos caracteres, mientras que otros aumentan uno y reducen el otro. El ambiente es una causa de correlación, porque dos caracteres pueden ser afectados por las mismas diferencias de condiciones ambientales.

Las estimaciones de las correlaciones genéticas usualmente están sujetas a errores de muestreo bastante grandes y por lo tanto raras veces son precisas.

## **Estimación de los Componentes de la Varianza en la Yuca**

Correa y Ramalho (1982) evaluaron 36 clones de yuca durante dos años en Minas Gerais, Brasil. Ellos obtuvieron estimaciones de la varianza genética total y de la varianza fenotípica para el rendimiento de raíces y de la parte aérea (Cuadro 4), a partir de los componentes de varianza del ANVA; se observó que la proporción de la varianza genética con respecto a la varianza total fenotípica fue similar para los dos caracteres.

**Cuadro 4.** Estimaciones de las varianzas genética y fenotípica para 36 clones evaluados durante dos años en Minas Gerais, Brasil.

Caracteres	Varianza genética total	Varianza fenotípica
Rendimiento raíz	0.34	0.71
Rendimiento parte aérea	0.24	0.51

FUENTE: Correa y Ramalho (1982).

Durante la selección clonal realizada en cuatro años en Bahía, Brasil, Bueno (1985) obtuvo estimaciones de las varianzas genética y no genética para algunos caracteres agronómicos. Las estimaciones para la varianza genética total obtenida en solamente un año fueron mayores que las varianzas no genéticas; la varianza de la interacción cultivar x fertilizante contribuyó menos para la varianza fenotípica total (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estimaciones de la media ( $\bar{X}$ ), la varianza genética total ( $V_g$ ), la varianza ambiental ( $V_e$ ) y la varianza de la interacción cultivar x fertilizante ( $V_{ng}$ ) para cuatro caracteres, obtenidas de la evaluación de 148 cultivares de yuca en Cruz das Almas, Bahía, en 1980-1981.

Caracteres	$\bar{X}$	$V_g$	$V_e$	$V_{ng}$
Rendimiento raíz (t/ha)	22.3	37.7	12.8	2.7
Rendimiento parte aérea (t/ha)	18.1	24.3	6.6	1.5
Índice de cosecha (%)	54.3	75.1	15.9	5.6
Contenido de almidón (%)	28.2	5.3	0.9	0.4

FUENTE: Bueno, 1985.

El análisis combinado de la varianza mostró que la varianza genética total para el rendimiento de las raíces era mucho menor que la suma de las varianzas no genéticas. El rendimiento de la parte aérea tuvo un comportamiento similar, pero la proporción de la varianza genética con respecto a la varianza fenotípica fue un poco mayor. Para el índice de cosecha y el contenido de almidón las varianzas genéticas fueron mayores que las no genéticas, porque para estos caracteres el efecto de la interacción año x cultivar no fue significativo (Cuadro 6).

Estos resultados indican claramente que las estimaciones de las varianzas genéticas para el rendimiento de la raíz y de la parte aérea basadas en un ambiente solamente tuvieron un sesgo hacia arriba, debido a la magnitud de la interacción año x cultivar.

Cuadro 6. Estimaciones de la media ( $\bar{X}$ ), la varianza genética total ( $V_g$ ), la varianza ambiental ( $V_e$ ) y la varianza de la interacción año x cultivar ( $V_{yc}$ ) para algunos caracteres obtenidos de la evaluación de 14 cultivares en cuatro años consecutivos en Cruz das Almas, Bahía, en 1980-1981.

Caracteres	$\bar{X}$	$V_g$	$V_e$	$V_{yc}$
Rendimiento de la raíz (t/ha)	21.6	1.9	5.7	6.4
Rendimiento parte aérea (t/ha)	16.0	5.0	4.3	7.5
Índice de cosecha (%)	57.2	29.5	8.2	7.8
Contenido de almidón (%)	27.9	5.7	0.4	1.7

FUENTE: Bueno, 1985.



En São Paulo, Brasil, Acosta-Espinosa (1983) utilizó campos de cruzamiento aislados para inter cruzar nueve progenitores mediante la técnica de policruzamiento; las polinizaciones se realizaron por medio de insectos. Solamente se produjeron ocho progenies policruzadas porque un progenitor no produjo flores femeninas, aunque contribuyó con granos de polen; la semilla de cada progenitor hembra se recogió separadamente. Por lo tanto, las familias de hermanos medios se relacionaron mediante el progenitor femenino. Los progenitores y progenies se evaluaron en un experimento de bloques completos al azar, con 10 repeticiones y una densidad de 3333 plantas/ha.

La varianza expresada entre las familias de hermanos medios se estimó como la cuarta parte de la varianza aditiva. El resto de la varianza genética se expresó entre plantas dentro de las familias de hermanos medios. Se supuso que la varianza entre plantas dentro de los progenitores era de origen ambiental. Los resultados se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Estimaciones de las varianzas aditiva y de dominancia obtenidas de progenies de policruzamientos en São Paulo, Brasil.

Caracteres	Varianza aditiva	Varianza de dominancia
Número de raíces/planta	0.000 ± 0.021	-0.033 ± 0.049
Rendimiento de raíces frescas	0.544 ± 2.840	-0.925 ± 5.059
Índice de cosecha	0.011 ± 0.006	-0.003 ± 0.005

FUENTE: Acosta-Espinosa, 1983.

Se presentaron errores muy grandes asociados con las estimaciones de la varianza aditiva para el número de raíces/planta y para el rendimiento de las raíces. El índice de cosecha, por otra parte, mostró un error pequeño asociado con el cálculo de su varianza aditiva. Para todos los caracteres se obtuvieron valores negativos para la varianza de dominancia; la mejor estimación para estas varianzas es cero.

Debido a que los progenitores de este experimento provenían de estacas caulinares mientras que las progenies se originaron de

semillas verdaderas, la diferencia en los sistemas de raíces pudo haber contribuido a la inconsistencia en los resultados.

De todas las plantas del experimento anterior se obtuvieron estacas para establecer un segundo experimento al año siguiente. Las condiciones experimentales fueron similares a las del primer año, salvo que en todos los tratamientos el sistema de reproducción fue vegetativo (Acosta-Espinosa, 1984). Los resultados presentados en el Cuadro 8 muestran que las desviaciones estándar asociadas con la varianza aditiva fueron generalmente altas, pero mucho menores que en el año anterior.

Cuadro 8. Estimación de las varianzas genéticas y ambientales de familias de hermanos medios, en São Paulo, Brasil.

Caracteres	Varianza ambiental	Varianza aditiva	Varianza de dominancia
Peso parte aérea	3.980 ± 0.237	2.384 ± 1.203	0.555 ± 1.101
Índice de cosecha	0.005 ± 0.001	0.007 ± 0.004	0.000 ± 0.000
Número de raíces/planta	0.262 ± 0.015	0.131 ± 0.069	0.123 ± 0.062
Rendimiento de raíces frescas	5.263 ± 0.314	1.178 ± 0.668	2.383 ± 0.789

FUENTE: Acosta-Espinosa, 1984.

La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia para el peso de la parte aérea, pero menor para el rendimiento de la raíz fresca. Los dos tipos de varianzas genéticas tuvieron un valor similar para el número de raíces por planta. Para el índice de cosecha, el cálculo de la varianza de dominancia fue cero.

La varianza ambiental fue considerablemente mayor que las varianzas aditiva o de dominancia para los rendimientos de la parte aérea y de las raíces frescas, y para el número de raíces/planta, pero tuvo un valor similar a la varianza aditiva del índice de cosecha.

Las estimaciones del segundo año parecen ser más reales que las obtenidas el año precedente; con base en ellas, los efectos de la dominancia parecen desempeñar un papel importante en la

definición de la varianza genética total para el rendimiento en raíces frescas.

Los estimados genéticos obtenidos en ambos experimentos pueden haber sido afectados por los efectos maternos y de la interacción genotipo x medio ambiente.

En un diseño dialélico de seis progenitores, Hahn et al. (1979) observaron que la varianza genética aditiva fue la que más contribuyó a la varianza genética total; aunque se observaron algunos efectos no aditivos significativos en varios caracteres, ello no ocurrió en cuanto a la resistencia al mosaico de la yuca (CMD) ni al rendimiento de raíces frescas.

## Estimaciones de la Heredabilidad Obtenida en Yuca

En el Cuadro 9 se presentan los estimados de la heredabilidad en el sentido amplio y en el sentido estricto para el rendimiento de la raíz. Estos datos se calcularon con base en diferentes genotipos, ambientes y métodos de estimación, y por lo tanto no deben compararse entre sí; sin embargo, es claro que los valores de los estimados en el sentido estricto fueron generalmente más

Cuadro 9. Cálculos de heredabilidad para el rendimiento de raíces frescas, según diferentes fuentes.

Valor o rango	Sentido	Método de estimación	Fuente
0.08-0.40	Estricto	Regresión	CIAT (1974 y 1975)
0.40	Estricto	Regresión	Kawano (1978)
0.02	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1983)
0.13	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
0.79-0.94	Amplio	Varianza	Kawano et al. (1978)
0.76	Amplio	Varianza	Biradar et al. (1978)
0.47-0.74	Amplio	Varianza	Kawano et al. (1982)
0.48	Amplio	Varianza	Correa Ramalho (1982)
0.87	Amplio	Varianza	Tan (1984)
0.74	Amplio	Varianza	Dantas (1984)
0.20	Amplio	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
0.39-0.83	Amplio	Varianza	Bueno (1985)

pequeños que los obtenidos para la heredabilidad en el sentido amplio, y eso sugiere que los efectos genéticos no aditivos pueden desempeñar un papel importante en la determinación del rendimiento en raíces frescas de yuca.

Los valores obtenidos indican que la selección clonal basada en el rendimiento de la raíz, que se hace en parcelas de las que han eliminado los bordes, debe ser eficiente especialmente si se realiza en varios medios. Sin embargo, dentro de una población segregante la selección basada en el rendimiento de la raíz será probablemente menos eficiente a causa de los bajos valores estimados en el sentido estricto.

Las estimaciones de la heredabilidad para el rendimiento de raíces frescas indican que éste es un carácter hereditario complejo, probablemente controlado por un sistema poligénico con efectos aditivos y no aditivos que desempeñan papeles importantes.

En la mayoría de los cultivos los componentes del rendimiento son, en general, caracteres menos complejos que el rendimiento final y por lo tanto se deben esperar valores más altos para sus heredabilidades. En el caso de la yuca esto posiblemente no ocurre, ya que los estimados para el número de raíces y para su peso promedio (Cuadro 10) indican que estas características

Cuadro 10. Estimaciones de heredabilidad para número y peso promedio de raíces, según varias fuentes.

Carácter	Valor	Sentido	Método de estimación	Fuente
Número de raíces	0.00	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1983)
	0.26	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
	0.18	Amplio	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
	0.69	Amplio	Varianza	Biradar et al. (1978)
	0.81	Amplio	Varianza	Tan (1981)
	0.92	Amplio	Varianza	Tan (1984)
Peso promedio de raíces	0.40	Amplio	Varianza	Hahn et al. (1979)
	0.54	Amplio	Varianza	Biradar et al. (1978)

pueden ser tan complejas como el rendimiento final; nuevamente, los efectos no aditivos parecen influir en la expresión de los componentes del rendimiento de la raíz.

Las estimaciones de la heredabilidad en el sentido amplio y en el sentido estricto para el peso de la parte aérea y para el peso total de la planta no son tan discrepantes (Cuadro 11); esto indica que probablemente los efectos no aditivos no son tan importantes para la expresión de tales caracteres.

**Cuadro 11.** Estimaciones de la heredabilidad para tres caracteres de yuca según diferentes fuentes.

Carácter	Valor o rango	Sentido	Método de estimación	Fuente
Peso parte aérea	0.35	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
	0.37	Amplio	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
	0.47	Amplio	Varianza	Correa y Ramalho (1982)
	0.57-0.86	Amplio	Varianza	Bueno (1985)
	0.78-0.82	Amplio	Varianza	Dantas (1984)
Peso total planta	0.19-0.73	Estricto	Regresión	CIAT (1974 y 1975)
	0.51	Amplio	Varianza	Dantas (1984)
Altura planta	0.37	Amplio	Varianza	Biradar et al. (1978)
	0.86	Amplio	Varianza	Tan (1981)
	0.91	Amplio	Varianza	Tan (1984)

Para el índice de cosecha, los cálculos de la heredabilidad en el sentido estricto son tan altos como los valores para el sentido amplio (Cuadro 12). Esto indica que la expresión de dicho carácter está principalmente bajo control genético aditivo y que, por lo tanto, la selección de clones y de plántulas por el índice de cosecha debe ser eficiente. Es necesario destacar también que el índice de cosecha es una característica muy estable en relación con las diferencias ambientales (Bueno, 1985).

La heredabilidad para el contenido de materia seca de las raíces mostró valores altos en la mayoría de los estudios (Cuadro 13). La naturaleza altamente hereditaria de esta

Cuadro 12. Estimaciones de la heredabilidad para el índice de cosecha según varias fuentes.

Valor o rango	Sentido	Método de estimación	Fuente
0.68-0.72	Estricto	Regresión	CIAT (1974 y 1975)
0.68	Estricto	Regresión	Kawano (1978)
0.91	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1983)
0.58	Estricto	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
0.75	Amplio	Varianza	Tan (1981)
0.12-0.37	Amplio	Varianza	Kawano et al. (1982)
0.79	Amplio	Varianza	Biradar et al. (1978)
0.38	Amplio	Varianza	Acosta-Espinosa (1984)
0.89	Amplio	Varianza	Tan (1984)
0.88	Amplio	Varianza	Dantas (1984)
0.88	Amplio	Varianza	Bueno (1985)

Cuadro 13. Estimaciones de la heredabilidad en cuanto a contenido de materia seca de las raíces y deterioro poscosecha, según diferentes fuentes.

Caracteres	Valor o rango	Sentido	Método de estimación	Fuente
Materia seca raíz	0.62	Estricto	Regresión	Kawano (1978)
	0.51-0.67	Estricto	Regresión	Kawano et al. (1987)
	0.88-0.92	Amplio	Varianza	Bueno (1985)
	0.93	Amplio	Varianza	Dantas (1984)
	0.92	Amplio	Varianza	Tan (1984)
	0.93	Amplio	Varianza	Tan (1981)
	0.80	Amplio	Varianza	IITA (1981)
	0.87	Amplio	Varianza	Kawano et al. (1987)
Deterioro poscosecha	0.44-0.62	Estricto	Regresión	Kawano y Rojanaridphiched (1983)

característica es importante, ya que el rendimiento económico en la yuca depende mucho de la materia seca de la raíz. Además de su alta heredabilidad, esta característica es muy estable en los ambientes (Bueno, 1985).

Al evaluar el contenido de materia seca de las raíces en tres localidades en Colombia, Kawano et al. (1987) encontraron que la interacción entre clon y localidad fue más pequeña que la

varianza debida a los clones. El efecto clonal altamente significativo indica que el contenido de materia seca en las raíces es una característica relativamente estable y que la selección en una localidad sería considerablemente efectiva para otros ambientes. Sin embargo, la existencia de la interacción clon x localidad, a pesar de ser pequeña en magnitud, sugiere que la selección final tiene que hacerse en la región objetivo.

El Cuadro 14 indica las estimaciones de la heredabilidad de las resistencias a enfermedades y plagas. Los cálculos en el sentido estricto y en el sentido amplio no son tan discrepantes, lo que indica que la resistencia para estas enfermedades se controla principalmente mediante efectos aditivos. Sin embargo, Umemura y Kawano (1983) informaron que varios efectos genéticos no aditivos pueden estar implicados en la resistencia al CBB.

Cuadro 14. Estimaciones de la heredabilidad para diferentes caracteres de la yuca, según varias fuentes.

Caracteres	Valor o rango	Sentido	Método de estimación	Fuente
Resistencia a CBB	0.16-0.28	Estricto	Regresión	Hahn et al. (1980)
	0.63	Estricto	Regresión	Umemura y Kawano (1983)
	0.24-0.48	Amplio	Varianza	Hahn (1978)
	0.48	Amplio	Varianza	Hahn et al. (1980)
Resistencia a CMD	0.38-0.35	Estricto	Regresión	Hahn et al. (1980)
	0.44	Amplio	Varianza	Hahn et al. (1980)
	0.60	Amplio	Varianza	Hahn et al. (1977)
Resistencia al superalargamiento	0.79	Estricto	Regresión	Kawano et al. (1983)
Resistencia a los ácaros ( <i>Mononychellus</i> sp.)	0.78	Estricto	Regresión	CIAT (1981)

Las heredabilidades calculadas para CMD y CBB son relativamente altas a los tres meses de la siembra, lo que sugiere que es posible seleccionar la yuca por su resistencia a ambas enfermedades en las etapas iniciales del desarrollo de la planta, y que la eficiencia de la selección será alta (Hahn, 1979).

Hahn (1978) informó que el mecanismo genético de la resistencia al CBB parecía deberse principalmente a genes cuantitativos recesivos, con efectos aditivos.

La regresión del promedio de las evaluaciones del superalargamiento en poblaciones  $F_1$  sobre los valores promedio de los progenitores fue altamente significativa. Esto sugiere que la variación para la resistencia al superalargamiento se puede atribuir en gran medida a los efectos aditivos (Kawano et al., 1983).

## Caracteres Correlacionados en Yuca

Bueno (1985) calculó correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales para cuatro caracteres de yuca con base en la evaluación de 14 cultivares durante cuatro años en Bahía, Brasil. Los coeficientes se presentan en el Cuadro 15.

Las correlaciones genéticas y fenotípicas han mostrado una gran diferencia en el valor y el signo. Se debe insistir en que estos coeficientes se basaron en la evaluación de cultivares seleccionados, y son válidos sólo para ese grupo específico de genotipos.

Cuadro 15. Estimaciones de los coeficientes genético ( $r_g$ ), fenotípico ( $r_p$ ) y ambiental ( $r_e$ ) de la correlación entre cuatro caracteres de yuca en 14 cultivares evaluados durante cuatro años consecutivos en Cruz das Almas, Bahía, Brasil.

Caracteres	Coeficiente	Rendimiento parte aérea	Índice de cosecha	Contenido de almidón
Rendimiento raíz	$r_g$	-0.958	0.944	-0.615
	$r_p$	0.306	0.377	0.093
	$r_e$	0.523	0.330	0.155
Rendimiento parte aérea	$r_g$		-0.954	0.016
	$r_p$		-0.606	0.312
	$r_e$		-0.645	0.191
Índice de cosecha	$r_g$			-0.149
	$r_p$			-0.207
	$r_e$			-0.119

FUENTE: Bueno (1985).



El rendimiento de la raíz ha mostrado una muy definida correlación genética negativa con el rendimiento de la parte aérea y con el contenido de almidón, pero las correlaciones fenotípicas entre estos caracteres mostraron señales positivas, no obstante ser mucho más pequeñas en valor. Todas las correlaciones entre el rendimiento de la raíz y el índice de cosecha tuvieron signos positivos, con un valor más alto para la correlación genética. El rendimiento de la parte aérea presentó una correlación negativa con el índice de cosecha, y el valor más alto fue para la correlación genética.

Considerando que estos genotipos se originaron en un proceso de selección de etapas múltiples entre una gran cantidad de clones, y que este proceso se basó principalmente en el rendimiento de la raíz, se puede concluir que la selección por rendimiento de raíces debe considerar también el contenido de almidón de las mismas y la estructura de la planta. Sin embargo, es difícil encontrar en el germoplasma disponible genotipos que combinen todos estos caracteres en alta proporción.

Con base en la evaluación de familias de hermanos medios, Acosta-Espinosa (1984) obtuvo estimaciones de los coeficientes de correlación fenotípica, genética y ambiental entre caracteres importantes de la yuca. Los coeficientes se presentan en el Cuadro 16. En este estudio no hubo discrepancias en los valores y

Cuadro 16. Estimaciones de los coeficientes de correlación fenotípica ( $r_p$ ), genética ( $r_g$ ) y ambiental ( $r_e$ ) entre caracteres importantes de la yuca obtenida en la evaluación de familias de hermanos medios, en São Paulo, Brasil.

Caracteres	Coefficiente	Índice de cosecha	Número de raíces/planta	Peso raíz fresca
Peso parte aérea	$r_p$	-0.851	0.469	0.394
	$r_g$	-0.885	0.514	0.380
	$r_e$	-0.327	0.322	0.702
Índice de cosecha	$r_p$		-0.047	0.118
	$r_g$		-0.028	0.087
	$r_e$		0.146	0.316
Número de raíces/planta	$r_p$			0.807
	$r_g$			0.882
	$r_e$			0.457

FUENTE: Acosta-Espinosa, 1984.

signos entre las correlaciones genéticas y fenotípicas. De hecho los coeficientes de ambas correlaciones presentaron un valor muy similar en todas las relaciones consideradas. El rendimiento de raíces frescas mostró una correlación genética y fenotípica positiva con el rendimiento de la parte aérea y con el índice de cosecha, pero la magnitud de los coeficientes fue baja. Sin embargo, la asociación genética y fenotípica entre el rendimiento de la raíz y el número de raíces/planta fue notoria y generó coeficientes positivos altos. El índice de cosecha mostró una notoria asociación negativa con el peso de la parte aérea.

Correa y Ramalho (1982) calcularon correlaciones genéticas y fenotípicas entre el rendimiento de la raíz y el de la parte aérea, basados en las evaluaciones de 36 clones de yuca durante dos años en Minas Gerais, Brasil. En ambas correlaciones obtuvieron valores altos y positivos, así:  $r_g = 0.76$  y  $r_p = 0.80$ .

Biradar et al. (1978) informaron que los coeficientes de correlación genética entre siete caracteres de yuca fueron generalmente mayores que los coeficientes de correlación fenotípica. El índice de cosecha, el número de raíces/planta y el peso promedio de la raíz mostraron una fuerte correlación positiva con el rendimiento de la raíz.

De la evaluación de 52 familias de hermanos medios, Hahn et al. (1980) calcularon los coeficientes de las correlaciones fenotípica y genética entre la resistencia al CMD y al CBB. Encontraron una correlación genética alta ( $r_g = 0.90$ ) entre los caracteres y concluyeron que es posible esperar un aumento genético en la resistencia al CMD como resultado de la selección por resistencia al CBB, y viceversa (Hahn, 1979).

## **Conclusiones**

A pesar de que la mayoría de los diseños clásicos de apareamiento se adaptan a la yuca, en este caso rara vez se aplican para la estimación de parámetros genéticos; sería de gran beneficio para el mejoramiento en esta especie que se realizaran más estudios para dilucidar cuáles son los tipos de acción génica

involucrados en la expresión de los caracteres agronómicos más importantes.

En algunos estudios realizados para estimar las varianzas genéticas no se tomaron muestras apropiadas para el ambiente, y la competencia entre plantas no fue representativa de la producción comercial. Estos factores alteran las estimaciones, y deberían ser controlados en futuros experimentos. También pueden ser sesgados los cálculos obtenidos de las familias de hermanos medios cuyo progenitor común es el femenino, debido a los efectos maternos; el diseño apropiado para el apareamiento evitará tales efectos.

Las estimaciones de la heredabilidad variaron ampliamente de una fuente a otra, aunque este hecho no sorprende, ya que dicho parámetro depende del genotipo, del ambiente, de la unidad de medida, de la densidad del cultivo y otros factores. Sin embargo, es evidente que algunos caracteres dependen más de los efectos genéticos no aditivos que otros; parece que la dominancia y los efectos epistáticos tienen alguna importancia en la expresión del rendimiento de la raíz y sus componentes. Por lo tanto, la metodología de fitomejoramiento debe tener en cuenta estos factores.

## Referencias

- Acosta-Espinosa, J. 1983. Eficiência de policruzamentos para recombinação genética e estimação de parâmetros genéticos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis (M.S.), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, Brasil. 79 p.
- . 1984. Variabilidade e associações genéticas entre caracteres de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) combinando policruzamentos e propagação vegetativa. Tesis (Ph.D.), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, Brasil. 117 p.
- Biradar, R. S.; Rajendran, P. G. y Hrishi, N. 1978. Genetic variability and correlation studies in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Root Crops* 4:7-10.
- Bueno, A. 1985. Estimativa e uso das variâncias genéticas e fenotípicas no melhoramento da mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca* 4(2):19-35.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. Annual report. Cali, Colombia. 286 p.
- . 1975. Annual report. Cali, Colombia. 304 p.
- . 1981. Annual report. Cali, Colombia. 112 p.
- Cockerham, C. C. 1963. Estimation of genetic variances. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). Statistical genetics and plant breeding. NAS/NRC Publ. no. 982. p. 53-94.
- Comstock, R. E. y Robinson, H. R. 1948. The components of variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- Correa, H. y Ramalho, M. P. 1982. Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres de mandioca. En: Projeto Mandioca, Relatório 76/79. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, Brasil. p. 115-116.
- Dantas, J. L. L. 1984. Genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para programas de seleção no recôncavo baiano. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, Brasil. 103 p.
- Darrah, L. L. y Hallauer, A. R. 1972. Genetic effects estimated from generation means in four diallel sets of maize inbreds. *Crop Science* 12:615-621.
- Dickerson, G. E. 1963. Biological interpretation of the genetic parameters of populations. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). Statistical genetics and plant breeding. NAS/NRC Publ. no. 982. p. 95-107.
- Dudley, J. M. y Moll, R. H. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Science* 9:257-262.
- Falconer, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. The Ronald Press Company, Nueva York. 365 p.
- Fasoulas, A. C. y Allard, R. W. 1962. Nonallelic gene interactions in the inheritance of quantitative characters in barley. *Genetics* 47:899-907.
- Frey, K. J. y Horner, T. 1955. Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiments. *Agronomy Journal* 47:186-188.
- y ———. 1957. Heritability in standard units. *Agronomy Journal* 49:59-62.
- Gardner, C. D. 1963. Estimates of genetic parameters in cross fertilizing plants and their implication in plant breeding. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). Statistical genetics and plant breeding. NAS/NRC Publ. no. 982. p. 225-252.

- Hahn, S. K. 1978. Breeding cassava for resistance to bacterial blight. *PANS* 24(4):480-485.
- . 1979. Breeding of cassava for resistance to cassava mosaic disease (CMD) and bacterial blight (CBB) in Africa. En: Maraite, H. y Meyer, J. A. (eds.). *International symposium on diseases of tropical root crops*, Louvain-la-Neuve, Bélgica, 1978. *Memorias. Université Catholique de Louvain*. p. 211-219.
- ; Howland, A. K. y Terry, E. R. 1977. Cassava breeding at I.I.T.A. En: Leakey, C. L. A. (ed.). *Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, 3, Ibadan, Nigeria, 1973. *Memorias. International Society for Tropical Root Crops, Ibadán*. p. 4-10
- ; ——— y ———. 1980. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases. *Euphytica* 29:305-311.
- ; Terry, E. R.; Leuschner, K.; Akobundu, I. O.; Okali, C. y Lal, R. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops Research* 2:193-226.
- Hanson, W. D. 1963. Heritability. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). *Statistical genetics and plant breeding*. NAS/NCR Publ. no. 982. p. 125-140.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1981. *Annual report, 1980*. Ibadán, Nigeria. 185 p.
- Johnson, H. W.; Robinson, H. F. y Comstock, R. E. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal* 47:314-318.
- Johnson, L. P. V. 1963. Applications of the diallel-cross techniques to plant breeding. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). *Statistical genetics and plant breeding*. NAS/NRC Publ. no. 982. p. 561-570.
- Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for productivity. *Tropical agricultural research series*, no. 11. Ibaraki, Japón. p. 300-321.
- ; Daza, P.; Amaya, A.; Rios, M. y Gonçalves, W. M. F. 1978. Evaluation of cassava germplasm for productivity. *Crop Science* 18:377-380.
- ; Fukuda, W. M. G. y Cempukdee, U. 1987. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. *Crop Science* 27:69-74.
- y Rojanaridphiched, C. 1983. Genetic study on post-harvest deterioration in cassava. *Kasetsart University, Tailandia*. 12 p.
- ; Tiraporn, C.; Tonsri, S. y Kano, Y. 1982. Efficiency of yield selection in cassava populations under different plant spacings. *Crop Science* 22:560-564.

- ; Umemura, Y. y Kano, Y. 1983. Field assessment and inheritance of cassava resistance to superelongation disease. *Crop Science* 23:201-205.
- Robinson, H. F.; Comstock, R. E. y Harvey, P. H. 1951. Phenotypic and genotypic correlations in corn and their implications in selection. *Agronomy Journal* 43:283-287.
- Robinson, P. 1963. Heritability; a second look. En: Hanson, W. D. y Robinson, H. F. (eds.). *Statistical genetics and plant breeding*. NAS/NRC Publ. no. 982. p. 609-614.
- Sprague, G. F. 1966. Quantitative genetics in plant improvement. En: Frey, K. J. (ed.). *Plant breeding*. Iowa State University Press, Ames, Iowa. p. 315-354.
- Tan, S. L. 1981. Heritability estimates and correlation studies on agronomic characters of cassava. En: *Proceedings of a workshop on root crops and sugarcane*. MARDI (Malaysian Agricultural Research and Development Institute), Serdang, Malaysia. p. 1-18.
- . 1984. G x E interactions, heritability estimates and varietal adaptability in important agronomic characters of cassava. *MARDI Research Bulletin* 12:136-147.
- Umemura, Y. y Kawano, K. 1983. Field assessment and inheritance of resistance to cassava bacterial blight. *Crop Science* 23:1127-1132.

# EFICIÊNCIA DE DIFERENTES CRITÉRIOS DE SELEÇÃO EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MANDIOCA

Alvaro Bueno\*

## Introdução

A biologia floral e o modo de polinização fazem da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) uma espécie predominantemente alógama, que sofre grande depressão de vigor quando autofecundada (Kawano et al., 1978). Estas características peculiares e a propagação vegetativa determinam que os clones existentes sejam altamente heterozigotos. Em vista disso, a segregação ocorre na primeira geração após a hibridação, época em que são selecionados os genótipos superiores (Bueno, 1983).

A eficiência da seleção na geração segregante é um aspecto importante, com implicações científicas e econômicas no desenvolvimento dos programas de melhoramento da mandioca e depende fundamentalmente da herdabilidade do caráter a ser selecionado e do mecanismo utilizado para identificá-lo (Bueno, 1983). A seleção é eficiente para caracteres de alta herdabilidade e fácil identificação, como a resistência a bacteriose (Hahn et al., 1977), mas pode ser problemática para atributos de baixa herdabilidade, como a maioria das características agrônomicas de importância.

Wilson (1984) relata que um critério de seleção, para ser eficiente, deve preencher uma série de requisitos como: ser

---

\* Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA/CNPMPF), Caixa Postal 007, 44.380 Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

confiável, preciso, de fácil aplicação, apresentar alta correlação com rendimento econômico, ter alta herdabilidade e, se possível, ter aplicabilidade em plantas jovens.

Em geral, o aumento do rendimento de raízes é o principal objetivo da maioria dos programas de melhoramento de mandioca. Assim sendo, é necessário que os genótipos identificados como superiores em relação ao rendimento de raízes, na geração segregante, conservem esta superioridade nos futuros ciclos de propagação vegetativa.

A escolha de critérios eficientes é, em muitos casos, baseada nas correlações existentes entre o rendimento econômico e vários outros caracteres. Kawano et al. (1978) utilizaram este método para definir os melhores critérios de seleção para mandioca. Foram calculadas as correlações fenotípicas entre os principais caracteres agronômicos de genótipos originados de sementes verdadeiras ('seedlings') e estes mesmos genótipos propagados por manivas (clones). Constatou-se que a correlação foi positiva e significativa para o peso total e índice de colheita. Posteriormente, Kawano et al. (1982) verificaram que a correlação do peso de raízes na geração segregante, com o rendimento de raízes no teste de linhas foi positiva e significativa para vários espaçamentos, mas a correlação da geração segregante com o teste em parcelas não foi significativa. O índice de colheita, por outro lado, apresentou correlação positiva entre geração segregante x linha e geração segregante x parcela. Em dois espaçamentos, o índice de colheita da geração segregante apresentou correlação positiva com o peso de raízes do teste de parcela. Além disso, Kawano (1985) observou que o índice de colheita foi menos influenciado pelo efeito da competição intergenotípica do que o rendimento de raízes e concluiu que nos primeiros estágios de seleção, quando a avaliação é conduzida em ambientes de alta produtividade e baseada em plantas ou linhas individuais, a seleção com base no índice de colheita é mais eficiente do que a seleção para o peso de raízes. Lozano et al. (1984) concluíram de forma semelhante, mas alertaram que em ambientes de baixa produtividade a seleção com base no peso de raízes, juntamente com um índice de colheita razoável, provavelmente seja a melhor estratégia. Cock (1976) concorda



que um genótipo superior de mandioca deva ter um alto índice de colheita, mas explica que a distribuição de matéria seca para as raízes não pode ser tão pronunciada a ponto de prejudicar a produção de folhas.

Bueno (1983) utilizou metodologia semelhante à de Kawano et al. (1978) e verificou que o peso de raízes dos genótipos originados de semente verdadeira não apresentou correlação significativa com nenhum atributo agrônômico dos clones, mas o índice de colheita dos 'seedlings' apresentou correlação significativa com o peso de raízes dos clones, embora tenha originado um baixo coeficiente. Na opinião do autor, os valores dos coeficientes de correlação foram muito baixos para respaldar a escolha do índice de colheita como o principal critério de seleção na fase de 'seedlings'.

O estudo da correlação fenotípica entre caracteres medidos em gerações diferentes pode apresentar problemas, visto que 'seedlings' e clones do mesmo genótipo não podem ser cultivados no mesmo ano. A diferença ambiental, que é imprevisível, pode afetar o valor dos coeficientes e prejudicar as inferências e conclusões neste tipo de estudo.

Uma forma alternativa para identificar os critérios de seleção mais eficientes em mandioca é aplicá-los diretamente em populações segregantes e avaliar os seus efeitos sobre o rendimento de raízes e outras características importantes. Neste trabalho são apresentados os efeitos sobre o rendimento de raízes de cinco critérios de seleção aplicados sobre cinco famílias de polinização aberta.

## **Material e Métodos**

Em junho de 1983, foram transplantados para o local definitivo, em área não adubada no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMPF), no espaçamento de 1.00 x 1.00 m, um número variável de 'seedlings' pertencentes a cinco famílias de polinização aberta, cujos progenitores femininos foram os seguintes: BGM 104 (Pretinha),

BGM 335 (CM 425/1) BGM 354 (IAC 105/66), Cl. 125 (Clone 125) e Cl. 333 (Clone 333). Não houve controle dos progenitores masculinos, sendo que o pólen foi proveniente de uma mistura de vários clones que compunham o campo de cruzamentos instalado em 1982.

Por ocasião da colheita em junho de 1984 cada família foi dividida aleatoriamente em cinco amostras de 'seedlings', exceto a BGM 104 que foi dividida em apenas quatro amostras. As amostras das famílias BGM 104, BGM 354 e Cl. 125 foram formadas por 12 'seedlings', ao passo que as da BGM 335 possuíam 14 e as da Cl. 333 tinham 18 'seedlings' cada. Dentro de cada família, a média de cada amostra foi comparada com a média geral das amostras pelo teste 't' de Student, sendo que as variâncias das amostras foram submetidas ao teste de homogeneidade de Bartlett (Snedecor e Cochran, 1967).

Em cada amostra foi aplicado um dos seguintes critérios de seleção: peso de raízes, peso da parte aérea, peso total (exceto na família BGM 104), índice de colheita e número de raízes/planta. A intensidade de seleção foi 50% para todos os critérios.

Cada 'seedling' selecionado foi clonado em cinco manivas de 0.20 m e plantado em junho de 1984 na área experimental do CNPMF, em local não adubado. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, onde os tratamentos foram os critérios de seleção e as repetições o número de clones selecionados dentro de cada amostra, sendo seis para as famílias BGM 104, BGM 354 e Cl. 125, sete para a BGM 335 e nove para a família Cl. 333.

As parcelas foram formadas por linhas simples de cinco plantas no espaçamento de 1.00 x 1.00 m e os blocos foram circundados por uma linha de plantas da cultivar de ramificação alta 'Cigana', que serviu de bordadura. A colheita foi realizada em maio de 1985 e na ocasião foram medidos todos os caracteres que serviram como critérios de seleção na fase de 'seedlings'.

Os clones colhidos em 1985 foram multiplicados e utilizados para instalar um novo experimento em junho de 1985, exatamente como o anterior, exceto pelo tamanho da parcela, que foi constituída de quatro linhas de cinco plantas. A colheita

foi realizada em julho de 1986 e os caracteres avaliados foram medidos apenas nas seis plantas centrais.

A análise da variância foi feita separadamente para cada família e a análise conjunta sobre as famílias foi realizada apenas com quatro famílias, visto que na BGM 104 não foi aplicado o critério de peso total. Nesta análise foram utilizadas apenas as seis primeiras repetições comuns a todos os tratamentos.

## Resultados e Discussão

O requisito básico para que a metodologia adotada seja eficiente é a necessidade de semelhança estatística entre a população de 'seedlings' de uma determinada família e as amostras que dela se originaram, pois assim os critérios de seleção serão aplicados em amostras homogêneas e que representam com fidelidade a população.

No Quadro 1 estão apresentados os níveis de significância para a comparação de cada média com a média geral das amostras em

Quadro 1. Níveis de significância para comparação entre médias (t) e entre variâncias (v) das características agronômicas avaliadas nas amostras das cinco famílias de polinização aberta de mandioca.

Características	Testes	Famílias				
		BGM 104	BGM 335	BGM 354	Cl.125	Cl.333
Peso de raízes	t	NS	NS	NS	NS	NS
	v	NS	NS	NS	NS	*
Peso parte aérea	t	NS	NS	NS	NS	NS
	v	NS	*	NS	NS	*
Peso total	t	—	*	NS	NS	NS
	v	—	*	NS	NS	*
Índice de colheita	t	NS	NS	NS	NS	NS
	v	NS	NS	NS	NS	NS
Número de raízes	t	NS	NS	NS	NS	NS
	v	*	NS	NS	NS	NS

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade; NS = não significativo.

cada família e para a comparação das variâncias entre as amostras. Diferenças significativas entre médias foram observadas apenas para o peso total da família BGM 335 onde apenas uma média diferiu da média geral. As variâncias apresentaram um número maior de diferenças significativas, mas mesmo assim foram poucas as médias discrepantes, tendo em vista o grande número de amostras comparadas. Estes resultados permitem concluir que a imparcialidade na aplicação dos tratamentos sobre a maioria das amostras ficou assegurada.

Neste trabalho serão discutidos os efeitos da seleção, com base nos vários critérios, apenas sobre o rendimento de raízes dos clones selecionados. Os efeitos sobre os outros critérios foram apresentados por Bueno (1987).

No Quadro 2 encontram-se os pesos médios de raízes em linhas simples, dos clones resultantes da aplicação dos diferentes critérios de seleção na geração segregante das cinco famílias. No Quadro 3 os pesos médios são os obtidos em parcelas com bordaduras. Neste caso, os rendimentos de raízes foram substancialmente inferiores aos observados no teste com linhas devido ao plantio em solo de menor fertilidade e escassez de chuvas nos primeiros meses após o plantio.

Quadro 2. Peso médio de raízes (kg/m<sup>2</sup>), em linhas simples, dos clones resultantes da aplicação de diferentes critérios de seleção na geração segregante de cinco famílias de polinização aberta de mandioca.

Critérios de seleção	Famílias					Média*
	BGM 104	BGM 335	BGM 354	Cl. 125	Cl. 333	
Peso de raízes	2.05	2.71	2.05	2.82	2.33	2.42
Índice de colheita	2.94	1.79	2.06	2.33	1.73	2.02
Peso parte aérea	2.59	2.45	2.36	3.38	2.51	2.59
Peso total	—	4.09	1.96	2.55	2.30	2.69
No. raízes/planta	2.49	3.16	1.80	3.00	1.87	2.53
Média	2.52	2.84	2.05	2.81	2.15	2.45
Teste F (critérios)	0.41	3.52	0.25	0.51	1.40	1.18
Teste F (famílias)						4.05
DMS (5%) critérios	NS	1.90	NS	NS	NS	NS
DMS (5%) famílias						0.78
C.V. (%)	55.27	42.55	49.27	49.82	39.47	47.42

\* Médias calculadas com base nos dados da análise conjunta (exclusive BGM 104).

**Quadro 3.** Peso médio de raízes (t/ha), em parcelas, dos clones resultantes da aplicação de diferentes critérios de seleção na geração segregante de cinco famílias de polinização aberta de mandioca.

Critérios de seleção	Famílias					Média*
	BGM 104	BGM 335	BGM 354	Cl. 125	Cl. 333	
Peso de raízes	9.77	8.88	12.31	14.00	9.00	10.56
Índice de colheita	12.11	13.98	12.89	14.22	13.13	13.85
Peso parte aérea	13.89	15.43	12.83	8.47	12.37	12.39
Peso total	—	15.57	9.37	12.94	10.39	12.33
No. raízes/planta	14.83	13.26	14.17	15.40	12.63	13.72
Média	12.65	13.42	12.31	13.01	11.50	12.57
Teste F (critérios)	1.24	1.13	0.37	1.11	1.41	1.01
Teste F (famílias)						0.89
DMS 5% (critérios)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
DMS 5% (famílias)						NS
C.V. (%)	38.82	50.50	58.65	47.84	38.28	53.81

\* Médias calculadas com base nos dados da análise conjunta (exclusive BGM 104).

Apenas para a família BGM 335, na avaliação em linhas, foi observada diferença significativa entre os diferentes critérios de seleção (Quadro 2). A falta de significância estatística, nas duas avaliações, se deve, inegavelmente ao elevado erro experimental expresso nos altos valores dos coeficientes de variação (Quadros 2 e 3). Isto foi devido às variações ambientais, principalmente de solo, de parcela para parcela, acrescido das diferenças de origem genética entre as parcelas de um mesmo tratamento, visto que cada repetição correspondeu a um clone diferente. Sendo assim, o erro experimental elevado é perfeitamente compreensível e as discussões levarão em consideração principalmente o comportamento das médias. Outro aspecto a ser salientado sobre as análises de variância foi a falta de significância estatística da interação critério de seleção x família para todas as características analisadas nos dois anos. No entanto, em virtude da magnitude do erro experimental, não foi possível concluir com segurança se todos os critérios de seleção tiveram a mesma eficiência sobre todas as famílias.

A análise da eficiência dos critérios de seleção dentro de cada família mostrou que na BGM 104 o maior peso de raízes, no plantio em linhas, foi apresentado pelos clones selecionados

através do índice de colheita, seguidos dos selecionados com base no peso da parte aérea, número de raízes/planta e peso de raízes (Quadro 2). No teste de parcelas para esta família, o maior peso de raízes foi obtido nos clones selecionados com base no número de raízes/planta, seguido dos selecionados através do peso da parte aérea, índice de colheita e peso de raízes, respectivamente (Quadro 3). Na família BGM 104 nenhum critério aplicado selecionou clones com maior peso de raízes do que a média da população original. Isto pode ter sido conseqüência da ineficiência dos critérios de seleção, da maior capacidade de produção de raízes dos genótipos originados de sementes sexuais ou vantagens ambientais acontecidas no primeiro ano que propiciaram maior produção de raízes.

Na família BGM 335 no teste em linhas, os clones que apresentaram o maior peso de raízes foram os selecionados com base no peso total da planta, seguido dos escolhidos com base no número de raízes/planta, peso de raízes, peso da parte aérea e índice de colheita (Quadro 2). Na avaliação efetuada em parcelas, o maior peso de raízes foi obtido nos clones resultantes da seleção com base no peso total e peso da parte aérea, vindo a seguir os clones escolhidos pelo índice de colheita, número de raízes por planta e peso de raízes (Quadro 3). Na avaliação em linhas, os clones resultantes da seleção com base no peso total apresentaram rendimento de raízes superior à média da população original. Na parcela, no entanto, nenhum critério de seleção proporcionou rendimento superior ao da população original. O ambiente de menor produtividade verificado no último ano pode ter sido a causa principal desta diferença.

Nas avaliações efetuadas em linhas nas famílias BGM 354, Cl. 125 e Cl. 333, os clones que apresentaram o maior peso de raízes foram os selecionados com base no peso da parte aérea (Quadro 2). Nas avaliações em parcelas, no entanto, houveram algumas alterações, visto que na família BGM 354 o maior rendimento de raízes foi verificado nos clones selecionados com base no número de raízes/planta, vindo a seguir, praticamente com médias idênticas, os clones selecionados pelo índice de colheita, peso da parte aérea e peso de raízes. Os clones com menor rendimento de raízes foram os selecionados com base no

peso total da planta (Quadro 3). Na família Cl. 125 o maior rendimento de raízes foi apresentado pelos clones selecionados com base no número de raízes/planta, seguido dos escolhidos pelo índice de colheita, peso de raízes, peso total e peso da parte aérea. Na família Cl. 333 o critério de seleção mais eficiente foi o índice de colheita, seguido do peso da parte aérea, número de raízes/planta, peso total e peso de raízes (Quadro 3).

Nas avaliações em linhas da família BGM 354 verificou-se que os clones selecionados com base no peso da parte aérea apresentaram peso de raízes superior a média da população original, assim como os selecionados com base no peso da parte aérea e número de raízes/planta na família Cl. 125 e os escolhidos pelo peso da parte aérea, peso de raízes e peso total na família Cl. 333. Nas avaliações em parcelas destas famílias, nenhum critério de seleção isolou clones com maior peso médio de raízes do que a população original.

Considerando-se a média do peso de raízes sobre todas as famílias, nas avaliações em linhas, verificou-se que os clones selecionados com base no peso total apresentaram o maior peso de raízes, seguido dos selecionados pelo peso da parte aérea, número de raízes/planta, peso de raízes e índice de colheita (Quadro 2). Nas avaliações em parcelas os clones com maior peso de raízes foram os resultantes da seleção com base no índice de colheita e número de raízes/planta, vindo a seguir os escolhidos pelo peso da parte aérea e peso total e por último os selecionados com base no peso de raízes.

Visto que a interação critério de seleção x família não foi significativa, tanto no teste com linhas quanto nas avaliações em parcelas, pode-se concluir que a seleção em populações segregantes de mandioca, com o objetivo de identificar clones com alto peso de raízes em 'stands' puros, deve se basear, principalmente, no peso total da planta, índice de colheita, número de raízes/planta e peso da parte aérea, com menor ênfase para o peso de raízes. É importante salientar que estes critérios devem ser aplicados em conjunto, visto que nenhum apresentou vantagens expressivas sobre os outros.

De maneira geral, estes resultados concordam com as conclusões relatadas por Kawano et al. (1978), Kawano et al., (1982), Kawano (1985) e Lozano et al. (1984), quando se considera a ineficiência do peso de raízes como critério de seleção em populações segregantes de mandioca. No entanto, não há respaldo para se concluir que o índice de colheita seja o critério de seleção mais importante. É necessário salientar que a seleção com base no índice de colheita promoveu uma acentuada redução no peso de parte aérea dos clones (Bueno, 1987). Portanto, para condições ambientais de baixa produtividade, os genótipos selecionados em populações segregantes devem combinar um alto peso total, grande número de raízes/planta e índice de colheita razoável, preferencialmente acima de 0.50.

## **Conclusões**

1. As amostras de cada família apresentaram médias e variâncias semelhantes. Conseqüentemente, os critérios de seleção foram aplicados de maneira imparcial sobre as amostras.
2. Os resultados da seleção, expressos pelos rendimentos de raízes dos clones plantados em linhas e parcelas, mostraram algumas variações. Enquanto nas avaliações em linhas os genótipos selecionados com base no peso total apresentaram maior peso de raízes, em parcelas isto aconteceu nos clones selecionados pelo índice de colheita e número de raízes/planta. Por outro lado, as médias dos pesos de raízes das famílias apresentaram ordenação semelhante em linhas e parcelas.
3. Ficou evidenciada a ineficiência do peso de raízes como critério de seleção em populações segregantes.
- 4 Em ambientes de baixa produtividade a seleção de clones com alto peso de raízes deve ser baseada em genótipos que combinem alto peso total, grande número de raízes por planta e índice de colheita preferencialmente acima de 0.50.



## Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes critérios de seleção aplicados na geração segregante de cruzamentos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Os experimentos foram conduzidos na sede do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia. Os critérios considerados foram os pesos de raízes, parte aérea e total, número de raízes/planta e índice de colheita, os quais foram aplicados sobre amostras de 'seedlings' de cinco famílias de polinização aberta, no ano agrícola de 1983/84.

Os clones resultantes da seleção foram avaliados em linhas simples, em 1984/85, no delineamento de blocos ao acaso, onde os tratamentos foram os critérios de seleção e as repetições o número de clones selecionados em cada amostra. Este último experimento foi repetido no ano agrícola de 1985/86 em parcelas com bordaduras. As médias e as variâncias das amostras foram semelhantes, portanto os critérios de seleção foram aplicados de maneira imparcial sobre as amostras. As avaliações em linhas e parcelas revelaram algumas diferenças.

Enquanto nas avaliações em linhas o peso total foi o critério mais eficiente, nas parcelas a maior eficiência foi mostrada pelo índice de colheita e número de raízes/planta. Ficou evidenciada a ineficiência do peso de raízes como critério de seleção em populações segregantes. Os critérios mais eficientes foram o peso total, número de raízes/planta e índice de colheita aplicados em conjunto.

## Referências

- Bueno, A. 1983. Selection in cassava seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:997-1000.
- . 1987. Direção e critérios de seleção em mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. No prelo.
- Cock, J. H. 1976. Characteristics of high yielding cassava varieties. *Experimental Agriculture* 12(2):135-143.

- Hahn, S. K.; Howland, A. K. e Terry, E. R. 1977. Cassava breeding at I.I.T.A. In: Leakey, C. L. A. (ed.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 3, Ibadan, Nigeria, 1973. Relatório. Ibadan. p. 4-10.
- Kawano, K. 1985. Inherent and environmental factors related to cassava varietal selection. In: Cock, J. H. e Reyes, J. A. (eds.). Cassava research, production and utilization. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 107-132.
- ; Amaya, A.; Daza, P. e Rios, M. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Science* 18(3):373-376.
- ; Tiraporn, C.; Tongstri, S. e Kano, Y. 1982. Efficiency of yield selection in cassava populations under different plant spacings. *Crop Science* 22:560-564.
- Lozano, J. C.; Hershey, C. H.; Zeigler, R. e Bellotti, A. 1984. A comprehensive breeding approach to pest and disease problems of cassava. In: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6, Lima, Peru, 1983. Abstracts. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima. p. 38.
- Snedecor, G. W. e Cochran, W. G. 1967. Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 593 p.
- Wilson, D. 1984. Development of better selection criteria. In: Lange, W.; Zeven, A. C. e Hogenboom, N. G. (eds.). Efficiency in plant breeding. Wageningen. p. 117-129.

# CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE YUCA

*Clair H. Hershey\**

## Introducción

El fitomejoramiento es una actividad que exige tomar decisiones en forma constante dentro de una amplia gama de opciones, desde la concerniente a las fuentes de variación genética hasta las que tienen que ver con la elección de los sitios de evaluación y con la metodología para la distribución de las variedades. La efectividad con la cual estas decisiones se hagan afecta directamente el éxito que pueda tener el programa en el desarrollo y la promoción de variedades nuevas.

El objetivo del presente documento es esbozar algunas de las principales áreas con que un fitomejorador se encuentra en la toma de decisiones, y algunos de los factores que afectan tales decisiones en una situación dada. Se tratarán de manera especial tres aspectos que tienen una influencia marcada en la estructura general de un programa de mejoramiento de yuca: 1) la definición de objetivos; 2) la identificación y caracterización del área objetivo; y 3) las características de la variabilidad genética que se está manipulando.

Debido a la amplia variedad de temas que este documento cubre, solamente se podrán tratar los principios generales; algunos otros documentos de estas memorias proveen más detalles sobre áreas específicas.

---

\* Mejorador, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

## **Objetivos del Programa de Mejoramiento**

Es probable que los objetivos generales de un programa de mejoramiento sean determinados en su mayor parte por los administradores de investigación, mientras que el fitomejorador tenga más participación en la definición de los objetivos específicos. Generalmente es útil que un equipo multidisciplinario, en conjunto con los administradores, participe en la fijación de los objetivos y tenga, por supuesto, una idea clara acerca de cuáles son ellos. Los objetivos se orientan generalmente a resolver problemas específicos como aumentar el potencial de rendimiento o la resistencia a enfermedades, obtener adaptación a un ambiente nuevo, o mejorar algún aspecto de la calidad.

El fitomejorador debe identificar más bien pocos factores en los cuales concentrar su trabajo. Según una 'ley' de genética, cuanto mayor sea el número de criterios que se incluyan en el mejoramiento, tanto más lenta será la tasa de progreso en cada uno de ellos. Por ejemplo, aumentar la resistencia al añublo bacteriano y aumentar la materia seca en un período de cinco años sería un objetivo factible; en cambio sería demasiado optimismo tener como objetivos aumentar el potencial de rendimiento, bajar el contenido de cianuro y aumentar el contenido de materia seca en las raíces, aumentar la resistencia al añublo bacteriano, al superalargamiento, a la antracnosis, a los trips y a los ácaros, y mejorar la tolerancia a la sequía.

Quizás tan importante como definir claramente las características que se desean mejorar es tener en cuenta el gran número de características que no deben sufrir menoscabo durante el proceso de selección. Es probable que éste haya sido uno de los aspectos en los cuales más han fallado los fitomejoradores: no considerar las características 'secundarias' y producir de esa manera variedades no aceptables por el agricultor.

Los objetivos se pueden definir mejor si se dispone de antecedentes adecuados. Desafortunadamente éste no es un caso muy frecuente y, por lo menos inicialmente, los objetivos se fijan sobre una base de datos inadecuados. Lo ideal sería realizar

estudios socioeconómicos y agroecológicos exhaustivos antes de iniciar el programa de mejoramiento; sin embargo, científicos bien informados probablemente puedan hacer juicios razonables de sus experiencias para empezar su trabajo de mejoramiento, aun en ausencia de tales estudios.

Un punto importante que se debe considerar al establecer los objetivos del programa es que el fitomejoramiento constituye generalmente sólo una de varias herramientas que se requieren para resolver los problemas agrícolas en una región dada. Los fitomejoradores necesitan, por lo tanto, trabajar dentro de una atmósfera interdisciplinaria, donde la solución de los problemas se enfoque en función de los medios más eficientes y efectivos.

Está mucho más allá del alcance de este documento enumerar todos los objetivos posibles del mejoramiento de la yuca, o analizar situaciones específicas. Por otra parte, la fijación de objetivos es casi siempre un proceso dinámico, en el que los resultados de las investigaciones proveen retroalimentación continua para refinarlos.

## **El Area Objetivo y su Caracterización**

Para los fines de esta discusión supondremos que el área geográfica se ha definido previamente, como resultado de análisis económicos, estudios de factibilidad, decisiones políticas, etc., y que la elección de la misma no hizo parte del proceso de toma de decisiones del fitomejorador.

Para diseñar un programa de mejoramiento en una área dada de producción el fitomejorador debe tomar decisiones en tres aspectos principales: 1) la caracterización del medio ambiente; 2) la subdivisión del medio ambiente; y 3) la definición de los sitios de prueba.

El área objetivo puede variar desde la de naturaleza internacional hasta la altamente localizada. En un programa de mejoramiento tal área se define generalmente primero que todo en términos geográficos, pero posteriormente se puede definir

aún más, por tipos de suelos, sistemas agrícolas, niveles de ingreso del agricultor, tipos de mercado, u otros.

Para fines prácticos se pueden considerar tres tipos de caracterización del área objetivo: la caracterización socioeconómica, la agroclimática y la que se hace según el medio ambiente biológico. Los conceptos al respecto que se presentan a continuación sólo intentan servir como una guía sobre áreas generales que el fitomejorador debe conocer, ya que pueden afectar su éxito en el desarrollo de variedades nuevas aceptables.

### **Caracterización socioeconómica**

La decisión de los agricultores en cuanto a la adopción de una variedad nueva depende de diferentes factores económicos y sociológicos, independientemente de cualquier valor agronómico mejorado que la variedad pueda tener, según concepto del fitomejorador. Probablemente está más allá de la habilidad del fitomejorador o de los recursos de que disponga hacer un análisis completo o apropiado de esos factores.

Puesto que la orientación más común en los programas de mejoramiento de yuca es hacia la adaptación de materiales a suelos pobres y a menudo para agricultores de bajos ingresos, la interacción entre la aceptabilidad de la variedad y el ambiente socioeconómico se vuelve más compleja. Por ejemplo, lo que más influye en la toma de decisiones de los agricultores de bajos ingresos es el riesgo; cabría preguntarse entonces: ¿qué ventajas sacrificarían los agricultores al cambiar sus variedades nativas por las nuevas? ... ¿requieren éstas más fertilizantes? ... ¿producen rendimientos razonables en años malos? ... ¿tienen las características de calidad adecuadas para poder entrar sistemáticamente en los mercados previstos?

Entre los factores socioeconómicos que con más frecuencia afectan los objetivos de mejoramiento y el éxito de las variedades nuevas en una región están los siguientes:

- El tamaño de la finca y su sistema de tenencia
- El ingreso económico del agricultor

- La disponibilidad de mano de obra y su costo
- Las oportunidades de mecanización (para la preparación del suelo, la deshierba, la cosecha)
- La estructura del mercado y el desarrollo futuro de la misma
- La infraestructura disponible
- El costo y la disponibilidad de insumos comprados (por ejemplo, de fertilizantes o herbicidas)
- Los cultivos alternos, desde un punto de vista agronómico y económico.

Rara vez estos factores se estudian bien antes de iniciar un programa de mejoramiento y no es necesario que se efectúen estudios exhaustivos para poder comenzar; sin embargo, deberían existir por lo menos antecedentes básicos en todas estas áreas. En principio, la influencia que los factores mencionados tienen sobre las características deseadas de las variedades nuevas puede resultar poco clara para el fitomejorador; sin embargo hay que tener en cuenta que, aunque algunos de los objetivos principales del mejoramiento sean muy específicos (por ejemplo, obtener resistencia a una importante plaga local), existen ciertos factores de 'afinación' que pueden depender de otros factores menos claros.

Como la mayoría de los científicos sabe, la dificultad para caracterizar el status quo es mínima comparada con la de hacer predicciones acerca de los desarrollos futuros, especialmente cuando se está operando un rápido cambio económico o sociológico; hacer predicciones acerca del impacto e influencia que una variedad nueva pueda tener está a menudo más allá de la capacidad de cualquiera. Obviamente no hay otra alternativa sino hacer lo mejor posible y aceptar que profetizar está entre las 'ciencias' más inexactas.

### **Caracterización agroclimática**

Existen metodologías establecidas para la clasificación de climas, suelos y topografía. En muchos países se han evaluado ampliamente los suelos, y los datos se mantienen en archivos accesibles al público; en forma similar, virtualmente todos los países tienen algún sistema de recolección y compilación de

información sobre el clima. Naturalmente, en ambos casos hay una variación amplia en cuanto a los detalles que se pueden obtener y a la confiabilidad de la información; cuando no existen datos climáticos a largo plazo, poco se puede hacer para corregir esa situación.

En todos los sitios en los que se realizan pruebas de mejoramiento se debe emprender la caracterización básica de los suelos (estructura, pH, elementos principales, deficiencias de elementos menores o toxicidades posibles). Aún en sitios donde se dispone de información detallada sobre los suelos, es importante obtener datos específicos de parcelas experimentales para analizar el desempeño varietal. Ni siquiera los reconocimientos más detallados de suelos a nivel regional pueden captar toda la variación micro-ambiental observada de una finca pequeña a otra, o entre las secciones dentro de una finca. Este tipo de datos, acumulado durante años, puede dar una apreciación valiosa en cuanto a la respuesta varietal esperada a ciertas variaciones del suelo.

Como mínimo, se debe recoger información sobre la precipitación en los sitios experimentales, a menos que una estación climática esté ubicada muy cerca (a menos de 1 km). Los datos sobre velocidad de los vientos, radiación solar, evaporación, lecturas de temperatura por hora, humedad relativa y otros requieren generalmente equipo más complejo del que la mayoría de los presupuestos de programas de mejoramiento tienen disponible; por otra parte, estos factores no varían tanto como la precipitación, y los datos de la estación meteorológica más cercana pueden ser adecuados.

### **Caracterización del ambiente biológico**

Los componentes considerados con mayor frecuencia en el ambiente biológico incluyen organismos patógenos, ácaros e insectos; más recientemente se ha reconocido que en el caso de la yuca las asociaciones micorrízicas con las raíces, como también las beneficiosas asociaciones bacterianas con las raíces, los tallos y las hojas, son componentes importantes del ambiente biológico de la planta. La importancia que las variaciones entre las



variedades tienen con respecto a las dos asociaciones mencionadas no se comprende bien; en cambio, es bien conocido el papel de la resistencia varietal a las enfermedades y a las plagas.

A nivel local, otros componentes ambientales biológicos como son los mamíferos plaga (por ejemplo, cerdos salvajes que cavan las raíces, elefantes que pisotean las plantas, o venados que comen el follaje) pueden ser importantes. Es difícil generalizar acerca de estos tipos de problemas, excepto para decir que son generalmente bien conocidos por los agricultores locales, y que por lo general es posible determinar su existencia y gravedad mediante simples entrevistas.

Dentro del ambiente biológico, el sistema de cultivo es uno de los factores más influyentes en el desempeño varietal. Puesto que no existen datos detallados ampliamente disponibles sobre sistemas de cultivo, un especialista en la materia o un agrónomo debería caracterizar los más importantes de la región objetivo y plantear las metas para el mejoramiento de tales sistemas en el futuro. Los objetivos del fitomejorador de yuca se deben establecer de tal manera que coincidan con los del agrónomo y viceversa, para que las alteraciones en el sistema de cultivo o en la variedad puedan ser complementarias, o por lo menos para que no ejerzan efectos inesperados adversos entre sí.

El ambiente biológico y el físico se interrelacionan estrechamente; ejemplos de este hecho son el sombreado y los efectos de la competencia nutricional en el caso de cultivos múltiples o de presencia de malezas.

## **Subdivisión del Area Objetivo**

Para fijar objetivos de mejoramiento, es esencial la caracterización del área (ambiente) de acción. También se puede necesitar la subdivisión de la región si el rango de diversidad dentro de ella es tal, que sea difícil para el fitomejorador combinar en una variedad única las características necesarias, en un plazo razonable. Se pueden dar algunos ejemplos obvios: si la

región objetivo incluye altiplanos y zonas tropicales de tierras bajas (por ejemplo, desde más de 1700 m.s.n.m. hasta menos de 500 m.s.n.m.), la posibilidad de desarrollar una variedad única adaptada a ambos extremos de temperatura sería mínima; el fitomejorador puede optar por desarrollar simultáneamente dos variedades, una para las tierras bajas y otra para la parte alta, dividiendo la prioridad entre las dos regiones basado en los objetivos generales del programa.

Es necesario tomar muchas decisiones acerca de la metodología adecuada para subdividir un ambiente. Como todavía es muy limitada la información sobre la respuesta de la yuca a muchas variaciones ambientales, quizás los procedimientos para este proceso de toma de decisiones no sean muy directos. ¿Qué grado de diferencias entre los tipos de suelos o de climas justifica una subdivisión? ¿Son las diferencias en los problemas de plagas o de enfermedades dentro de la región una base legítima para desarrollar variedades diferenciadas? No es posible generalizar las respuestas a estos interrogantes, ya que cada situación individual requiere un enfoque analítico diferente; sin embargo, es posible hacer ciertas generalizaciones acerca de los medios de aproximación a ellos.

El primer principio que se debe recordar es que la respuesta de la planta misma es la mejor medida del ambiente. Cualesquiera sean las impresiones del fitomejorador acerca de las diferencias ambientales, éstas se deben probar mejor mediante ensayos varietales que comparen un grupo de clones diversos con respecto al rango de variabilidad ambiental de la región; se debe dar énfasis a la condición 'diversos', ya que cuando se usa sólo un rango estrecho de clones con reacción no característica es posible sacar conclusiones falsas. Luego se efectúa el análisis estadístico de estas pruebas para detectar la posible interacción genotipo-ambiente (G-A).

La interacción G-A en sí misma no justifica subdividir los objetivos de mejoramiento; es necesario efectuar análisis de los factores que la causan, y si se descubre que tal causa es fácil y económicamente controlable, probablemente la subdivisión de los objetivos de mejoramiento sea innecesaria. Un ejemplo podía ser

el caso en que se demuestre que una interacción fuerte G-A es el resultado de la deficiencia de zinc en una región; ésta se puede corregir fácilmente mediante el tratamiento de las estacas con una solución de sulfato de zinc, lo que hace injustificable el mejoramiento de variedades distintas para las dos zonas con diferente disponibilidad del nutrimento.

Otro ejemplo puede ser una interacción causada por daños de trips. En un mismo país el ataque de trips puede ser muy serio en una región e insignificante en otra, y una prueba de variedades que incluya clones resistentes y susceptibles mostraría probablemente una interacción G-A. En este caso si el fitomejorador sospecha que la causa principal de la interacción es el daño de trips, puede sembrar pruebas en los mismos lugares con parcelas protegidas y desprotegidas con insecticidas. La falta de una interacción significativa puede indicar que hay mejores alternativas para la subdivisión del área; simplemente incorporando resistencia a los trips en todas las variedades nuevas, se tendría un potencial para adaptarlas en toda la región objetivo.

Los métodos estadísticos para la subdivisión ambiental están relativamente bien desarrollados, e incluyen generalmente algunos medios para comparar el desempeño entre sitios. El análisis de conglomerados está entre los procedimientos más comúnmente usados. Una de las limitaciones principales de este análisis es que describe una situación de status quo, mientras el fitomejorador está más interesado en subdividir el área sobre la base del ambiente que las variedades nuevas crearán; como esto nunca es fácil, el camino es tratar de proyectar, por ejemplo, los cambios que se puedan producir en el ambiente biológico por efecto de la intensificación de las prácticas culturales, o por la adopción generalizada de una variedad susceptible a una plaga anteriormente sin importancia.

Si varios factores o aún unos pocos rasgos multigenéticamente controlados son los responsables de las interacciones, probablemente la subdivisión del área junto con el desarrollo de variedades de distintas características sea más efectiva que el establecimiento de objetivos demasiado complejos.

Otra situación puede ser aquella en que la interacción genotipo-localidad está dada por la modificación de una práctica agronómica sencilla. Este es el caso de la interacción causada por la susceptibilidad a la pudrición radical en suelos con tendencia a este problema y en suelos que no la tienen; la preparación de caballones antes de sembrar puede eliminar tal interacción y, por lo tanto, la necesidad de hacer mejoramiento por resistencia a pudriciones de la raíz, el cual es un objetivo muy difícil.

Se puede tener la impresión de que la subdivisión del área objetivo para fines de mejoramiento sólo se puede efectuar después de pruebas extensas y costosas y de un análisis estadístico complejo; pero los fitomejoradores generalmente no tienen los recursos ni el tiempo para embarcarse en dicho esquema. En algunos cultivos que tienen una historia más larga y exhaustiva de investigaciones es posible compilar datos existentes y hacer análisis apropiados; en yuca esto no es generalmente posible, porque las investigaciones en esta especie son generalmente limitadas y porque los datos de pruebas varietales, donde existen, son demasiado someros para permitir determinar los factores que más afectan el rendimiento.

## **Una Clasificación de los Ambientes para la Yuca**

Después de una experiencia de alrededor de 10 años en investigaciones sobre yuca, el CIAT hizo tentativamente una clasificación amplia de los ambientes de ese cultivo a nivel mundial (Cuadro 1). Esta clasificación, que ha sido la base para una subdivisión de los objetivos de mejoramiento, es una simple subdivisión jerárquica, basada en los factores ambientales que afectan la adaptación y la productividad de la yuca. Tales factores se controlan más apropiadamente mediante el mejoramiento que modificando el ambiente.

### **Bases de la clasificación propuesta**

El primer nivel de subdivisión (Cuadro 1) se basa en la temperatura. Los estudios de fisiología han demostrado

No. Descripción general ZEC	Areas representativas	Lugares en Colombia para la evaluación de germoplasma y pruebas de tecnología	Principales problemas que afectan el rendimiento
1 Tierras bajas del trópico con estación seca prolongada, lluvias anuales de bajas a moderadas, temperaturas altas en todo el año.	Nordeste de Brasil, costa norte de Colombia, costa norte de Venezuela, Tailandia, sur de India, África (franja demidesértica).	El Carmen de Bolívar, Media Luna, Nataima, Rionegro	Sequía, ácaros, trips, piojo harinoso, bacteriosis, pudrición radical, virus.
2 Sabanas de suelos ácidos con una estación seca entre moderada y larga, humedad relativa baja durante la estación seca.	Llanos de Colombia y Venezuela, Cerrados de Brasil, sabana del sur de México.	Carimagua, Villavicencio	Infertilidad del suelo, sequía, bacteriosis, superalargamiento, antracnosis, mancha de la hoja, Cercospora, ácaros, chinche de encaje, y piojo harinoso.
3 Trópicos bajos con una estación seca leve, lluvias abundantes, humedad relativa alta y constante.	Hoya amazónica de Brasil, Colombia, Ecuador y Perú: bosques lluviosos de África.	Chigorodó, Florencia	Baja fertilidad del suelo, antracnosis, Cercospora, superalargamiento.
4 Trópicos de altitud media (800-1500 m) con estación seca y temperatura moderada.	Areas de altitud media de la zona andina, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Indonesia, Filipinas, Vietnam, India y África.	Caicedonia, CIAT-Palmira, CIAT-Quilichao	Trips, ácaros, piojo harinoso, bacteriosis, micoplasma, antracnosis, pudrición radical, y virus.
5 Tierras tropicales altas (1600-2200 m) y frías con temperaturas aproximadas de 17-20 °C.	Tierras altas de la zona andina y África tropical.	Popayán	Temperaturas bajas, mancha de la hoja causada por Phoma, antracnosis, y ácaros.
6 Areas subtropicales, con inviernos fríos y duración variable del día.	Sur de Brasil, Paraguay, norte de Argentina, Cuba, norte de México, sur de China, Taiwán.	Ninguno	Temperaturas bajas en invierno, bacteriosis, superalargamiento, antracnosis.

claramente considerables interacciones G-A para la temperatura, y como éste es uno de los componentes ambientales más predecibles, es un criterio lógico para la subdivisión.

Dos tipos de variaciones de la temperatura afectan la adaptación de la yuca: 1) la que se presenta en el corredor tropical, donde la fluctuación anual es pequeña pero las temperaturas disminuyen con el aumento de la altitud; 2) la que ocurre en los subtrópicos que, como Brasil meridional, Paraguay, Cuba y China, también son importantes para la producción de yuca, donde las variaciones estacionales en la temperatura son grandes; en este caso la temperatura en invierno puede descender por debajo del punto de congelación, y detener o bajar a un mínimo el crecimiento de los cultivos.

Usando la temperatura como criterio para la clasificación se han definido cuatro zonas de adaptación. Tres de estas zonas corresponden a los trópicos y se definen de acuerdo con la altitud, así:

- a. Tierras bajas (0 a 800 m.s.n.m., o con una temperatura diaria media  $> 25$  °C).
- b. Zonas de altitud media (800 a 1500 m.s.n.m., o con una temperatura diaria media de 22-25 °C).
- c. Tierras altas (de 1500 a 2200 m.s.n.m., o con temperatura diaria media de 17-21 °C).

No hay una diferenciación abrupta entre la adaptación en estas zonas, sino más bien una adaptación continua entre la baja y la alta temperaturas. Sin embargo, parece haber una delimitación algo más abrupta entre las temperaturas superiores a 20 °C y las inferiores a ese límite; puesto que en los subtrópicos virtualmente toda la yuca se siembra en las tierras bajas, no es necesaria ninguna subdivisión adicional de las zonas subtropicales.

En las tierras tropicales bajas es donde se produce la mayor cantidad de yuca y, en consecuencia, se impusieron allí criterios para su subdivisión adicional. Este segundo nivel de clasificación se basa en una combinación de modelos de precipitación y tipos de suelo, así:

- Con precipitación de baja a moderada y una estación seca larga, o sea de tres o más meses con  $< 100$  mm/mes.
- Con precipitación de moderada a alta y una estación seca larga, y con suelos ácidos e infértiles de sabana.
- Con precipitación alta y una estación seca corta o sin estación seca.

Los modelos de precipitación baja a moderada describen las regiones productoras de yuca más importantes del mundo; esto se debe indudablemente a la capacidad que tiene la yuca para utilizar eficientemente el agua disponible y para sobrevivir durante períodos de sequía prolongada. Los modelos de precipitación moderada a alta, con una estación seca larga caracterizan algunas de las extensas praderas de suelo ácido o regiones de matorrales del mundo, como las de Colombia, Venezuela, Brasil, México y África Occidental. Las zonas de precipitación alta describen principalmente el ecosistema de bosque tropical.

Aunque la yuca se adapta bien a las sabanas de suelo ácido, carece actualmente de importancia en ellas debido a las bajas densidades de la población humana y a la deficiente infraestructura para el mercadeo. Los ecosistemas de bosque tropical son importantes en extensas zonas de América Latina, África y Asia.

Es importante notar que, aunque las zonas tropicales de tierras bajas se definen sobre la base del suelo y de factores climáticos, los complejos de plagas y de enfermedades desempeñan a menudo una función igualmente importante en cuanto a las interacciones G-A. Este hecho justifica la subdivisión del área de tratamiento; sin embargo, los complejos de enfermedades y plagas de importancia real o potencial son afectados principalmente por factores climáticos y de suelo, y en consecuencia siguen la misma subdivisión general geográfica.

## **Uso y limitaciones de la clasificación de los ambientes**

Por ser el del CIAT el único programa de investigación en yuca con un mandato mundial, la clasificación usada por este centro se tomará como referencia en este documento; sin embargo, otras instituciones también han desarrollado criterios para la subdivisión, los cuales coinciden de una manera general con la clasificación del CIAT. Por supuesto, el fitomejorador también puede hallar subdivisiones adicionales convenientes; la forma de utilización, por ejemplo, puede dar origen a una de ellas, y este sería el caso de requerirse raíces amargas para un uso final y raíces dulces para otro, ya que la posibilidad de tener una variedad única que satisfaga ambas necesidades sería muy pequeña.

En resumen, la mejor alternativa para la subdivisión de las regiones objetivo debe comprender los siguientes pasos:

1. Conocer el cultivo y su ambiente en toda el área objetivo.
2. Compilar los datos que haya disponibles sobre pruebas varietales y sus correspondientes componentes ambientales.
3. En cuanto sea posible, analizar estadísticamente los datos y formular hipótesis sobre los rasgos ambientales más importantes en la interacción G-A.
4. Hacer hipótesis sobre cuáles efectos de esos rasgos se pueden reducir con relativa facilidad por medio de prácticas culturales, cuáles se pueden disminuir por modificación genética de la planta y, finalmente, cuáles requerirán una subdivisión de los objetivos de mejoramiento.
5. Establecer un programa de mejoramiento sobre la base de estas hipótesis.
6. Simultáneamente con el programa de mejoramiento en ejecución, probar las hipótesis con ensayos de evaluación estándar o, si fuera necesario, con pruebas diseñadas para responder preguntas específicas.
7. Hacer los ajustes necesarios en la estrategia de mejoramiento a medida que se disponga de información nueva.



Con esta estrategia generalizada para la subdivisión del ambiente es improbable que se cometan errores graves de juicio desde el principio, y se puede tener una enorme ventaja potencial de un buen comienzo en la selección de progenitores, el cruzamiento y la selección preliminar. No se quiere decir que los objetivos de mejoramiento se deban establecer sin bases, sino más bien que la base de datos para tomar decisiones rara vez es totalmente confiable, aunque esté bien diseñada. En consecuencia, es a menudo contraproducente esperar varios años de datos antes de actuar en el diseño de programas de mejoramiento.

En el proceso de refinación permanente en la definición de los ambientes de cultivo de la yuca, la Unidad de Estudios Agroecológicos del CIAT ha desarrollado una clasificación jerárquica de las condiciones de clima y de suelo, basada en algunas relaciones simples entre cultivo y ambiente, definidas por el Programa de Yuca del centro. El clima se ha dividido en cuatro niveles según sean:

- El promedio de la temperatura para la estación de crecimiento ( $< 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  ó  $> 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- La duración de la estación seca (meses en los cuales la precipitación es  $< 60\text{ mm}$ )
- El rango de la temperatura diaria ( $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ó  $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- La estacionalidad (isotérmica o no isotérmica).

Por encima de la clasificación climática se encuentran siete categorías de características del suelo.

La clasificación descrita se debe considerar, sin embargo, muy preliminar todavía, ya que el efecto de los parámetros climáticos dados sobre la adaptación de la yuca se interpreta sólo de una manera general, y los efectos de las variaciones del suelo se comprenden aún menos. Por otra parte, la clasificación está concebida para describir el comportamiento de una variedad de yuca 'universal' hipotética, quizás correspondiente a un desempeño 'intermedio' de todas las variedades existentes en el

mundo; sin embargo, no se consideran las amplias diferencias genéticas en la capacidad de los clones para adaptarse a las variaciones ambientales, ni la capacidad de los fitomejoradores para modificar el rango de adaptación mediante el mejoramiento.

Una dificultad grande en la refinación de esta clasificación con la presente base de datos es que existe muy poca información de pruebas uniformes de variedades sembradas en ambientes ampliamente variables. A diferencia de lo que ocurre con los cultivos importantes propagados por semilla como el arroz, el trigo y el maíz, en la yuca estos tipos de pruebas son muy difíciles de establecer, debido tanto a factores de manejo como al bajo nivel de recursos aplicados a las investigaciones sobre el cultivo. En todo caso, mientras no se disponga de este tipo de datos será imposible determinar la utilidad de cualquier sistema de clasificación.

¿Cuáles, entonces, son las implicaciones para el fitomejorador de yuca? Para la mayoría el problema no es tan grave como puede parecer en esta discusión, ya que sólo los centros internacionales están considerando el rango de diversidad mundial, mientras los programas nacionales tratan generalmente con una variación ambiental mucho menor. Sin embargo, algunos de estos programas, como es el caso del de Brasil, tienen que entenderse con una variación muy amplia.

Aunque los estudios agroecológicos quizás no sean todavía muy definitivos en la orientación para el establecimiento de una estructura de mejoramiento, constituyen un punto de partida y los fitomejoradores deberían considerar los tipos de pruebas que provean una base para mejorar esa clasificación.

## **Definición de los Sitios de Prueba**

Después de completar una caracterización del área objetivo y los mercados correspondientes, se escogen sitios específicos para los ensayos. En teoría, se deben elegir sitios cuyas condiciones sean muy similares a aquellas en las cuales los agricultores están cultivando yuca, por ejemplo en cuanto a la topografía, a la

estructura y fertilidad del suelo, a los patrones climáticos y a las presiones de enfermedades y plagas.

En los países en donde existe una red de estaciones experimentales es a menudo lo más conveniente usar tales estaciones para la selección. Con esta opción se tienen las ventajas de una infraestructura establecida, un control más completo de las variables extrañas por parte del investigador, y una alta probabilidad de continuidad en el acceso a la tierra y a las instalaciones. Por otra parte las estaciones experimentales tienen el inconveniente de estar frecuentemente ubicadas en los mejores suelos cuando la yuca se cultiva en los suelos más pobres; las variedades seleccionadas sólo bajo las condiciones favorables de una estación experimental pueden no resultar apropiadas para condiciones de estrés. Naturalmente en este caso no se puede generalizar, y cada situación se debe estudiar individualmente.

En resumen, algunas de las condiciones más importantes de un sitio escogido para las pruebas son:

- a. Que sea muy representativo del área objetivo o de una zona dentro de ella según se haya decidido al caracterizarla (por factores socioeconómicos, físicos y biológicos).
- b. Accesible durante todas las épocas del año, inclusive durante los períodos de alta precipitación si éstos son comunes en la región.
- c. Relativamente uniforme en cuanto a las condiciones del suelo.
- d. Disponible a mediano o largo plazo.
- e. Debe estar tan libre como sea posible de peligros de robo, de la intervención no programada de agricultores en el manejo de pruebas, y de otros daños de origen humano.
- f. No debe estar expuesto a la acción del ganado bovino o de animales salvajes que puedan dañar las parcelas en forma selectiva o aleatoria sin que medien criterios de interés para el fitomejorador.

A menudo todos estos requisitos no se reúnen siquiera en estaciones experimentales bien administradas, mucho menos en los campos de los agricultores; pero ellos deben servir como normas para el investigador en la búsqueda de sitios para realizar pruebas de mejoramiento de yuca.

Otro factor que se debe considerar al escoger los sitios de evaluación es la variabilidad general que presenta la región objetivo y la cantidad de sitios que se necesitan para representar dicha variabilidad. Este número de sitios está estrechamente ligado con el diseño general de un esquema de evaluación, y en la práctica dependerá de muchos factores.

El presupuesto disponible es a menudo (y desgraciadamente) el más importante de tales factores; sin duda, cada sitio adicional es costoso y este costo se debe considerar frente a la ganancia esperada con las pruebas adicionales. Una segunda consideración crítica en cuanto a los sitios es el tiempo que el fitomejorador puede dedicarles para administrarlos bien; para que un sitio provea información útil, el fitomejorador debe visitarlo y evaluarlo varias veces durante todo el período de crecimiento.

Idealmente el fitomejorador debe prever cierta flexibilidad para cambiar los sitios de ensayo si se hace evidente que alguno de ellos no es apropiado. Esa previsión es especialmente importante en los primeros años de un programa, cuando todavía pueden estar cambiando los criterios de selección; en este caso podría ser mejor contratar con agricultores para hacer las pruebas en sus fincas en lugar de hacer inversiones grandes tanto en tierra como en infraestructura, ya que este hecho impondría virtualmente el compromiso de usar tales recursos a largo plazo. Las estaciones experimentales rara vez están dedicadas a un cultivo único, y las oportunidades para la yuca están a menudo condicionadas por otros cultivos.

Otro fenómeno que hay que considerar al escoger entre metas a largo y a corto plazos es el cambio que los sitios experimentales pueden sufrir como resultado del cultivo continuo y de otras prácticas 'no convencionales' de los programas de mejoramiento. Es una experiencia común que las prácticas agronómicas en las

estaciones experimentales difieran ampliamente de las usadas en fincas, a veces debido a la falta de percepción del ambiente objetivo por parte de los investigadores, pero frecuentemente en virtud de las características inherentes a la investigación. Las estaciones experimentales pueden comprometerse en un cultivo continuo, y esta modalidad se puede considerar en ellas como una necesidad por problemas de espacio o de asignaciones hechas a los diferentes cultivos dentro de la estación, o por otros factores; los agricultores, en cambio, comúnmente rotan sus cultivos. De esa manera, el cultivo continuo en la estación experimental, que podría conducir a una acumulación anormal de plagas y organismos patógenos, podría dar al fitomejorador una impresión errónea de las prioridades que debe asignar al mejoramiento por resistencia.

Existe otra razón importante para que los sitios experimentales se consideren 'no representativos': es el hecho de que los programas de mejoramiento trabajan, por definición, con un rango amplio de variabilidad genética la cual incluye, generalmente, variabilidad por resistencia a plagas y enfermedades. Especialmente en las etapas tempranas de selección pueden haber muchas plantas hospedantes altamente susceptibles, las cuales crean el ambiente propicio para una acumulación anormalmente alta de plagas u organismos patógenos. Este fenómeno, igual que el de las prácticas culturales atípicas, puede dar lugar a que un fitomejorador asigne prioridades poco realistas a diferentes factores de resistencia.

Se podría teorizar que es mejor errar en cuanto al sitio de mejoramiento para obtener niveles de resistencia innecesariamente altos en lugar de obtener niveles insuficientemente bajos, pero en este caso el fitomejorador no estaría usando eficientemente los recursos. Una ventaja del cambio periódico de los sitios de selección es evitar este 'síndrome de estación experimental' donde los factores ambientales, biológicos o físicos se tornan progresivamente diferentes de aquellos del ambiente del agricultor, y proporcionan una información equívoca al fitomejorador en las prioridades de selección.

## **Características de la Variabilidad Genética y su Influencia sobre el Diseño de Programas de Mejoramiento**

### **Fuentes de germoplasma**

Una de las consideraciones importantes para definir la estructura de un programa de mejoramiento es la relacionada con las fuentes disponibles de germoplasma, ya que los diferentes 'tipos' de germoplasma se podrían usar de diferentes maneras.

En términos generales existen cuatro grupos básicos de fuentes de germoplasma:

1. Colecciones locales
2. Colecciones nacionales
3. Colecciones internacionales (de programas nacionales o internacionales)
4. Germoplasma mejorado de programas de mejoramiento

Para la utilización de cada una de estas categorías diferentes de germoplasma se requiere una diferente estructura de programa. En la evaluación de germoplasma normalmente se sigue una secuencia de la primera hacia la última de estas categorías, aunque también es común la evaluación simultánea de los diferentes grupos.

### **Formas del germoplasma y su efecto**

Para introducir un germoplasma nuevo de yuca, el fitomejorador tiene dos alternativas principales: introducirlo en forma vegetativa o en forma de semilla botánica; para el primer caso (forma vegetativa) existen a su vez esencialmente dos posibilidades: como plantitas in vitro o como pedazos de tallo o estacas. La decisión acerca de cuál de estas vías tomar tiene consecuencias importantes para la estructura del programa de mejoramiento, como se analiza enseguida.

El material vegetativo se usa normalmente cuando se trata de introducir líneas finalizadas, seleccionadas con la esperanza de que sean superiores a los clones locales; también se usa para introducir genes responsables de características específicas, con el fin de usarlos en un programa local de cruzamiento.

Entre las principales ventajas de la introducción de material vegetativo están:

- a. Normalmente los clones tienen antecedentes de evaluaciones que pueden servir al fitomejorador para predecir, al menos parcialmente, el comportamiento probable de los materiales en su propio ambiente o ambientes.
- b. El manejo de las evaluaciones de material vegetativo introducido puede ser más fácil, sin que haya necesidad de una capacitación especializada para el manejo de poblaciones segregantes.

El aspecto negativo del material vegetativo consiste en que normalmente sólo permite introducir un número limitado de genotipos (sea por estacas caulinarias o por meristemas); esta es una limitación, ya que en muchos casos el interés del fitomejorador es introducir un rango muy amplio de variabilidad genética, con el fin de maximizar la probabilidad de hallar genotipos que combinen todas las características requeridas para obtener adaptación local, resistencia, calidad, etc.

Actualmente muchos países exigen que cualquier introducción vegetativa de yuca se haga en forma de cultivos *in vitro*, asépticos. Aunque esta es una precaución necesaria desde el punto de vista cuarentenario, presenta limitaciones en cuanto al manejo, ya que se requiere una atención especial para pasar los cultivos *in vitro* a las condiciones de cultivo en el campo donde las plantas se van a evaluar finalmente.

La introducción de semilla proveniente de cruzamientos de padres apropiadamente seleccionados provee un medio relativamente sencillo para la introducción de una alta variación genética. Sin embargo, puesto que las plantas que provienen de

semillas son genéticamente diferentes y también son diferentes de cualquier clon paterno, carecen de datos sobre sus antecedentes; no obstante, cuando el proveedor de la semilla suministra información sobre las características paternas, ésta puede dar una idea general de las características de la progenie.

El CIAT está estimulando a los programas colaboradores para que combinen la introducción de semillas (poblaciones segregantes) con la de cultivos in vitro, con el fin de que capitalicen las ventajas de ambos sistemas; sin embargo, las experiencias que ha ganado el centro durante varios años sugieren que la mayoría de los programas harían bien en dar prioridad a la introducción de semillas.

A menudo, las introducciones de clones sirven como una base para determinar potencialidades y debilidades de genotipos conocidos, y por lo tanto ayudan a centrar los objetivos de mejoramiento. Luego estos mismos clones se pueden usar en hibridaciones o para determinar qué características deben tener los progenitores para una región dada.

La forma de los materiales (en estacas, in vitro, o en semillas), con los cuales el fitomejorador empieza las evaluaciones, tiene varias consecuencias para el diseño de los programas.

Primeramente, con cualquiera de las alternativas se supone que después de la multiplicación inicial, y posiblemente de la selección, se continuará con la propagación vegetativa, la evaluación y la selección durante varias generaciones; por lo tanto es principalmente en las fases tempranas de selección cuando la forma de introducción del germoplasma da como resultado una diferente estructura.

Cuando el material se introduce en forma de estacas, las pruebas de selección se pueden sembrar de inmediato; por lo tanto, una de las ventajas principales de este método es el factor tiempo.

La introducción que se hace in vitro implica invariablemente un retraso, normalmente de un año o más (muchas veces hasta unos pocos años), hasta completar el proceso de transferencia a



macetas, transferencia al campo, producción de material vegetativo de siembra y finalmente pruebas de evaluación. La evaluación agronómica se tiene que dejar para el segundo ciclo (propagación de estacas), ya que en las plantas generadas in vitro muchos rasgos pueden variar, en comparación con el mismo clon propagado por estacas.

## **Conclusiones**

El diseño de un programa de fitomejoramiento genético implica para el fitomejorador la toma de decisiones sobre una amplia gama de criterios. Las bases para las decisiones incluyen consideraciones socioeconómicas, biológicas, climáticas y edáficas. Es poco frecuente que se disponga del nivel de información deseado para la planeación en forma óptima; por lo tanto, muchas veces el investigador tiene que buscar un balance entre dedicar mucho tiempo a estudios preliminares y avanzar con el programa de fitomejoramiento, basándose en la poca información que haya disponible.

El fitomejoramiento es en general una ciencia muy aplicada, y la medida del éxito no consiste tanto en el número de publicaciones que se hagan como en la entrega de nuevas variedades mejoradas a los agricultores. Para que las variedades tengan el éxito esperado, el fitomejorador debe tener una visión amplia y comprensiva al diseñar su programa.



# CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS PARA LA SELECCION DE YUCA

*James H. Cock y Mabrouk A. El-Sharkawy\**

El crecimiento y el desarrollo de la planta de yuca están dominados por la relación que existe entre el índice del área foliar (IAF) y la producción total de biomasa y su distribución; esta relación determina el rendimiento final. A medida que el IAF aumenta, la tasa de crecimiento del cultivo tiende a incrementarse hasta alcanzar un nivel de estabilidad cuando el valor del IAF es de aproximadamente 4-5; puesto que este valor del IAF corresponde a más de un 95% de intercepción de la luz, cualquier aumento adicional en él probablemente no origine mayores incrementos en la producción de biomasa, a menos que haya cambios considerables en las características de la cubierta foliar.

El crecimiento de las hojas, que son el sitio de producción de carbohidratos, es un proceso que se realiza simultáneamente con el llenado de las raíces con estos compuestos, durante la mayor parte del ciclo de crecimiento del cultivo; por lo tanto, entre las hojas y las unidades nodales del tallo que las soporta existe una competencia directa con las raíces por los carbohidratos.

## **El IAF como Parámetro de Selección**

Para mantener un IAF alto se requiere una mayor cantidad de carbohidratos que para mantener un IAF bajo (Figura 1); como

---

\* Respectivamente, líder y fisiólogo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia. J. H. Cock es actualmente director de CENICAÑA, Cali, Colombia.

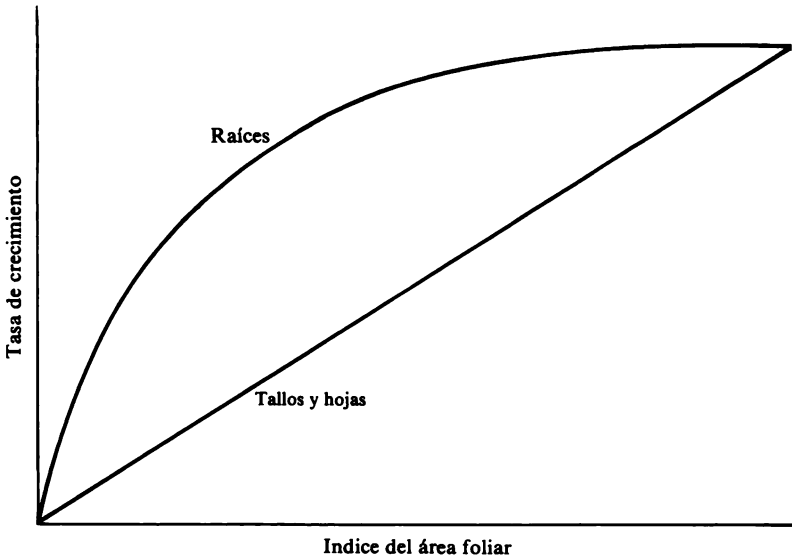


Figura 1. Representación esquemática del balance entre el crecimiento de la raíz y el de la parte aérea, en relación con el índice del área foliar (IAF).

se había demostrado previamente (p. ej., Cock et al., 1979; Tan y Cock, 1979), los carbohidratos que exceden las necesidades de la planta en cuanto a la producción de hojas y tallos están disponibles para el llenado de las raíces. Por lo tanto, la cantidad total absoluta de carbohidratos disponibles para el llenado de las raíces aumenta a medida que el IAF aumenta, hasta cuando éste alcanza un óptimo; luego esa cantidad se reduce (Figura 1). Los fitomejoradores pueden seleccionar entonces variedades que poseen un IAF de aproximadamente 3, que es considerado como óptimo.

Como el IAF no se puede medir fácilmente, ni el concepto se puede aplicar a plantas individuales, Cock et al. (1979) propusieron la selección de materiales de yuca con base en tipos de ramificación tardía<sup>1</sup>; estos materiales deben presentar un IAF de aproximadamente 3 durante gran parte del ciclo de su crecimiento, cuando crecen en condiciones similares a aquellas en

1. Materiales que presentan su primera ramificación a los seis meses después de la siembra, aproximadamente.

las cuales se seleccionaron originalmente. Aplicando estos criterios en una escala arbitraria, Hershey, C. (comunicación personal) ha encontrado que la selección visual de plantas individuales se correlaciona bien con el rendimiento de las mismas plantas cuando se desarrollan en una comunidad.

## **El Índice de Cosecha, otro Parámetro de Selección**

Los fitomejoradores se han sentido atraídos por la idea de utilizar el índice de cosecha (IC) como herramienta de selección; en trabajos anteriores realizados por Kawano et al. (1978) se indicó que dicho índice era una herramienta útil para la selección y que era fácil de obtener.

El IC se tiene que utilizar con precaución; así, al estimar su valor en la representación esquemática de la Figura 1 se puede encontrar que existe un valor óptimo para un rendimiento máximo. Por lo tanto, la selección basada en un valor alto para el IC sólo será efectiva si en las poblaciones iniciales su valor medio es bajo; el efecto será negativo si las poblaciones iniciales ya tienen índices de cosecha muy altos (Figura 2). En

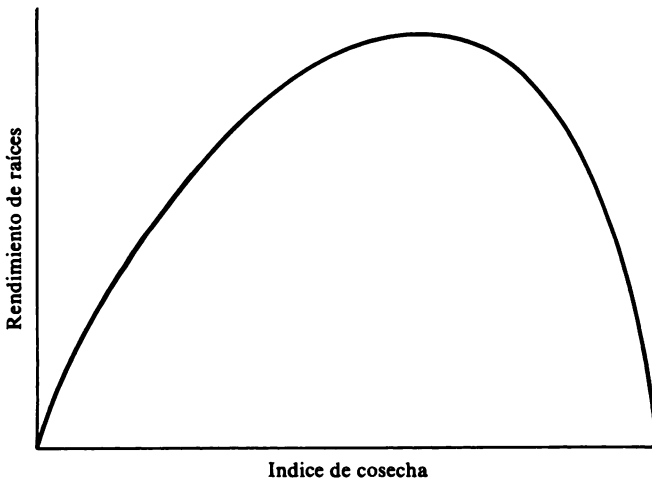


Figura 2. Representación esquemática del rendimiento de raíces de yuca en función del índice de cosecha.

consecuencia, los fitomejoradores deben seleccionar con base en un IC óptimo, cuyo valor parece estar entre 0.50 y 0.65.

Hay que tomar otras precauciones cuando se selecciona con base en el IC, ya que éste tiende a ser mayor cuando las plantas están en condiciones de baja fertilidad o de estrés de agua; por lo tanto, un material seleccionado como óptimo en condiciones de estrés bajo, tenderá a presentar un IC excesivamente alto y, quizás, un menor rendimiento cuando se cultive en condiciones de poco estrés. Por otra parte, plantas con un IC alto sufrirán más con una presión alta de plagas.

## **Selección para Condiciones Variables**

Probablemente es cierto que los fitomejoradores tienden a seleccionar los materiales en condiciones de un estrés menor que el que tales materiales sufren en la práctica comercial. En general, esta tendencia se debe evitar; no obstante, se pueden seleccionar variedades que presenten menor disminución en su rendimiento en condiciones de estrés. Si se seleccionan tipos que posean un IAF ligeramente superior al óptimo y un IC ligeramente inferior, tales variedades tenderán a presentar una respuesta de rendimiento más estable en condiciones de estrés, como se ve en la Figura 3 y también en El-Sharkawy y Cock (1987a). Adicionalmente, esos tipos de plantas serán más capaces de tolerar una presión de plagas.

Los fitomejoradores siempre están buscando variedades con rendimientos cada vez mayores. Como resultado de la manipulación del IC y el IAF se han seleccionado muchas variedades que alcanzan el máximo potencial de rendimiento que se puede esperar; entonces, ahora se trata de aumentar aún más ese potencial de rendimiento, y para el efecto parecen existir dos posibilidades principales:

- a) Conseguir que la planta mantenga la producción total de biomasa y que al mismo tiempo use menor cantidad de carbohidratos en la producción de hojas y tallos;
- b) Combinar una mayor producción de biomasa con un alto índice de cosecha.

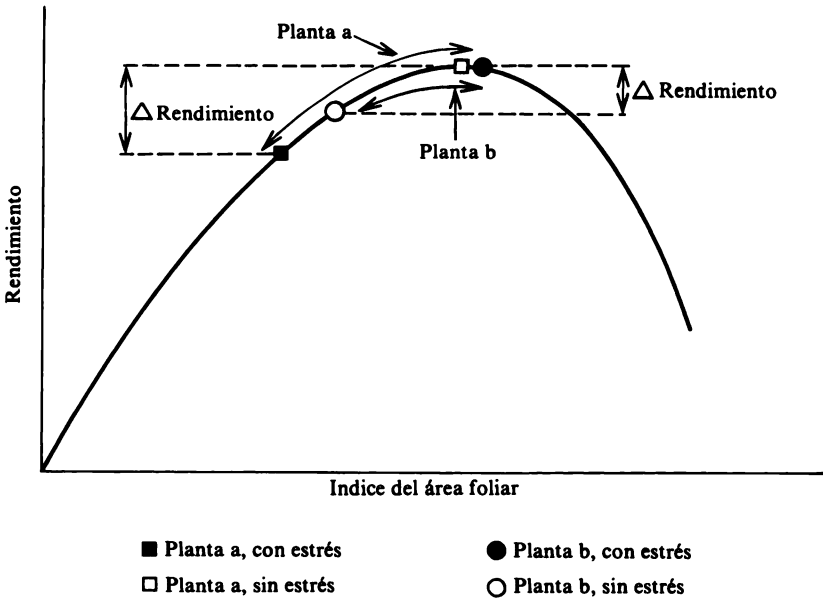


Figura 3. Ejemplo de un tipo de planta (a) con un potencial de rendimiento alto pero con baja estabilidad en condiciones de estrés, y un tipo de planta estable (b), con un índice de área foliar más alto en condiciones sin estrés.

La primera posibilidad presenta dos opciones, una de las cuales consiste en reducir el peso de las unidades nodales que soportan las hojas; sin embargo, los autores sienten que esta opción no es atractiva porque producirá pesos muy bajos en el material de siembra (las unidades nodales) para los cultivos subsiguientes. La opción alternativa es aumentar la longevidad de las hojas, de tal manera que la planta pueda producir menos cantidad de ellas sin que se reduzca su área foliar; este hecho elevaría el valor del IAF óptimo y permitiría una mayor producción total de biomasa, con un IC que todavía estaría en el rango óptimo (Figuras 4 y 5).

A primera vista, esta opción de aumentar la longevidad de la hoja parece ser muy atractiva, y es opinión de los autores que ella tiene un gran potencial. No obstante, debe tenerse cuidado porque este enfoque implica una tasa relativamente baja de producción foliar y, por lo tanto, una lenta recuperación de la planta cuando sea atacada por enfermedades o plagas que causen defoliación; por otra parte, es necesario que las hojas viejas

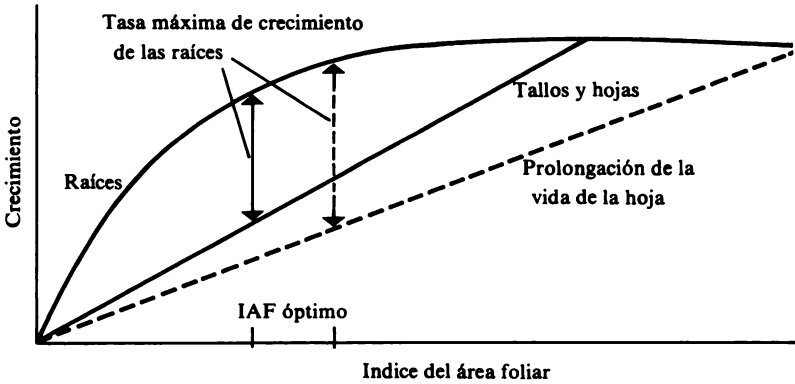


Figura 4. El potencial de crecimiento de la yuca se puede aumentar mediante una vida más larga de las hojas.

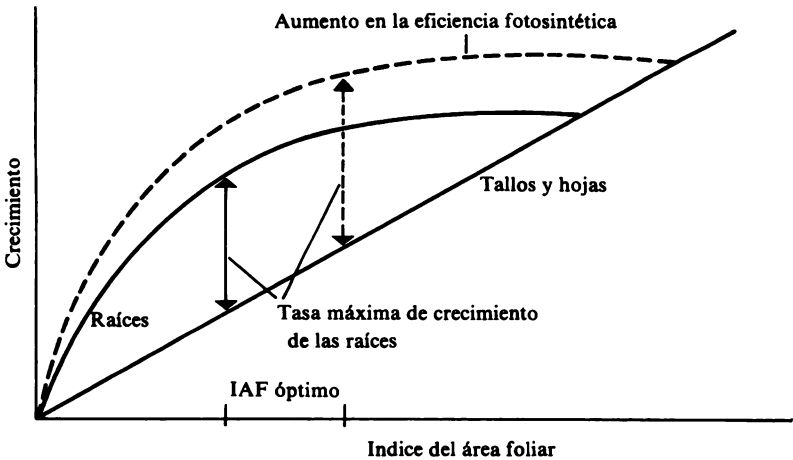


Figura 5. El potencial de rendimiento de la yuca también se puede aumentar incrementando la eficiencia fotosintética de la planta.

mantengan su eficiencia y esto no será posible si están infectadas por enfermedades o afectadas por plagas. Por lo tanto, para que el aumento en la longevidad de la hoja sea efectivo debe estar acompañado de altos niveles de resistencia en la planta, o de esquemas efectivos de manejo de plagas.



En cuanto a la segunda posibilidad para aumentar el potencial de rendimiento, combinando una mayor producción de biomasa con un alto índice de cosecha, existe evidencia de que eso es posible (Kawano, K., comunicación personal); los autores sospechan que esto se puede lograr mediante una prolongada vida foliar. Este carácter se puede seleccionar por observación visual del número de nudos que hay en cualquier rama que mantenga sus hojas.

## **Otros Posibles Parámetros de Selección**

Las técnicas disponibles actualmente permiten a los fitomejoradores seleccionar fácilmente los caracteres hasta ahora descritos; sin embargo, existen otras posibilidades de selección futura, las cuales son ahora objeto de investigación. Es necesario recalcar que en los momentos actuales ninguna de ellas se puede ni se debe utilizar regularmente, ya que son altamente especulativas y de eficacia no comprobada aún. Las principales de tales técnicas son:

### **Mayor eficiencia en la producción de biomasa**

Como se muestra esquemáticamente en la Figura 4, existe potencial para aumentar la producción total de biomasa por unidad de IAF; con un aumento del 10% en la eficiencia de la producción de biomasa por unidad de IAF se obtienen incrementos de 20% o más en el rendimiento según lo sugiere el uso de modelos de simulación. Por lo tanto, aún pequeños aumentos en la eficiencia de la producción de biomasa pueden producir considerables incrementos en el rendimiento.

### **Plantas con hojas amfistomatosas<sup>2</sup>**

Los estomas de la yuca son extremadamente sensibles a la humedad del aire (El-Sharkawy y Cock, 1984), y tienden a cerrarse cuando ésta está baja aunque haya suficiente agua en el

---

2. Con estomas por ambas superficies.

suelo. El cierre de los estomas reduce la transpiración y por ende la pérdida de agua, al mismo tiempo que reduce el intercambio de gas entre la hoja y el aire ambiental; esto disminuye la fotosíntesis.

Por otra parte, la respuesta estomatal al aire seco hace que la yuca sea uno de los cultivos más tolerantes a la sequía; sin embargo, el cierre de los estomas reduce la producción total de biomasa, y además funciona aún cuando las condiciones sean en general de abundancia de agua en el suelo, y el cultivo no necesite de ese mecanismo para sobrevivir a las condiciones de estrés de agua. El-Sharkawy et al. (1985) han señalado que las hojas con estomas en ambas superficies pueden ser menos sensibles a la humedad del aire y, en consecuencia, las plantas que las posean presentarán un mayor potencial de producción en lugares donde el agua del suelo no sea un factor limitativo. Existen técnicas de campo sencillas, como la porometría, para identificar rápidamente las hojas anfistomatosas.

### **Fotosíntesis C<sub>4</sub>**

Se sabe que, en general, las plantas cuya fotosíntesis se realiza por la vía C<sub>4</sub> producen más biomasa por unidad de área foliar y son también más eficientes en la utilización del agua. En el caso de la yuca, investigaciones recientes indican que esta planta sigue un conducto fotosintético intermedio entre C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> (El-Sharkawy y Cock, 1987b; Cock et al., 1987).

La yuca posee los sistemas enzimáticos para la fotosíntesis C<sub>4</sub>, aunque tales sistemas no son tan activos como en una especie C<sub>4</sub> típica, como es el maíz; el asunto es, por lo tanto, poder aumentar esa actividad mediante selección. La yuca tampoco posee la anatomía Kranz típica que se encuentra en las plantas C<sub>4</sub> verdaderas, pero no se sabe si las especies silvestres la poseen y, si lo hacen, no se sabe si ella se puede incorporar a la especie cultivada. Las posibilidades mencionadas se continúan investigando con el objeto de ver si es posible obtener un mayor potencial de rendimiento mediante un incremento de la fotosíntesis.

## Referencias

- Cock, J. H.; Franklin, D.; Sandoval, G. y Juri, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science* 19:271-279.
- ; Riaño, N. M.; El-Sharkawy, M. A.; López, Y. y Bastidas, G. 1987. C<sub>3</sub>- C<sub>4</sub> intermediate photosynthetic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz); 2: Initial products of <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> fixation. *Photosynthesis Research* 12:237-241.
- El-Sharkawy, M. A. y Cock, J. H. 1984. Water use efficiency of cassava. Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. *Crop Science* 24:497-502.
- y ———. 1987a. Response of cassava to water stress. *Plant and Soil* 100:345-360.
- y ———. 1987b. C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> intermediate photosynthetic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz); 1: Gas exchange. *Photosynthesis Research* 12:219-235.
- ; ——— y Hernández, A. D. P. 1985. Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. *Photosynthesis Research* 7:137-149.
- Kawano, K.; Daza, P.; Amaya, A.; Rios, M. y Gonçalves, V. M. F. 1978. Evaluation of cassava germplasm for productivity. *Crop Science* 18:377-380.
- Tan, S. L. y Cock, J. H. 1979. Branching habit as a yield determinant in cassava. *Field Crops Research* 2:281-289.



# CALIDAD DE LAS RAICES DE YUCA Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN ELLA

C. C. Wheatley\*

## Introducción

La versatilidad en cuanto a su uso es una ventaja importante que ofrece la yuca para los agricultores; es una especie que se puede utilizar para consumo humano y animal tanto fresca como procesada, y también para la industria (i.e., almidón, glucosa). Para todos los usos y mercados, la raíz debe cumplir requisitos de calidad especiales, y al desarrollar nuevas variedades en una región dada, es necesario conocer las exigencias de calidad para cada utilización actual y potencial del producto en la región.

Tradicionalmente la selección de nuevos clones para los programas de mejoramiento de yuca se ha hecho por rendimiento en base fresca (CIAT, 1975); sin embargo, como resultado de las experiencias con variedades de alto rendimiento pero bajo contenido de materia seca que no fueron aceptadas, ahora se da importancia al contenido de materia seca de la raíz como un parámetro de selección de calidad (Lynam, 1982). Otro factor de calidad que con frecuencia se evalúa es el contenido de ácido cianhídrico (HCN), un compuesto de alta toxicidad cuando está en concentraciones elevadas; aunque el HCN está presente en todos los clones de yuca, sus concentraciones son bajas en las variedades que normalmente se consumen en forma fresca.

---

\* Jefe de Utilización de Yuca, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

No obstante, las experiencias de CIAT sugieren que la evaluación de la materia seca y del contenido de HCN no son suficientes para seleccionar clones de buena calidad. Por ejemplo, la yuca para el consumo humano, que es el mercado más exigente en cuanto a calidad, debe presentar raíces de buen sabor y textura; estas características son complejas, subjetivas y poco estudiadas, pero claves.

En el presente documento se identifican los factores de calidad más importantes para cada uso de la yuca, y se resume la información existente sobre el efecto que la época de cosecha, la edad de la planta, y los factores edafoclimáticos y bióticos tienen sobre cada factor de calidad. Posteriormente se plantean las áreas hacia las cuales debieran enfocarse las investigaciones futuras.

## **Composición de la Raíz e Implicaciones para su Uso**

La raíz de yuca se compone de tres tejidos: la cascarilla, la cáscara y el parénquima. Aproximadamente el 80% del peso fresco corresponde al parénquima o pulpa, que la planta utiliza como lugar de almacenamiento de almidón. La cáscara, que representa el 10%-15% del peso, contiene menos almidón pero más compuestos tánicos y pigmentos. La cascarilla es una capa delgada de células corchosas, y representa sólo el 1% del peso fresco.

Para el consumo humano de yuca fresca se utiliza sólo el parénquima, mientras que para el consumo animal y para la obtención de varios productos procesados se usa la raíz en forma integral. Esto trae consecuencias para el mejoramiento; por ejemplo, cuando la variedad se va a desarrollar solamente para consumo fresco humano, el contenido de HCN en la cáscara no importa; pero si la variedad se piensa utilizar también para el consumo animal, habrá que asegurarse de que ese contenido no exceda ciertos límites.

El parénquima de la yuca, como en el caso de otros productos alimenticios, está constituido en su mayor parte por agua; la

materia seca equivale al 35% a 45% del peso fresco. La raíz puede actuar como una fuente de agua para la parte aérea de la planta, aunque su cantidad fluctúa a través del tiempo, de acuerdo con los factores ambientales. Las variaciones en el rendimiento fresco de las raíces de yuca se deben en parte a cambios en su contenido de agua, y a cambios significativos en otros componentes; por esta razón es mejor referir los rendimientos a una base seca.

La materia seca del parénquima está constituida en su mayor parte (90%-95%) por la fracción no nitrogenada o los carbohidratos (almidón más azúcares); el resto se distribuye entre fibra (1%-2%), grasas (0.5%-1%), cenizas o minerales (1.5%-2.5%) y proteína (2%). La cáscara tiene aún menos materia seca (25%-35%) que el parénquima; su contenido de carbohidratos es menor y los de proteína, fibra y grasa son mayores, calculados sobre la base seca.

El contenido de HCN es mayor en la cáscara que en el parénquima, y mayor en la periferia del parénquima que el centro del mismo. Las concentraciones de HCN halladas en el CIAT en la raíz integral están normalmente entre 100 a 1000 ppm, pero hay clones que tienen hasta 2000 ppm, y otros menos de 50 ppm.

Hay varios compuestos secundarios presentes en los tejidos de la raíz. Los más importantes son los fenoles, los cuales están involucrados en el proceso del rápido deterioro fisiológico poscosecha. La concentración de fenoles en la raíz fresca antes de la cosecha es baja; los cambios bioquímicos que ocurren después de la cosecha producen complejos de compuestos fenólicos, los cuales tienen el color negro-azul característico del deterioro (Rickard, 1985; Wheatley y Schwabe, 1985).

Existen compuestos tánicos en bajas concentraciones en el parénquima fresco, pero la concentración en la cáscara es mayor. Es posible que la concentración aumente con el tiempo después de la cosecha, especialmente durante ciertos procesos de secado, pero todavía faltan estudios concretos sobre el particular.

Finalmente hay una gran cantidad de compuestos volátiles que tienen que ver con el sabor de la yuca, y cuyo contenido en la yuca fresca es menor que en la yuca procesada o sus productos.

El proceso de fermentación, por ejemplo, aumenta el número y la concentración de compuestos volátiles. También se han detectado seis componentes del 'aroma de yuca' en la raíz fresca, de los cuales sólo se han podido identificar el benzaldehído y fenilacetaldéhído (Dougan et al., 1983).

## **Los Factores de Calidad de la Yuca según su Uso**

### **Aspectos generales**

La composición química de la raíz es un asunto objetivo, que se puede determinar en el detalle que se desee mediante el análisis de cada muestra. Los factores de calidad son diferentes; muchas veces son subjetivos y difíciles de evaluar y cuantificar; además varían para cada uso que se dé a la raíz. Como se puede apreciar en el Cuadro 1, la yuca fresca para consumo humano tiene el mayor número de factores de calidad, por ser el único caso en que las características de la raíz fresca son captadas por consumidores exigentes. El uso de la yuca fresca para consumo animal es menos exigente. En el caso de la yuca seca, muchos de los factores importantes están relacionados con el proceso de secado, aunque la materia prima también es importante, sobre todo en cuanto al contenido de materia seca y de HCN.

Desde el punto de vista del fitomejorador es más sencillo orientar sus esfuerzos hacia la yuca para el consumo animal, debido a que en este caso los únicos factores importantes relacionados con su aceptación son la materia seca y HCN, los cuales son relativamente fáciles de evaluar; sin embargo, en la mayoría de los países de América Latina el consumo humano de la yuca fresca sigue siendo no sólo el uso más importante sino el más rentable para el productor. Para poder vender la yuca en el mercado que mejor precio ofrezca en el momento de la cosecha, el agricultor necesita variedades aptas no sólo para el consumo humano en forma fresca, sino también para otro tipo de mercado en la región.

Es posible que existan diferentes mercados con exigencias de calidad incompatibles; por ejemplo, en Brasil la farinha se hace



**Cuadro 1. Factores de calidad de la yuca según los usos principales.**

Factor de calidad	Incidencia del factor según el uso de la yuca					Almidón
	Consumo humano		Consumo animal			
	Fresco	Seco	Fresco	Ensilado	Seco	
Sabor dulce	X	X	X	X		
Sabor amargo	X	X	X	X	X	
Sabor a deterioro	X					
Sabor a yuca	X					
Olor a deterioro	X					
Olor a yuca	X					
Olor a pudrición	X					
Textura blanda	X					
Textura vidriosa	X					
Consistencia	X					
Textura fibrosa	X	X	X	X	X	
Frescura	X	X	X			X
Tiempo cocción	X					
Color de la pulpa	X					X
Materia seca		X	X		X	X
Panificación		X				
Textura alimento		X				
Cenizas		X			X	
Aflatoxinas		X			X	
Taninos (?)		X			X	
Sabor agrio						X
Tamaño del grano						X
Olor a fermentación						

principalmente con variedades amargas, mientras que la yuca para el consumo fresco corresponde a variedades dulces. En tal caso habrá que desarrollar dos tipos distintos de clones.

### **Relación entre los factores de calidad de la raíz y sus parámetros químicos**

Algunos factores de calidad son fáciles de relacionar con la composición química de la raíz; es el caso del sabor amargo que se debe principalmente al HCN y en parte a los fenoles, o el de la textura fibrosa que se relaciona con la fibra del parénquima. Sin embargo, la mayoría de los factores son difíciles de relacionar en

esta forma, porque son de carácter netamente subjetivos e involucran varios componentes. La yuca fresca para consumo humano es difícil de caracterizar, y no se sabe cuáles son las características objetivas y químicas de la raíz y los componentes de la misma que están relacionados con los gustos de los consumidores.

Para desarrollar nuevos clones aceptables para el consumo humano se necesita evaluarlos y seleccionarlos sobre la base de estos factores. Pero evaluar qué? Solamente se sabe en términos muy generales cuáles componentes de la raíz están involucrados en cada factor de calidad (sabor, textura, etc). El Cuadro 2 muestra estas relaciones.

El almidón está muy relacionado con todas las características de textura, consistencia y cocción. Sin embargo, no es el simple contenido de almidón el que determina estas características, sino otros factores relacionados con propiedades reológicas (viscosidad, gelatinización, etc.) y físicas, o sea con los cambios que ocurren durante la cocción del almidón (gelatinización, etc.).

Los compuestos fenólicos, involucrados en los procesos de deterioro fisiológico y microbiano después de la cosecha, rebajan la calidad de la yuca fresca cambiándole el sabor y el olor al cocinarla. El HCN también es importante, ya que las raíces que presentan un alto contenido de este compuesto retienen suficiente cantidad de él después de la cocción, lo que perjudica el sabor del alimento y retiene la toxicidad.

La calidad de la yuca seca para consumo humano o animal depende no solamente de la materia prima, sino también del procesamiento. Un tiempo de secado prolongado puede dar como resultado un producto de baja calidad, debido al tiempo que deja disponible para que se efectúen cambios enzimáticos relacionados con el deterioro fisiológico, el crecimiento de hongos y la producción de taninos. A pesar de estos cambios, la calidad final continúa afectada por los contenidos de HCN, azúcares, fenoles y fibra en la raíz fresca.

Por otra parte, las características del almidón influyen sobre el comportamiento de la harina en la panificación y en la

Cuadro 2. Relación de los factores de calidad de la raíz de yuca con los componentes químicos y el procesamiento de la misma.

Factores de calidad <sup>a</sup>	Componentes de la raíz					Hongos	Importancia en el procesamiento
	Almidón	Azúcares	HCN	Fibra	Minerales		
Sabor/olor amargo			X			X	X
Sabor/olor dulce		X					
Sabor/olor a deterioro						X	X
Sabor/olor a yuca	- <sup>b</sup>						
Textura (yuca fresca)	X?			X			
Consistencia (yuca fresca)	X?						
Tiempo cocción (yuca fresca)	X?						
Materia seca (yuca seca)	X	X		X			X
Cenizas							X
Agrio/grano/olor (almidón)					X		X
Color (almidón)							X
Rendimiento almidón (almidón)	X					X	X
Contenido de taninos							X
Textura del alimento (harina)	X					X	X?
Aflatoxinas							X
Ácidos orgánicos (ensilaje)						X	X

a. Los paréntesis en esta columna indican la forma de utilización de la raíz a la cual se refiere el respectivo factor de calidad.

b. Los guiones indican que los componentes del factor de calidad no han sido identificados para este caso.

preparación de otros productos, de una manera todavía desconocida. Un estudio de Raja et al. (1982) ha mostrado un efecto negativo de la eliminación de los lípidos sobre la calidad de la harina de yuca para el consumo humano.

En el caso de la yuca fresca para la alimentación animal lo único importante es la palatabilidad (HCN, azúcares y fenoles) y el valor energético (almidón). Para incluir yuca seca en raciones para animales, los factores más importantes son los contenidos de humedad, y de HCN, y la ausencia de aflatoxinas.

En conclusión, el componente más importante de la raíz es el almidón, y de él depende gran parte de la aceptabilidad que la yuca tenga para el consumo humano (fresca o seca). Adicionalmente, el almidón constituye la mayor parte de la materia seca de la raíz, y por lo tanto se necesita un contenido alto de él, tanto para producir yuca seca como para otros procesos (producción de almidón agrio y dulce, usos industriales y farinha).

Un componente de la raíz fresca ha quedado sin mencionar: la proteína. Debido a su bajo contenido y calidad, ella no tiene importancia en ninguna de las utilizaciones de la yuca; por lo tanto, se considera que es más eficiente concentrar los esfuerzos de investigación en el mejoramiento de la yuca por el contenido de almidón de su raíz, en lugar de emprender trabajos relacionados con el contenido de proteína.

## **Efecto de la Variedad de Yuca sobre su Calidad**

Una vez identificados los componentes más importantes de la raíz: carbohidratos (almidón y azúcares), HCN y fenoles, es importante conocer la variabilidad de cada uno de ellos por efecto de factores genéticos y ambientales. La variabilidad genética hace que para cada componente se presenten rangos de contenido; por ejemplo, el contenido de HCN (base seca) en el parénquima varía de 25 a 2500 ppm según la literatura y los estudios en el CIAT; hasta el momento no existe una variedad sin HCN, pero la inmensa variabilidad que existe facilita el desarrollo de clones con un bajo contenido de ese compuesto.

Por otra parte, la variación genética en cuanto a la acumulación de fenoles después de la cosecha determina diferencias entre los clones con respecto a su susceptibilidad al deterioro fisiológico. Los estudios en el CIAT demuestran que, aunque existe variabilidad genética al respecto, factores edafoclimáticos y bióticos influyen mucho en la susceptibilidad final (Wheatley et al., 1984); en el Cuadro 3, que muestra resultados sobre el porcentaje de deterioro en diferentes clones evaluados en el CIAT y en otros sitios de Colombia, se observa la variación que presenta una misma variedad según el sitio.

**Cuadro 3.** Resultados de la evaluación de 10 clones de yuca cosechada en cinco sitios en Colombia, en cuanto a su susceptibilidad al deterioro fisiológico de las raíces.

Cultivar	Deterioro fisiológico por sitio (%) <sup>a</sup>				
	CIAT-Palmira	Carimagua	Medialuna	Caribia	Popayán
CM 305-120	32.4	0.0	1.8	1.7	9.3
CM 321-188	60.6	0.0	0.4	4.3	68.3
CMC 40	1.6	0.1	1.8	1.5	8.5
M Col 113	12.0	0.0	3.9	0.3	32.7
M Col 22	90.1	0.0	1.4	1.7	3.8
M Ven 77	3.0	0.3	1.6	6.9	24.7
Sata Dovio	12.6	0.0	2.7	0.2	72.0
M Col 72	50.2	4.0	1.4	1.1	2.3
M Pan 19	5.7	0.1	2.5	26.9	30.9
M Pan 70	15.3	0.0	0.9	0.6	57.5

a. Porcentajes determinados tres días después de la cosecha, así: 0 para ausencia de deterioro y 100 para la pérdida total de las raíces.

En cuanto al almidón y los azúcares, estudios de heredabilidad hechos en Colombia (CIAT, 1977) y en Malaysia (Tan, 1984) demuestran que es factible aumentar el contenido del primero mediante el mejoramiento genético. Sin embargo, no existen estudios relacionados con la calidad del almidón (propiedades de textura, cocción, etc.) que permitan concluir algo acerca de su heredabilidad. Olorunda et al. (1981) demostraron la existencia de diferencias varietales para hacer gari; según ellos, clones cuya textura es harinosa tienen más amilosa, presentan alta viscosidad y producen el mejor gari.

Los estudios acerca de los demás componentes de la raíz (fibra, proteína, lípidos, etc.) han sido pocos, y no se conoce acerca de su heredabilidad.

## **Efecto de la Edad de la Planta sobre la Calidad de la Raíz**

Dos características del cultivo de la yuca harían que la edad de la planta pudiera influir sobre la calidad: es un cultivo de ciclo largo (7 a 18 meses según la región y la yuca) y no tiene un período definido de maduración.

La época de la cosecha en la yuca puede durar varios meses y la calidad de la raíz podría depender del tiempo en que se efectúe esa actividad. Se ha observado que el rendimiento de las raíces (base seca) se puede mantener más o menos constante durante varios meses, pero que su calidad para el consumo humano varía.

Se supone que con el aumento en la edad de la planta ocurren cambios fisiológicos que pueden afectar la calidad de la raíz; este es el caso del aumento en el contenido de fibra que se presenta después de los 12 meses de edad en las condiciones del trópico bajo. La susceptibilidad de la raíz a las pudriciones precosecha también aumentan con la edad.

Sin embargo, no se deben confundir los cambios debidos a la edad de la planta en sí con los asociados con variaciones en el clima durante el ciclo de crecimiento. Por ejemplo, los agricultores aseguran que la calidad de la yuca decae después de una precipitación fuerte y prolongada, o durante un verano intenso; es importante diferenciar entre estos cambios y los ocasionados como efecto de la edad de la planta.

Los pocos estudios que se encuentran en la literatura disponible sugieren que son pocos los cambios debidos a la edad de la planta. Aunque los contenidos de almidón, azúcares, HCN, fibra y proteína en el parénquima no cambian (Thai Research and Experiment Division, 1969; Gómez et al., 1985; Gómez y Valdivieso, 1983; Cooke y de la Cruz, 1982), en un estudio de

Wheatley y Gómez (1985) se encontró que el tiempo de cocción aumenta y la calidad culinaria disminuye (cosechas a los 6, 8, 10 y 12 meses); así, a pesar de que los contenidos de almidón se mantienen estables, la calidad varía, hecho que destaca la importancia que para la calidad de la yuca tienen las propiedades del almidón.

## **Efecto Ambiental sobre la Calidad**

Muchas variables edafoclimáticas y bióticas durante el ciclo de crecimiento de la yuca influyen en su calidad: plagas y enfermedades, distribución de la precipitación, temperaturas (extremas y promedio), deficiencias del suelo y fertilización del mismo y rotación del lote, entre otras. El componente ambiental interacciona con la base genética de la planta para determinar la calidad de la raíz.

La importancia de cada variable ambiental se puede valorar mejor considerando los resultados de investigaciones al respecto, que se resumen en las páginas siguientes. Es importante aclarar que, aunque se conocen resultados de muchos ensayos sobre el efecto que la fertilización, el régimen del riego, las enfermedades y las plagas tienen sobre el rendimiento fresco de la yuca, son pocas las investigaciones que han evaluado el efecto de estas variables sobre los componentes de la calidad; existen resultados de ensayos donde se ha evaluado el contenido de materia seca, pero la información existente acerca del almidón, el HCN o la calidad culinaria es mínima. Un propósito al resumir la poca información existente es hacer hincapié en la necesidad de evaluar estos componentes en forma rutinaria, en los ensayos donde sea factible.

A pesar de tratarse de un cultivo de propagación vegetativa, en la yuca se observa gran variación entre plantas de un mismo clon sembradas en un solo lote y cosechadas en un tiempo dado, en cuanto a su rendimiento y calidad. Aunque esto se debe en parte a microvariaciones en las condiciones edafoclimáticas y bióticas, la calidad de la estaca también debe jugar un papel importante. Resultados recientes (CIAT, 1988b) resaltan la importancia de

seleccionar adecuadamente el material de siembra para asegurar rendimientos satisfactorios, recomendación que se supone debe regir también para la calidad de la raíz; sin embargo, faltan estudios que verifiquen esta suposición.

## **Plagas y enfermedades**

Son múltiples las plagas y enfermedades que atacan la yuca, pero se conoce poco acerca de su efecto sobre la calidad de las raíces. Hay estudios de efectos negativos de *Cercospora*, CBB, superalargamiento y cuero de sapo sobre el contenido de materia seca o almidón (Teri, 1978; CIAT, 1978; CIAT, 1978; CIAT, 1984, respectivamente). En los casos de CBB y superalargamiento, por ejemplo, los clones más susceptibles resultaron con menor contenido de materia seca que los clones resistentes; en ausencia de tales enfermedades no hubo diferencias en el contenido de materia seca.

En cuanto a las plagas, se ha encontrado que el barrenador del tallo, el piojo harinoso, la chinche *Cyrtomenus bergi* y un complejo de ellas disminuyeron el contenido de almidón y/o materia seca de las raíces (CIAT, 1981, 1984, 1988a y 1985, respectivamente). Sin embargo, la mosca blanca no tuvo efecto sobre el contenido de almidón, en dos ensayos al respecto (CIAT, 1980 y 1982).

No existe información acerca de cambios en otros factores, por ejemplo en el HCN o en la calidad culinaria, debido a plagas o enfermedades.

## **Suelos y rotación**

La información sobre el efecto que la fertilización y la rotación de cultivos tienen sobre la calidad es más abundante que la existente sobre las demás variables ambientales; sin embargo, es difícil concluir algo concreto al respecto.

Estudiando los resultados de ensayos con aplicación de N, K y P por separado, sólo el potasio tuvo efectos claramente beneficiosos. Ramanathan et al. (1980), Chan y Lee (1982),



Obigbesan (1977b), Pushpadas y Aiyer (1976) y Ashokan y Sreedharan (1977) informaron sobre aumentos en el contenido de almidón; sin embargo, Muthuswamy y Chiranjivi Rao (1980) y Gomes y Howeler (1980) no encontraron cambios. Pushpadas y Aiyer (1976) y Ashokan y Sreedharan (1977) encontraron aumentos en la materia seca, mientras Obigbesan (1977a) encontró que ésta no variaba. Cinco investigadores informaron sobre bajas en el contenido de HCN (Ramanathan et al., 1980; Pushpadas y Aiyer, 1976; Ashokan y Sreedharan, 1977; Normanha, 1969; Bolhuis, 1954), mientras Obigbesan (1977b) no encontró cambios. Nair et al. (1980) y Ashokan y Sreedharan (1977) encontraron que las aplicaciones de potasio mejoraban la calidad culinaria. Sólo tres informes sobre una disminución en el contenido de proteína (Ramanathan et al., 1980; Pushpadas y Aiyer, 1976; Ashokan y Sreedharan, 1977) reflejan algún efecto negativo del potasio.

La fertilización con nitrógeno y potasio tuvo efectos a veces positivos y a veces negativos sobre el almidón, la materia seca y la calidad culinaria (Obigbesan et al., 1977; Prema et al., 1975). En un estudio sobre la calidad de las raíces de plantas tratadas con abono (N y P), evaluada por un panel de consumidores en la India, resultó mejor la yuca proveniente de los tratamientos con fósforo (Prema et al., 1975); los niveles altos de nitrógeno afectaron negativamente la calidad para el consumo humano.

Estudios sobre aplicaciones de NPK conjuntamente muestran resultados inconclusos, ya que el almidón y la materia seca a veces aumentan y a veces bajan (Sitiboot et al., 1978; Duangpatra, 1987; Gopalakrishna Pillai y George, 1978).

Los resultados anteriores se deben posiblemente a que el efecto de la fertilización está muy relacionado con el estado inicial del suelo; donde hay deficiencias es más probable que las aplicaciones de abonos tengan un efecto positivo sobre la calidad. Las fertilizaciones en suelos fértiles podrían provocar un crecimiento excesivo de la parte aérea de la planta y perjudicar la calidad de las raíces.

Por otra parte, un período de descanso mejoraría la calidad. La literatura apoya esta hipótesis. Por ejemplo, el CIAT (1984)

encontró que, en lotes con más de ocho años de descanso, el contenido de materia seca y la calidad culinaria fue mejor que en lotes con menos de cinco años; el contenido de HCN también fue menor, pero las raíces resultaron más susceptibles al deterioro fisiológico.

### **Otras variables ambientales**

La poca literatura existente sobre otras variables sugiere que, por ejemplo, la alta densidad de siembra conlleva a un menor contenido de almidón (Hussain, 1982; Wholey y Booth, 1979) y que el estrés de agua tiene el mismo efecto en variedades susceptibles (CIAT, 1980, 1981); también se ha encontrado que los cultivos asociados no afectan el almidón (CIAT, 1982; de Almeida y Begazo, 1983). En relación con el efecto del riego, hay un informe sobre aumentos y disminuciones en el contenido de almidón (de Sena y Campos, 1973), según el régimen de aplicación.

### **Observaciones generales sobre el efecto del ambiente**

Una conclusión concreta de los resultados, a veces contradictorios, sobre el efecto de diferentes variables ambientales en la calidad de la yuca es que el estrés tiende a disminuir dicha calidad. Una explicación sencilla estaría en el efecto que el estrés tiene sobre la fotosíntesis, al disminuir la síntesis de carbohidratos y perjudicar así la normal acumulación del almidón en las raíces.

Por otra parte, después de un estrés la planta se recupera mediante la movilización de reservas del almidón desde las raíces hacia la parte aérea; tales reservas se transforman en azúcares para trasladarse a los sitios de formación de las hojas y los demás órganos. Puede pasar un tiempo apreciable antes de que la planta llegue a un nuevo equilibrio entre sus hojas y raíces, y que empiece nuevamente la acumulación de almidón en las últimas. Por lo tanto, la calidad de la yuca se ve afectada no sólo durante el período de estrés, sino también durante la fase de recuperación.

Un efecto del estrés sobre la calidad, que se observa con frecuencia, es el fenómeno llamado 'vidriosidad'; en este caso la raíz cruda se ve aguada y con poco almidón, y al cocinarla se torna dura y vidriosa o traslúcida. Se observa que la vidriosidad está asociada con una disminución de los contenidos de la materia seca y el almidón, y con un aumento en el contenido de los azúcares (Cuadro 4); esto concuerda con la hipótesis del estrés y la calidad.

Cuadro 4. Cambios en la composición química de la raíz asociados con la vidriosidad del parénquima.

Vidriosidad <sup>a</sup>	Materia seca seca <sup>b</sup> (%)	Almidón (%)	Azúcares totales (%)
0	35.9 ab	86.4 a	1.82 a
0	35.9 ab	86.8 a	2.72 b
1	37.4 a	87.3 a	2.53 b
1.3	34.4 b	85.9 b	3.62 c
2	33.2 c	82.3 b	5.13 d
2.3	33.4 c	79.7 b	4.97 d

a. Escala de evaluación de 1 a 3, donde: 0 = no vidriosa, 1 = poco vidriosa, 2 = vidriosa, 3 = muy vidriosa.

b. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), según la prueba de Duncan.

Pero la vidriosidad no es un resultado del simple contenido de almidón; las raíces inmaduras de plantas jóvenes también tienen bajo contenido de almidón, y sin embargo se cocinan rápidamente y no se ponen duras ni vidriosas. Parece entonces que los componentes o las características del almidón sufren cambios, todavía desconocidos, que afectan la calidad.

Para mostrar claramente el efecto del estrés sobre la calidad de la yuca se cosecharon en un mismo lote 30 plantas sanas y 30 que mostraron síntomas de estrés (baja altura, poco peso de raíces etc.) atribuibles a deficiencias del suelo. De ambos tipos de plantas con estrés y sin estrés) se seleccionaron raíces del mismo peso promedio y se analizaron por su contenido de almidón y su calidad culinaria; las raíces bajo estrés tuvieron significativamente menos almidón que las raíces de plantas sanas, y una calidad culinaria inferior. Mientras en las 30 plantas sanas 29 raíces

resultaron de excelente calidad y ninguna de ellas vidriosa, en las plantas bajo estrés 19 raíces estaban vidriosas y sólo 6 y 4 presentaron excelente sabor y textura, respectivamente.

## Características del Almidón y su Relación con la Calidad de la Yuca

Las conclusiones anteriores destacan la importancia del almidón como el factor de calidad más sobresaliente de la raíz; de él dependen la calidad culinaria, la calidad después del secado para consumo humano y animal y, obviamente, la calidad para usos industriales.

La base genética de la planta y la variabilidad edafoclimática y biótica afectan el contenido de almidón. Sin embargo, el contenido de almidón no se relaciona directamente con la calidad culinaria de la raíz fresca, por ejemplo. En el Cuadro 5, cuyos datos corresponden a un ensayo cosechado en el CIAT, se pueden identificar variedades con alta y con baja calidad culinaria tanto entre las que tienen valores altos para la materia seca como entre las que tienen valores medianos y bajos.

Cuadro 5. Relación entre la calidad culinaria y el contenido de materia seca de la raíz de yuca fresca.

Clon	Materia seca (%)	Tiempo de cocción (min)	Calidad culinaria	
			Sabor	Textura
M Per 245	26.1	20	Bueno	Blanda
M Col 1522	25.4	36	Malo	Dura
CM 91-3	30.4	15	Bueno	Blanda
CM 849-1	30.1	31	Malo	Dura
HMC-1	35.8	20	Bueno	Blanda
CM 922-2	35.1	40	Malo	Dura

El almidón de la yuca tiene dos componentes: la amilosa (18%-20% del almidón total, según Raja et al., 1982) y la amilopectina. Mientras la amilosa se caracteriza por tener las

unidades de azúcares ligadas en forma recta, la amilopectina tiene la molécula ramificada; este hecho determina un comportamiento diferente durante el proceso de cocción. Es posible que variaciones en la proporción entre la amilosa y la amilopectina se relacionen con cambios en la calidad culinaria. En un estudio de seis clones cosechados mensualmente desde los 2 hasta los 18 meses de edad en la India, Moorthy y Ramanujam (1986) no captaron ninguna correlación entre la calidad y la proporción de amilosa.

Pero estos últimos investigadores estudiaron también la variación de otras características del almidón, en este mismo ensayo, y encontraron que durante el proceso de cocción el comportamiento del almidón con respecto a la solubilidad, al volumen y al poder de absorción de agua sí tenían relación con la calidad de la yuca cocida. Además existen otras características del almidón, como las reológicas (cambios en viscosidad, gelatinización, etc.), cuya posible relación con la calidad podría llegar a demostrarse.

Un proyecto entre el CIAT y ODNRI (Overseas Development and Natural Resources Institute) pretende investigar a fondo estos aspectos.

Se han estudiado cambios en la viscosidad debidos al deterioro poscosecha de la yuca y se ha observado que ésta es mayor en las raíces a los dos o tres días después de la cosecha que en las raíces recién cosechadas (Honsch, 1966).

## **Importancia de un Panel Experto para la Evaluación de Calidad en Yuca**

Un problema citado anteriormente es la dificultad para evaluar la calidad culinaria, por ser ésta un factor muy subjetivo. Además, es cierto que los gustos de diferentes grupos de consumidores no son iguales. El problema se puede resolver de dos maneras: a) identificando, mediante encuestas a los consumidores, las preferencias de cada mercado (ciudad, región), y b) evaluando, mediante un panel experto en yuca, las características de cada

clon en las últimas etapas del programa de mejoramiento. Así, se pueden seleccionar los clones con mejor calidad culinaria, y más adecuados para cada uno de los mercados.

El panel experto en yuca consta de 10 a 20 personas entrenadas para captar y evaluar en forma cuidadosa los diferentes factores de calidad culinaria de la yuca fresca. Los factores evaluados, que suman 15, incluyen características ópticas (color, humedad, frescura, etc.), olfativas, de sabor (amargo, dulce, etc.) y masticatorias (dureza, consistencia). El panel evalúa cada factor en una escala de 'ausente' a 'bastante', y no por gusto; el resultado es algo que no se refiere a las preferencias de los panelistas sino a las características de la muestra de yuca.

La Figura 1 muestra los resultados de evaluaciones recientes del panel experto del CIAT, para mostrar las diferencias entre muestras de yuca evaluada (por aparte) como de buena y mala calidad. Esta experiencia ha servido para tener un mejor conocimiento de las diferencias entre variedades, como también de la variación que existe en la calidad entre raíces del mismo clon cosechado de un solo lote. Se piensa entonces utilizar el panel no solamente para la caracterización de nuevos clones sino también para estudios sobre el efecto de factores edafoclimáticos y bióticos sobre la calidad culinaria de la yuca fresca.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

El presente trabajo ha tenido el propósito no sólo de resumir el estado actual de nuestros conocimientos sobre la calidad de la yuca y el efecto de factores edafoclimáticos y bióticos sobre ella, sino también de divulgar la estrategia de investigación en calidad que el CIAT intenta proseguir en los próximos años. Quizás hasta ahora el tema de la calidad no ha recibido la atención debida de los investigadores.

Se ha intentado presentar una visión de la importancia de la calidad de la yuca, no sólo desde el punto de vista del agricultor sino también desde el punto de vista del muchas veces olvidado consumidor (humano o animal) de todos sus productos y formas.

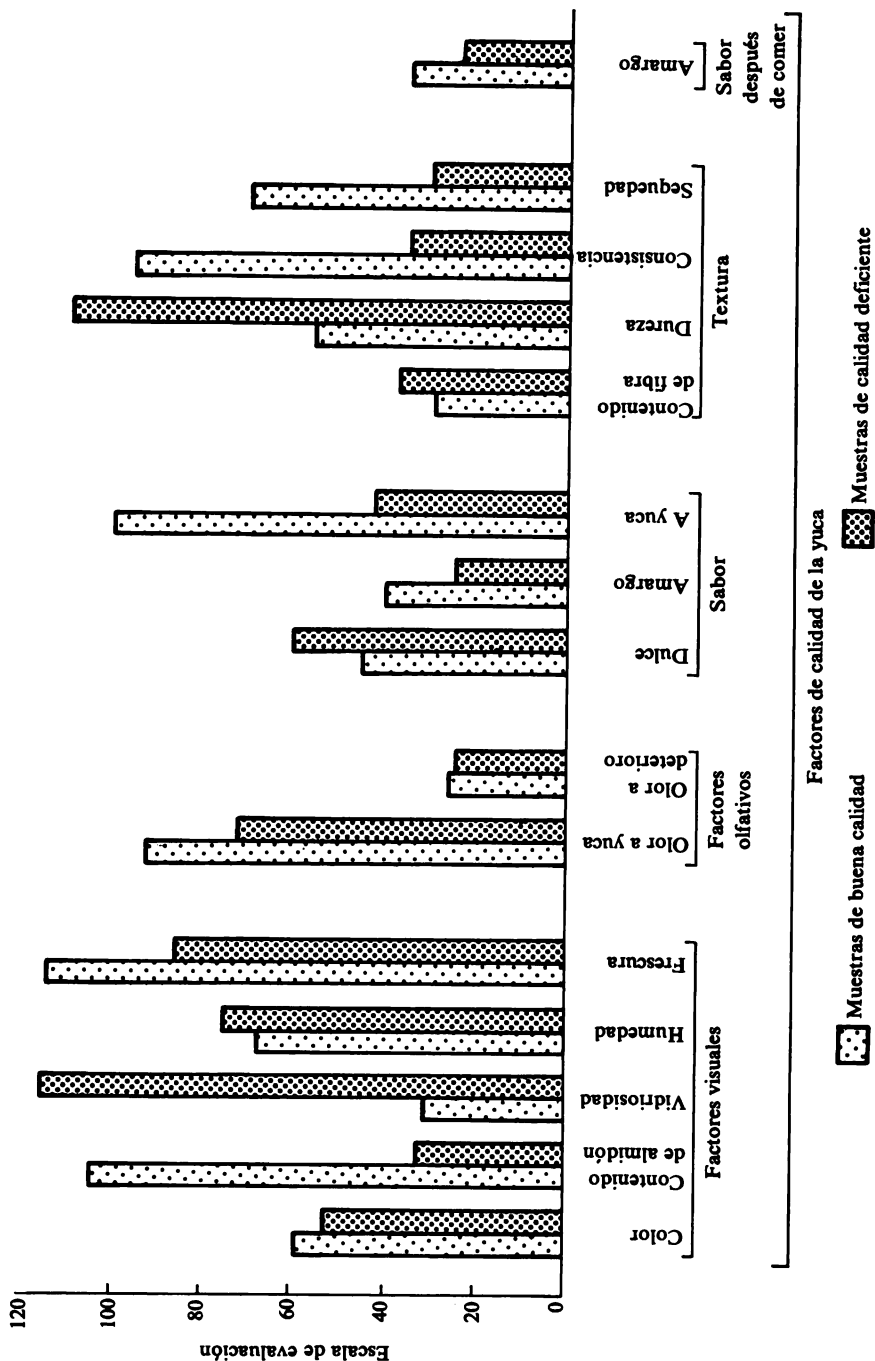


Figura 1. Perfil de la calidad de muestras de yuca fresca, evaluadas por un panel experto de degustación.

Una de las ventajas de la yuca sobre otros cultivos tropicales es la gran cantidad de usos que puede tener; es necesario que el agricultor la aproveche, y eso sólo es posible si la calidad del producto es adecuada para todos los mercados existentes y potenciales en cada región.

Para que esa ventaja se realice, es necesario que el fitomejorador incluya la evaluación de calidad como un parámetro de selección. Aquí se enfrentan dos problemas: 1) muchos de los factores de calidad, especialmente cuando se trata de usos para el consumo humano, son muy subjetivos y difíciles de evaluar; 2) las variables edafoclimáticas y bióticas ejercen un gran efecto sobre la calidad. Esto hace necesaria la ejecución de evaluaciones múltiples bajo diferentes regímenes de tales factores, para asegurar la estabilidad de la calidad.

Generalmente el agricultor busca aprovechar los altibajos en los precios de los diferentes mercados para vender su producto al mejor precio; sin embargo, para aprovechar esta posibilidad, él necesita una variedad que pueda cosechar durante varias semanas o meses sin que varíe en su calidad. Los nuevos clones tendrán mejor aceptación si cumplen con este requisito del agricultor.

Existen variedades precoces y tardías, que llegan a una mejor calidad en tiempos muy determinados. También existen clones que son muy susceptibles a los estreses, y que sufren variaciones marcadas en su calidad. Lo ideal sería un clon con calidad estable desde los 7-8 meses hasta los 14-15 meses, y que no sufra variaciones marcadas en su calidad por efecto de los estreses que pueden ocurrir. Aunque este ideal es casi inalcanzable, el objetivo de buscar clones con calidad menos susceptible a los estreses y con tiempos más prolongados de cosecha es algo factible.

La evaluación de los factores subjetivos de calidad es necesaria si se piensa en desarrollar clones para el consumo humano. Mediante un panel experto y el análisis de la relación entre sus resultados y los de estudios de preferencia de los consumidores, se puede lograr una mejor comprensión de tales factores. Pero ese es un camino largo y costoso que no permite la evaluación de gran número de clones; hay que pensar entonces en formas más eficientes, aunque resulten menos exactas, para lograr el objetivo.



La entrega de muestras a un número apreciable de personas representativas de la población de consumidores, como se viene ensayando en el programa de mejoramiento de yuca del CIAT, puede ser efectiva; sin embargo, hay que tener en mente que tal evaluación indicará sólo la preferencia de los consumidores y no dará una calificación absoluta de cada clon. De todas maneras es algo que se necesita repetir varias veces para estar seguros, haciéndolo preferiblemente en diferentes sitios, para diferentes edades de la planta, y para diferentes condiciones del cultivo, con el fin de conocer mejor la estabilidad de la calidad.

Es importante que se estudie más la relación entre los diferentes componentes de la raíz y de la calidad, especialmente en cuanto al contenido de almidón. Se trata de un área muy amplia y especializada, pero es probable que dentro de ella se puedan encontrar las causas de las variaciones en la calidad, especialmente para el consumo fresco humano. Para ampliar la base de datos sobre la calidad y sobre el efecto que el medio ambiente tiene sobre ella, es recomendable que en todos los ensayos se determine el contenido de materia seca como una evaluación de importancia igual a la del rendimiento. Sin este dato es difícil concluir algo de valor sobre la calidad, ya que detrás de un rendimiento alto, pero con bajo contenido de materia seca, pasan desapercibidas raíces de pésima calidad para el consumo humano. Por otro lado, el mejorador debe enfocar su trabajo sobre el almidón y el HCN como los componentes de más importancia general en yuca.

En conclusión, aunque la calidad de la yuca es clave para la aceptación de nuevas variedades, hasta ahora ha sido difícil de evaluar, y no se han estudiado con detenimiento las influencias ambientales sobre ella. Es necesario investigar más en estas dos áreas si se quiere lograr el objetivo de producir variedades mejoradas y con buena aceptación por parte del agricultor y del consumidor.

## Referencias

- Ashokan, P. K. y Sreedharan, C. 1977. Influence of levels and time of application of potash on growth, yield and quality of tapioca. *J. Root Crops* 3:1-4.
- Bolhuis, G. G. 1954. The toxicity of cassava roots. *Neth. J. Agric. Sci.* 2:176-185.
- Chan, S. K. y Lee, C. S. 1982. Relationships of tuber yield, starch content and starch yield of cassava with potassium status of fertilizer, soil and leaf. En: Belen, E. H. y Villanueva, M. (eds.). *International symposium on tropical root and tuber crops, 5, Los Baños, Filipinas, 1979. Memorias. Philippine Council for Agriculture and Resources Research, Los Baños, Filipinas.* p. 461-473.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1975. Annual report for 1974. Cali, Colombia.
- . 1977. Annual report for 1976. Cali, Colombia.
- . 1978. Cassava program report for 1977. In: CIAT, annual report 1977. Cali, Colombia. p. C1-C68.
- . 1980. Cassava program annual report for 1979. Cali, Colombia. 93 p.
- . 1981. Cassava program annual report for 1980. Cali, Colombia.
- . 1982. Cassava program annual report for 1981. Cali, Colombia.
- . 1984. Cassava program annual report for 1982 and 1983. Cali, Colombia. 251 p.
- . 1985. Cassava program annual report for 1984. Doc. de Trabajo no. 1. Cali, Colombia. 270 p.
- . 1988a. Cassava program annual report for 1985. Doc. de Trabajo no. 38. Cali, Colombia. 374 p.
- . 1988b. Cassava program annual report for 1986. Doc. de Trabajo no. 43. Cali, Colombia. 257 p.
- Cooke, R. D. y de la Cruz, D. 1982. The changes in cyanide content of cassava tissues during plant growth. *J. Sci. Food Agric.* 33:269-275.
- de Almeida, P. A. y Begazo, J. C. E. O. 1983. Consorcio de mandioca com quatro culturas de ciclos diferentes. *Revista Brasileira de Mandioca* 2:51-57.
- de Sena, Z. F. y Campos, H. dos R. 1973. Irrigação. En: Projeto mandioca; relatório semestral de pesquisa no. 2. U. F. Ba/BRASCAN Nordeste.

- Universidade Federal de Bahía, Escola de Agronomia, Cruz das Almas, Brasil. p. 19-23.
- Dougan, J.; Robinson, J. M.; Sumar, S.; Howard, G. E. y Coursey, D. G. 1983. Some flavouring constituents of cassava and of processed cassava products. *J. Sci. Food Agric.* 34:874-884.
- Duangpatra, P. 1987. Effects of sources of N, P and K fertilizers on the growth and yield of cassava. Abstract. En: College of Agriculture, annual report 1987. Kasetsart University, Bangkok, Tailandia.
- Gomes, J. de C. y Howeler, R. H. 1980. Cassava production in low fertility soils. En: Weber, E. J.; Toro M., J. C. y Graham, M. (eds.). Workshop on cassava cultural practices, Salvador-BA, Brazil, 1980. *Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.* p. 93-102, 138-152.
- Gómez, G. y Valdivieso, M. 1983. The effect of variety and plant age on cyanide content, chemical composition and quality of cassava roots. *Nutrition Reports International* 27(4):857-865.
- ; ——— y Noma, A. 1985. The influence of cultivar and plant age on the chemical composition of field grown cassava leaves and roots. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition* 20:109-119.
- Gopalakrishna Pillai, K. y George, C. M. 1978. Quality of tubers in tapioca var Malayan-4 as influenced by N, P, K and Ca fertilization. *Agric. Res. J. Kerala* 16:166-170.
- Honsch, W. M. 1966. Production and properties of yuca starch. *Starch* 18:20-22.
- Hussain, K. M. 1982. Effects of plant population in cassava as influenced by planting methods. Tesis (M.S.), University Pertanian, Malaysia.
- Lynam, J. K. 1982. On farm evaluations of improved cassava technology. En: Belen, E. H. y Villanueva, M. (eds.). International symposium on tropical root and tuber crops, 5, Los Baños, Filipinas, 1979. *Memorias. Philippine Council for Agriculture and Resources Research, Los Baños, Filipinas.* p. 431-455.
- Moorthy, S. N. y Ramanujam, T. 1986. Variation in properties of starch in cassava varieties in relation to the age of the crop. *Starch* 38:58-61.
- Muthuswamy, P. y Chiranjivi Rao, K. 1980. Influence of nitrogen and potash fertilization on tuber yield and starch production in cassava varieties. En: National seminar on tuber crops production technology, Coimbatore, India, 1980. *Memorias. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.* p. 64-66.

- Nair, G. M.; Mohan Kumar, C. R. y Nair, P. G. 1980. Response of cassava to sodium chloride. *J. Root Crops* 6:55-56.
- Normanha, E. S. 1969. All the bitter cassava contain poison. *Coppercota* 26:24-25.
- Obigbesan, G. O. 1977a. Investigations on Nigerian root and tuber crops; response of cassava cultivars to potassium fertilizer in Western Nigeria. *J. Agric. Sci. Camb.* 89:23-27.
- . 1977b. Investigations on Nigerian root and tuber crops; HCN content and nutrient uptake of cassava cultivars. *J. Agric. Sci. Camb.* 89:29-34.
- ; Ketiku, A. O. y Fayemi, A. A. 1977. Effects of age at harvest and fertilizer application on the yield, available carbohydrates and hydrocyanic acid content of cassava. *J. Agric. Sci.* 88:679-681.
- Olorunda, A. O.; Aworh, O. C. y Numeor, F. A. 1981. Technical note; predicting quality of cassava products with the aid of chemical and rheological properties. *J. Food Technology* 16:447-450.
- Prema, L.; Thomas, E. J. y Aiyer, R. S. 1975. The usefulness of sensory methods in analysis by a taste panel in differentiating the quality of cassava tubers under different manurial treatment. *Agric. Res. J. Kerala* 13:141-145.
- Pushpadas, M. V. y Aiyer, R. S. 1976. Nutritional studies on cassava; 2: Effect of potassium and calcium on yield and quality of tubers. *J. Root Crops* 2:42-51.
- Raja, K. C. M.; Abraham, E. y Mathew, A. G. 1982. Technical note; effect of defatting on amylose contents, viscosity characteristics and organoleptic quality of cassava. *J. Food Technology* 17:761-765.
- Ramanathan, K. M.; Francis, H. J.; Subbiah, S.; Appar, K. y Rajagopal, C. K. 1980. Influence of nitrogen and potassium on the yield and quality of cassava. En: National seminar on tuber crops production technology, Coimbatore, India, 1980. *Memorias. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.* p. 67-71.
- Rickard, J. E. 1985. Physiological deterioration of cassava roots. *J. Sci. Food Ag.* 36:167-176.
- Sitiboot, C.; Nop-amornbodee, V.; Uttayopas, P.; Wongiwatthai, C.; La-iaad, C. y Chaimayo, P. 1978. Influences of N and K fertilizations on starch content and yields of cassava. En: Department of Agriculture (Tailandia). Annual report for 1978. Ministry of Agriculture, Bangkok. p. 56.
- Tan, S. L. 1984. GxE interactions, heritability estimates and varietal adaptability in important agronomic characters of cassava. *MARDI Research Bulletin* 12:136-147.

- Teri, J. M. 1978. Brown leaf spot and *Cercospora* leaf blight of cassava: epidemiology and importance. Tesis (Ph.D.), Cornell University, Ithaca, N.Y. 101 p.
- Thai Research and Experiment Division, Department of Agriculture. 1969. Comparative studies on yield, starch content, HCN content and fibre percentage of cassava root at different harvesting time. Annual report for 1969. p. 76-77.
- Wheatley, C. C.; Lozano, J. C.; Marriott, J.; y Schwabe, W. W. 1984. Pre-harvest environmental effects on cassava root susceptibility to postharvest physiological deterioration. En: Shideler, F. S. y Rincón, H. (eds.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 6, Lima, Perú, 1983. Memorias. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima. p. 419-429.
- y Gómez, G. G. 1985. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition* 35:121-129.
- y Schwabe, W. W. 1985. Scopoletin involvement in post-harvest physiological deterioration of cassava root. *J. Experimental Botany* 36:783-791.
- Wholey, D. W. y Booth, R. H. 1979. Influence of variety and planting density on starch accumulation in cassava roots. *J. Sci. Food Agric.* 30:165-170.



# ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN YUCA

J. Carlos Lozano\*

## Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) ha sido considerada una especie resistente a las condiciones adversas de clima y suelo y al ataque de patógenos y pestes. Esta apreciación es correcta si se compara la estabilidad de la producción tradicional de los clones nativos de yuca en una región con la de otros cultivos; aunque sus rendimientos puedan ser bajos, la yuca casi nunca falla y produce satisfactoriamente en regiones en donde otras especies producen muy poco o nada (Cock, 1985).

Sin embargo, cuando se comparan los rendimientos que obtienen los productores tradicionales o los promedios de una región, país o continente con los rendimientos de los centros experimentales o los productores progresistas, las diferencias son abismales. No se puede concluir que tales diferencias son efecto exclusivo de las pestes y los patógenos, pero indudablemente un alto porcentaje de ellas se debe a la presión que estos agentes bióticos ejercen sobre la especie.

Se sabe de epifitotias severas inducidas por *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (Lozano, 1986), *Elsinoe brasiliensis* (Zeigler et al., 1984), *Colletotrichum* spp. (IITA, 1982; Vyas y Joshi, 1976), *Uromyces* spp. (Laberry, 1976) y patógenos radicales (Lozano, sin publicar) que han causado pérdidas

---

\* Patólogo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

(generalmente superiores al 80% de la producción) en diferentes zonas ecológicas. Igualmente, se han registrado pérdidas considerables en clones susceptibles introducidos a regiones con características ecológicas diferentes al lugar de su selección (Lozano et al., 1980). Lo anterior indica la vulnerabilidad de la especie a los patógenos que la afectan y la necesidad de controlarlos para poder obtener rendimientos altos y estables.

En el presente artículo se tratan de resumir las diferentes alternativas que para el control de enfermedades en yuca han sido registradas como eficientes y que podrían tenerse en cuenta al proyectar paquetes tecnológicos para la producción de ese cultivo.

## **Características de la Yuca y su Cultivo frente a las Medidas de Control de Enfermedades**

Con el fin de entender mejor las razones para el desarrollo y la aplicación de algunas de las medidas de control que se discuten más adelante, es importante considerar ciertas características específicas de la yuca y su cultivo, que la distinguen de otros cultivos tradicionales.

1. La planta de yuca es leñosa perenne, susceptible a algunos patógenos de especies forestales y de cultivos perennes. La especie *M. esculenta* está compuesta de clones domesticados que se han desarrollado en zonas ecológicas con características climáticas y edáficas específicas; la correlación clon-ecosistema determina un comportamiento del clon acorde con su resistencia genética a los problemas adversos a la producción en la región (Lozano et al., 1980).
2. El ciclo vegetativo de la yuca es fisiológicamente indefinido. Como el ciclo genético es de más de un año (aproximadamente desde el cruzamiento a la obtención de estacas para la propagación del nuevo clon), y la capacidad de multiplicación de la especie es baja, un clon mejorado promisorio sólo podrá obtenerse después de 8 ó 10 años de evaluación (Kawano, 1978). La aceptación y el cultivo



comercial del nuevo clon en una región puede demorar mucho más.

3. La yuca generalmente es un cultivo de las regiones más marginales del trópico y de agricultores con escasos recursos económicos (Cock, 1985); la posibilidad de que sus productores usen medidas costosas de control de pestes y enfermedades es muy limitada.
4. El ciclo de producción de la yuca es largo, ya que generalmente fluctúa entre 8 y 24 meses, según la región y la demanda del producto (Cock, 1985). Durante este período pueden ocurrir ataques de diferentes patógenos con distintos niveles de severidad, los cuales afectan la producción de acuerdo con el daño ocasionado y la resistencia del clon.
5. La yuca se propaga comercialmente por medio de estacas de tallos más o menos lignificados, y los agricultores deben producir su propio material de siembra debido a: a) la perecibilidad de las estacas y su susceptibilidad a los daños mecánicos; b) el peso del material de siembra (100 g/estaca, aproximadamente); y c) el volumen de dicho material (10,000 estacas tienen un volumen aproximado de 2 m<sup>3</sup>. Por otro lado, la diseminación de patógenos sistémicos en estacas procedentes de plantas afectadas es altamente probable (Lozano y Nolt, 1986).
6. Los cultivos tradicionales de yuca se siembran generalmente en asociación con otros cultivos; cuando se siembra en monocultivo éste es multiclonal, aunque en ese caso un clon representa generalmente el mayor porcentaje de la población del cultivo.
7. El valor comercial de la yuca está en sus raíces, por lo que el cultivador debe proteger la condición sanitaria de las mismas hasta la cosecha. Adicionalmente, después de la cosecha las raíces son muy perecibles ya que sufren deterioros fisiológicos o microbianos, o ambos.

Las anteriores características de la yuca exigen que tanto el investigador como el productor tengan en cuenta el control de las

enfermedades y plagas al definir paquetes tecnológicos integrales para el cultivo, incluyendo alternativas y métodos sencillos de control preventivo como lo más apropiado para incrementar y estabilizar la producción.

Las siguientes medidas de control de enfermedades han sido registradas como exitosas, en determinadas circunstancias:

## Control Cultural

Las prácticas culturales aplicadas para el control de patógenos en yuca son quizás las medidas más eficientes para incrementar la producción a corto y a largo plazos, y para ayudar a mantener la estabilidad de la producción de clones genéticamente mejorados. Las siguientes prácticas han manifestado una eficacia excelente:

### Rotación de cultivos

Cuando la yuca se siembra después de cultivos perennes o forestales que tienen problemas patológicos radicales compatibles, o cuando ella se siembra continuamente en un mismo terreno, las pudriciones radicales se incrementan hasta causar epifitotias.

La población de los patógenos microbianos se puede reducir mediante la rotación de la yuca con cultivos no compatibles con ellos, como se observa en el Cuadro 1 para los microorganismos

Cuadro 1. Efecto de la siembra consecutiva de yuca y la rotación con maíz sobre la producción de raíces y la pudrición radical pre cosecha.

Ciclos <sup>a</sup> (años)	Producción (t/ha)	Pudrición de raíces/ciclo (%)
1o.	27.5	0.6
3o.	25.4	2.5
4o.	13.8	14.8
5o. Rot. maíz	24.3	0.9
Testigo (yuca)	8.3	18.6

a. La yuca se cultivó consecutivamente en 7.7 ha (12 plazas) durante cuatro años. En el quinto año se sembró maíz en 6.4 ha, y se dejó yuca en sólo 1.3 ha, como testigo. Población: 6666 plantas/ha.

que causan pudriciones radicales (Lozano y Bellotti, 1979). Se recomienda no sembrar yuca después de cultivos perennes leñosos o forestales, o cuando en el cultivo anterior de yuca las pudriciones radicales al momento de la cosecha fueron superiores a un 3% de la producción total de raíces.

Debe tenerse en cuenta la especie que se va a usar en la rotación respecto a su compatibilidad o incompatibilidad con el patógeno o los patógenos que se quieren controlar. En general, gramíneas tales como el maíz o el sorgo son excelentes cultivos de rotación.

### Siembra sobre caballones

Esta medida cultural ha demostrado ser muy eficiente (Cuadro 2) para controlar aquellos patógenos que son favorecidos por un alto contenido de agua en el suelo (Oliveros et al., 1974). El exceso de agua predispone a una fácil penetración de patógenos en el susceptible y ayuda a la diseminación de propágulos de organismos causales.

Cuadro 2. Efecto de la siembra en caballones sobre el control de las pudriciones radicales de yuca causadas por *Phytophthora drechsleri*.

Sistema de siembra	Raíces <sup>a</sup>		Pudrición (%)
	Sanas (no.)	Enfermas (no.)	
En caballones	589	13	2.2
Sin caballones	175	407	69.9

a. Estos datos representan la producción de 120 plantas/tratamiento, sembradas en parcelas al azar, de 30 plantas cada una.

La siembra sobre caballones que terminen en canales de desagüe facilita el drenaje después de las lluvias; se recomienda en general para el caso de la yuca en áreas en donde la precipitación pluvial es mayor que 1000 mm/año durante períodos de lluvias mono o bimodales de más de 6 meses; también se debe usar en regiones en donde son frecuentes las lluvias de más de 100 mm, aunque la acumulación total de agua lluvia sea inferior a los 1000 mm/año.

## Eliminación de residuos de cosecha

Los abundantes residuos de la cosecha de yuca pueden albergar patógenos e insectos, constituyéndose así en fuente de inóculo potencial para iniciar reinfecciones y luego epifitotias en los nuevos cultivos. En la literatura disponible al respecto se observa que la eliminación de tales residuos incrementa los rendimientos significativamente (Cuadro 3), y que además reduce las pudriciones radicales (Lozano y Bellotti, 1979).

Cuadro 3. Efecto de los residuos de cosecha sobre el establecimiento, las pudriciones radicales y la producción de yuca en un suelo franco-arcilloso, el cual había mostrado en el ciclo inmediatamente anterior un 2% de pudriciones radicales.

Clon <sup>a</sup>	Tratamiento <sup>b</sup> a parcelas	Resultados <sup>c</sup>			
		Estable- cimiento (%)	Pudriciones radicales (%)	Producción (t/ha)	Reducción de la producción (%)
M Col 22	Sin residuos	84.4	2.1	27.5	
	Con residuos	73.4	3.5	22.8	17
M Col 1468	Sin residuos	70.3	4.4	28.8	
	Con residuos	50.0	6.1	19.4	32

a. M Col 22 es un clon resistente a las pudriciones presentes en el suelo usado; el clon M Col 1468 es susceptible.

b. En los tratamientos sin residuos, éstos se removieron antes de la siembra.

c. Resultados obtenidos en cuatro repeticiones y 36 plantas/tratamiento.

La eliminación de los residuos se puede hacer amontonándolos y quemándolos, o incorporándolos al suelo por el proceso de arada y rastrillada de los lotes. En este último caso se debe dejar un tiempo prudencial, no inferior a dos meses, entre la incorporación de los residuos al suelo y la nueva siembra de yuca, para permitir que éstos se metabolicen.

## Espaciamiento entre plantas

El denso follaje de las plantas de yuca, especialmente de los clones ramificados, crea un microclima favorable a los patógenos foliares y del tallo porque favorece una humedad ambiental alta y

una temperatura un poco más baja que la ambiental, y porque reduce la luminosidad bajo el follaje.

Se ha encontrado que patógenos foliares tales como *Cercosporidium henningsii* (Teri, 1978), *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (Lozano, 1986), *Cercospora vicosae* (Teri, 1978) y *Colletotrichum* spp. (Lozano, sin publicar), inducen daños foliares más severos cuando el distanciamiento entre surcos y plantas es menor que 1 m. Igualmente, cuando el distanciamiento entre plantas es corto, se dificultan las inspecciones a los lotes (especialmente en clones ramificados) y se facilita la dispersión mecánica de los patógenos.

Se ha observado que, a distancias menores de 0.70 m entre plantas, el número de chancros en los tallos (causados por *Colletotrichum* spp.) es generalmente mayor que a distancias mayores que 1 m (Lozano, sin publicar). Al tomar material de siembra de plantaciones con una alta densidad de población, el agricultor incrementa la posibilidad de usar un mayor número de estacas enfermas.

La presencia bajo el follaje de un microclima favorable a los patógenos depende del vigor del clon, de la capacidad del mismo para producir follaje, del contenido nutricional del suelo y de las condiciones climáticas (especialmente lluviosas) imperantes; consecuentemente, cada zona ecológica podría tener un distanciamiento óptimo de siembra. En general, la siembra a 1 m x 1 m entre plantas ha sido registrada como satisfactoria, pero ésta se debe modificar de acuerdo con el clon sembrado, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas de la región.

### **Selección del material de siembra**

Al igual que en toda especie que se multiplica vegetativamente, en la yuca la calidad sanitaria de la estaca representa un alto porcentaje del éxito del cultivo. Puesto que existen varios agentes patógenos sistémicos, las estacas que se tomen de plantas enfermas pueden estar afectadas de bacterias, micoplasmas, virus y hongos; el efecto en la producción es imprevisible, pero a veces los rendimientos se reducen en mucho más que el 50%, como se puede observar en el Cuadro 4 (Lozano et al., 1984).

**Cuadro 4.** Primer ciclo de producción de varios clones 'limpiados' por medio del cultivo de sus meristemas y termoterapia, en comparación con testigos (no limpios) procedentes de cultivos tradicionales. Los resultados son de parcelas sembradas en el lugar de origen del respectivo clon.

Clon	Producción <sup>a</sup>		Incremento (%)
	No limpios (t/ha)	Limpios (t/ha)	
Quilcacé	8	17	53
M Col 113	5	17	71
Secundina	18	33	45
Llanera	4	15	73
M Col 1684	27	30	10
M Col 72	16	19	10
M Col 1468	17	27	37
M Ven 77	13	14	10

a. Resultados de cuatro repeticiones/tratamiento/clon. Cada parcela tenía 36 plantas.

Entre los sistemas diseñados para la obtención de estacas de buena calidad sanitaria para siembra (Cuadros 5 y 6), están los siguientes:

**Cuadro 5.** Efecto del uso de estacas seleccionadas visualmente de las plantas más sanas de una plantación, sobre el rendimiento de dos clones tradicionales y dos híbridos nuevos de yuca.

Clones	Rendimiento <sup>a</sup> según selección (t/ha)	
	Sin selección	Con selección
<b>Cultivares</b>		
M Col 22	18a	24b
M Col 1468	9a	13b
<b>Híbridos</b>		
CM 523-7	26a	27a
CM 342-170	21a	23a

a. Resultados de cuatro parcelas de 30 plantas por clon y por tratamiento, 11-12 meses después de la siembra; las plantas de los bordes se eliminaron. Los rendimientos seguidos de la misma letra no son significativos a un nivel de 0.05 según la prueba múltiple de Duncan, cuando se hace la comparación entre 'con selección' y 'sin selección' para el mismo clon.

Cuadro 6. Efecto de la selección de estacas (según la producción planta) en tres localidades diferentes y durante dos años, en relación con la resistencia o la susceptibilidad del clon a los problemas adversos para la producción, en cada localidad.

Clona	Rdto. <sup>b</sup> de la fuente de la estaca	Producción <sup>c</sup> por localidad y año (t/ha)					
		Media Luna		CIAT		Carimagua	
		1985	1986	1985	1986	1985	1986
Venezolana 1	A	7.1a	20.8a				
	B	7.0a (1)	18.1b (15)				
Venezolana 2	A	10.3a	24.1				
	B	6.8b (52)	16.3b (48)				
Secundina*	A	10.2a	25.4a				
	B	6.0b (70)	19.6b (30)				
M Col 113	A			18.7a			
	B			17.7b ( 6)			
M Col 22	A			38.9a			
	B			33.3b (17)			
M Col 1468*	A			29.5a		9.6a	16.6a
	B			18.6b (58)		5.8b (66)	9.2b (80)
M Pan 19	A					9.0a	20.3a
	B					7.5b (21)	16.1b (26)
M Ven 77	A					13.5a	25.1a
	B					12.2a (11)	22.1b (14)

a. Los clones señalados (\*) estaban evaluados como susceptibles a los problemas adversos a la producción.

b. Rendimiento: A = más alto que el promedio; B = más bajo que el promedio.

c. Datos de cuatro repeticiones con 30 plantas por repetición; entre paréntesis está el porcentaje del incremento obtenido al usar estacas con alta producción. Letras diferentes corresponden a 0.05 de significancia según la prueba de Duncan, cuando se hace la comparación entre fuentes de estacas para la misma variedad y los mismos sitios y año.

- a. Selección de estacas de plantas procedentes de cultivos de meristemas (CIAT, 1987; Lozano et al., 1984);
- b. selección de estacas de plantas fenotípicamente sanas (CIAT, 1987; Lozano et al., 1984); y
- c. selección de estacas de las plantas más productoras de una plantación (CIAT, 1986, 1987).

La selección de estacas de plantas procedentes de cultivos de meristemas requiere que las plantas madres o plántulas procedentes de los meristemas sean probadas (serológicamente, por microscopía electrónica, bioindicadores, etc.) respecto a su sanidad aparente. El método es demorado (tres años aproximadamente) y erradica también la flora benéfica; las plantas indexadas generalmente muestran una mayor susceptibilidad a los patógenos (CIAT, 1987; Lozano, sin publicar).

Por otro lado, cuando se seleccionan plantas de yuca aparentemente sanas como fuente de estacas para la siembra, éstas pueden estar afectadas de virus latentes (que no muestran síntomas visibles) o de patógenos cuya afección es tan reciente que aún no ha permitido que se manifiesten los síntomas (Lozano y Nolt, 1986). Al seleccionar como fuente de estacas las plantas que presentan la mayor producción de raíces en una plantación, se aplica el simple principio de que las plantas sanas son las que deben producir más raíces.

Cuando las plantaciones o lotes destinados exclusivamente a la producción de estacas se fertilizan adecuadamente y se someten a un manejo esmerado durante el ciclo de crecimiento, se pueden obtener estacas de mejor calidad agronómica y sanitaria.

### **Control de malezas**

Las malezas compiten con la yuca por los nutrimentos del suelo y pueden ser hospedantes de pestes y patógenos que afectan a los cultivos; por lo tanto, es necesario controlarlas adecuadamente, aunque a veces el método de control puede acarrear más daños que las mismas malezas.



Como se observa en el Cuadro 7, al controlar las malezas con azadón o con herbicidas de contacto se presentaron pudriciones radicales mayores que cuando el control se hizo con machete (Lozano, sin publicar). Esto ocurre porque el azadón hiere el sistema radical y el herbicida de contacto puede causar heridas en la base del tallo, hechos que facilitan una mayor penetración de patógenos y que repercuten, consecuentemente, en una presencia de pudriciones radicales mayor que cuando el control se hace con machete.

Cuadro 7. Efecto del sistema de control de malezas sobre la incidencia de las pudriciones radicales en yuca.

Clon	Pudrición <sup>a</sup> según sistema de control de malezas (%)		
	Con azadón	Químico	Con machete
M Col 1468	15	11	7
CM 342-170	67	44	3
M Col 1684	16	12	6
Promedio	33	22	5

a. Efectos sobre la producción total de raíces en plantaciones de ocho meses de edad, con cuatro repeticiones, en el CIAT.

Para el control de malezas en yuca se recomienda usar herbicidas preemergentes (Lazo+Karmex, por ejemplo) después de la siembra, con lo cual se logra un control satisfactorio durante dos meses aproximadamente (Doll, 1978); después de este tiempo se debe hacer el control con machete hasta cuando la sombra del follaje de yuca inhiba el crecimiento de las malezas.

### Solarización

La irradiación solar para pasteurizar el suelo se ha usado con excelente eficiencia para el control de muchos patógenos radicales de plantas (Katan et al., 1976). En yuca se registró recientemente su uso contra *Phytophthora* spp. y *Fusarium* spp. con eficiencia y con reducción en los costos de producción (Cuadro 8), al controlar malezas e incrementar los rendimientos significativamente (CIAT, 1985).

Cuadro 8. Efecto de la solarización del suelo en la producción de la yuca y en el número de deshierbas requeridas por ciclo.

Días de solarización	Producción <sup>a</sup> de raíces frescas (t/ha)	Incremento (%)	Deshierbas necesarias (no.)
0	18a	—	3
15	22b	19	1
30	30c	63	1

a. Resultados tomados de tres repeticiones/parcela de 30 plantas/tratamiento. Los números seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05 en el rango múltiple de Duncan.

Este sistema sería recomendable para suelos que se utilizan intensamente y llegan a infestarse en forma severa de patógenos. En el trópico se recomienda hacer la solarización durante el período de sequía, cuando la temperatura ambiental es generalmente más alta; treinta días de solarización es un excelente tratamiento para regiones con alturas inferiores a 1000 m.s.n.m.; en regiones con alturas superiores se debe experimentar antes de hacer el tratamiento respectivo.

## Control Varietal

El control genético de enfermedades en yuca es el método más eficiente y barato para el productor pero, debido a que el ciclo vegetativo de la especie es tan largo y a que la tasa de reproducción vegetativa es muy baja, el desarrollo de clones mejorados puede tomar diez o más años de evaluaciones continuas.

Se ha encontrado resistencia varietal para todas las enfermedades de yuca que se han investigado.

El tipo de resistencia parece ser multigénico, de carácter estable para enfermedades tales como el añublo bacteriano (Umemura y Kawano, 1983) y el superalargamiento (Kawano et al., 1983); quizás en otras enfermedades esta condición pueda ser similar. Sin embargo, parece existir especialización fisiológica en el

agente causante de superalargamiento (*Elsinoe brasiliensis*) (Zeigler et al., 1984), y muy probablemente los agentes de la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y las pudriciones radicales (*Fusarium* spp.), según datos recientes al respecto (Lozano, sin publicar). Lo anterior exige una cuidadosa evaluación del material genético, con el fin de evitar seleccionar clones con resistencia inestable.

Por otro lado, la microflora benéfica que se establece sobre la epidermis de las plantas de yuca ejerce una protección efectiva contra los agentes patógenos del cultivo; al hacer las respectivas evaluaciones, esta resistencia adquirida no se debe confundir con la genética, ya que ella presenta inestabilidad según fluctúe la población microbiana benéfica por efectos antagonísticos, climáticos, etc. (CIAT, 1985, 1986, 1987).

Las evaluaciones de campo en yuca han demostrado ser muy eficientes en localidades con epidemias severas de complejos patológicos (Lozano et al., 1984); estas evaluaciones permiten identificar clones con resistencia integral a las enfermedades más severas de la región en donde se efectúan, pero requieren generalmente varios ciclos sucesivos de siembras.

En general, la eficiencia de un programa de evaluación de campo en yuca depende de la severidad de las enfermedades que causan la epidemia en la localidad, de la época de siembra del material a evaluar (debe ser al inicio del período más lluvioso del año) y de la presencia de material genético susceptible que permita incrementar en corto tiempo el inóculo potencial en la localidad. Un análisis integral de la reacción varietal a las enfermedades y pestes, del rendimiento de raíces y de la producción de estacas de buena calidad podría ayudar a identificar clones con una mejor estabilidad en cuanto a resistencia y producción (Lozano et al., 1984).

## **Control Químico**

Como el ciclo comercial de la yuca es relativamente largo (8 a 24 meses), el control químico de enfermedades y pestes es

antieconómico en su caso; adicionalmente, quienes cultivan esta especie son generalmente agricultores con recursos económicos limitados y entre quienes la utilización de agroquímicos es también limitada. Se ha logrado un buen control químico de la mancha parda causada por *Cercosporidium henningsii* (Teri, 1978) y de las manchas foliares inducidas por *Phoma* spp. (CIAT, 1975), pero los costos son demasiado altos.

No obstante lo anterior, el tratamiento químico aplicado a las estacas antes de la siembra es una excelente medida de control de los patógenos que las afectan (Lozano y Bellotti, 1979). Al tratar las estacas con mezclas fungicidas se erradican los patógenos que las infectan e infestan, y se protegen contra los patógenos del suelo durante los días críticos posteriores a la siembra. El tratamiento de las estacas antes de la siembra con mezclas de fungicidas sistémicos y protectores ha permitido incrementar significativamente los rendimientos (Cuadro 9) y conservar en buenas condiciones sanitarias estacas largas (de más de 1 m de largo) almacenadas por períodos hasta de cuatro meses (CIAT, 1979, 1987).

Cuadro 9. Pudrición radical de la yuca al momento de la cosecha, en parcelas que se habían sembrado con estacas tratadas con mezclas fungicidas e insecticidas o con suspensiones bacterianas de *Pseudomonas putida* (cepa 88,  $1 \times 10^9$  células/ml), antes de la siembra en el CIAT-Palmira.

Clon	Pudriciones radicales por tratamiento <sup>a</sup>		
	Bacterización	Tratamiento químico	Testigo
M Col 113	7	18	41
CM 342-170	1	0	12
CM 523-7	0	0	5

a. Resultados de parcelas de 30 plantas/tratamiento, repetidas cuatro veces; las plantas de los bordes se eliminaron. La bacterización se hizo por inmersión de las estacas en la suspensión bacteriana durante 20 min; el tratamiento químico se hizo por inmersión por 5 min en una solución de benomyl (3 g/l i.a.), maneb (3 g/l i.a.) y Malathion 57 (2 ml/l).

## Control Biológico

El control biológico de enfermedades en plantas es relativamente reciente, pero los resultados obtenidos son muy halagadores

(Baker y Cook, 1974; Hubbard et al., 1983; Toussoun, 1980; Utkhede y Rahe, 1983). En yuca, la investigación al respecto es muy reciente y preliminar (Hernández et al., 1986).

Aunque se han registrado seis especies de *Uromyces* que afectan la yuca, la roya es una enfermedad considerada de poca importancia económica (Laberry, 1976), a excepción de algunas epifitotias esporádicas registradas en Brasil (Fukuda, S., EMBRAPA, comunicación personal). Parece que lo anterior se debe al excelente control biológico ejercido por *Darlucá filum*, un micoparásito que afecta al patógeno inmediatamente después de la producción de pústulas y que limita la producción de uredósporas que causan reinfecciones posteriores (Laberry, 1976). Las aspersiones con suspensiones de esporas de este micoparásito pueden lograr un control satisfactorio de la roya en regiones en donde la enfermedad es endémica.

Las uredósporas de roya en yuca también son alimento de larvas pertenecientes a especies de Coccinellidae y Cecidomyiidae; es frecuente encontrar una o más larvas de estos insectos en los chancros formados por los soros de las pústulas de roya. Aunque no existe ningún estudio al respecto, sería interesante investigar el efecto del insecto sobre esta enfermedad.

Al asperjar con suspensiones de *Pseudomonas putida*, la severidad de los daños causados por el añublo bacteriano de la yuca y el superalargamiento se redujeron considerablemente (Cuadro 10); los rendimientos también se incrementaron significativamente (Cuadro 11) (CIAT, 1985). Igualmente, bacterizando las estacas (sumergiéndolas en solución de bacterias) antes de la siembra se ha logrado un control significativo de las pudriciones radicales (Cuadro 9) y una reducción en las infecciones de *Diplodia manihotis*, como se puede observar en el Cuadro 12 (CIAT, 1985). Las especies de bacterias benéficas también pueden prevenir las pudriciones fisiológicas y microbianas que sufren las raíces de yuca después de la cosecha; se han obtenido resultados satisfactorios al bacterizar las raíces para almacenarlas durante 15 días (CIAT, 1985).

Cuadro 10. Control del añublo bacterino (AB) y el superlargamiento (S) por medio de aspersiones foliares con *Pseudomonas putida*.

Enfermedad	Tratamiento <sup>a</sup>	Sistema de evaluación <sup>b</sup>	Resultados según clon <sup>c</sup>		
			M Col 22 (susceptible)	CM 523-7 (resistencia intermedia)	M Ven 77 (resistente)
AB	Aspersión Testigo	Manchas angulares/hoja (no.)	1a	0a	0a
			7b	4b	4b
	Aspersión Testigo	Hojas con añublo/planta (no.)	1a	2a	0a
			7b	8b	3b
S	Aspersión Testigo	Plantas elongadas/parcela (no.)	4a	2a	0a
			14b	5b	0a

a. Parcelas con 36 plantas y tres repeticiones. Las plantas asperjadas recibieron seis aplicaciones foliares de  $1 \times 10^9$  células/ml de suspensiones de *P. putida*; las plantas testigo se asperjaron con agua destilada estéril.

b. Número de manchas angulares = promedio de 15 hojas (tres hojas de cinco plantas diferentes). Número de hojas con añublo = promedio de hojas afectadas en cinco plantas por parcela. Plantas elongadas = promedio por parcela.

c. Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente a niveles de 0.05 del rango múltiple de Duncan, cuando se hace comparación entre tratamientos para el mismo clon y la misma enfermedad.

Cuadro 11. Producción de clones con diferentes reacciones al afublo bacteriano, después de aspersiones foliares con *Pseudomonas putida* (cepa F-44).

Clon	Producción <sup>a</sup> de raíces frescas (t/ha) <sup>b</sup>	
	Parcelas asperjadas	Parcelas testigo
M Col 22 (susceptible)	6.8a	2.5b
CM 523-7 (con resistencia intermedia)	14.7a	14.0a
M Ven 77 (resistente)	9.6a	9.1a

- Producción de parcelas con 30 plantas cada una, repetidas tres veces; las plantas del borde se eliminaron.
- Cifras seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a niveles de 0.05 del rango múltiple de Duncan.

Cuadro 12. Efecto de *Pseudomonas fluorescens* (cepa Pf. c5a) en la germinación de yemas de estacas (clon M Col 1684), y en la infección de las mismas al inocularlas con *Diplodia manihotis* (Dm.)

No.	Tratamientos <sup>a</sup>		Resultados <sup>b</sup>	
	Producto	Tiempo	Germinación (%)	Infección <sup>c</sup> (%)
1	a. Pf. c5a	10 min	100	16b
	b. Dm.	20 min		
2	a. H <sub>2</sub> O estéril	10 min	10	97a
	b. Dm.	20 min		
3	a. Dm.	18 h	100	36b
	b. Pf. c5a	20 min		
4	a. Dm.	18 h	40	85a
	b. H <sub>2</sub> O estéril	20 min		
Test.	Dm.	20 min	0	100a
Test.	H <sub>2</sub> O o Pf.	20 min	100	0c

- Cada tratamiento consistió en la inmersión sucesiva de la estaca en una solución de la bacteria y en una del hongo patógeno, o viceversa. La concentración de las suspensiones fue de  $1.1 \times 10^9$  células/ml en el caso de *P. fluorescens* (cepa Pf. c5a), y  $5.8 \times 10^4$  picniósporas/ml en el caso de *D. manihotis* (Dm.).
- Resultados en 20 estacas/tratamiento, plantadas en potes con suelo estéril y mantenidas en un invernadero a 25 °C (± 8°C), 80% de HR y 12 h de fotoperíodo. Se evaluaron un mes después de la siembra y se encontraron diferencias significativas por el sistema Logit (X<sup>2</sup>).
- Los datos sobre infección de estacas seguidos por la misma letra no son significativos a nivel de 0.05 del rango múltiple de Duncan.

## Erradicación

Se han hecho estudios sobre la erradicación de patógenos en yuca usando medios físicos como el calor y las microondas. El superbrotamiento se logró erradicar sometiendo estacas afectadas de ese micoplasma a 39 °C por dos semanas (Costa y Kitajima, 1972); en el caso de plantas afectadas de virus tales como los del mosaico común, el mosaico caribeño y el cuero de sapo, tales virus se lograron erradicar en un alto porcentaje mediante el cultivo de meristemas de plantas tratadas con calor, a 40 °C (Roca, 1985).

Hongos y bacterias que afectan las semillas de yuca se han podido erradicar con tratamientos con microondas (Lozano et al., 1986) y con calor (CIAT, 1981); adicionalmente, esos tratamientos rompen la latencia natural de las semillas, acelerando su germinación después de la siembra. El cultivo de meristemas ha permitido la erradicación eficiente de virus cuando las plantas madres se han sometido previamente al calor (Roca, 1985).

Enraizando retoños de yuca producidos por estacas lignificadas se ha erradicado la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (Lozano y Wholey, 1974); este patógeno también se ha erradicado de una región entera eliminando todas las plantaciones afectadas y plantando luego sólo estacas sanas de yuca (Lozano, 1986). Asimismo, la eliminación de plantas afectadas ha permitido reducir la afección de añublo bacteriano (Lozano, 1986) y del virus del mosaico africano (Bock y Guthrie, 1976).

Algunos patógenos se pueden erradicar, o por lo menos se puede reducir su incidencia evitando rotar la yuca con plantas como las de la familia Eupobiaceae, que son hospedantes alternos de patógenos como *Elsinoe brasiliensis* (Zeigler et al., 1984), o como *Crotalaria spectabilis*, hospedante de *D. manihotis* y *Fusarium* spp. (CIAT, 1986); también se logran efectos similares eliminando malezas que crecen en plantaciones de yuca afectadas del añublo bacteriano (Lozano, 1986).



## **Medidas Cuarentenarias**

Aunque son relativamente pocos los países que tienen actualmente reglamentaciones cuarentenarias para regular el movimiento de material de propagación de yuca, estas reglamentaciones son beneficiosas y se deben establecer donde ellas no existan.

En general, se ha considerado que la semilla botánica de yuca tiene menos riesgos de estar afectada de agentes patógenos; sin embargo, estudios recientes han mostrado que ella también puede llevar bacterias y hongos patógenos (Lozano et al., 1986). El tratamiento con microondas erradica ambos tipos de patógenos, y el tratamiento con calor erradica los de tipo bacteriano (Lozano et al., 1986; CIAT, 1981). El tratamiento químico reduce considerablemente los riesgos de reinfecciones, al igual que la selección de las plantas, los frutos y las semillas que se usen para la propagación (Lozano y Nolt, 1986).

Las estacas de yuca, por otro lado, tienen un alto riesgo de estar afectadas de patógenos (Lozano y Nolt, 1986), y su introducción a cualquier país o región debe prohibirse. El material vegetativo procedente del cultivo de meristemas tiene muy bajo riesgo de estar afectado y este riesgo se puede minimizar si las plantas madres o el material meristemático cultivado se somete a pruebas indicadoras para virus específicos (Lozano y Nolt, 1986).

Todo lo anterior debe tenerse en cuenta al determinar medidas cuarentenarias que regulen el movimiento de material de propagación de yuca entre los países y aún entre regiones geográficas distintas de cada país.

## **Conclusiones**

La vulnerabilidad de la yuca a diferentes patógenos virales, micoplasmáticos, bacterianos y fungales es indudable y, por lo tanto, es indispensable controlar tales patógenos para incrementar y estabilizar los rendimientos.

El control de enfermedades en yuca debe dirigirse a prevenir su ocurrencia, mediante la aplicación integral de todas aquellas medidas de control de enfermedades y pestes que han mostrado eficacia. Es obvio que en algunas circunstancias, determinadas especialmente por características ecológicas y sociológicas específicas, las medidas culturales de control que se deben aplicar en una región pueden no ser similares a las que se deben aplicar en otra región o regiones; esto implica la necesidad de determinar paquetes tecnológicos para el control integral de enfermedades en yuca, los cuales deben ser determinados y revisados periódica y regionalmente para ajustarlos según las circunstancias y las a veces cambiantes condiciones ecológicas.

## **Referencias**

- Baker, K. F. y Cook, R. J. 1974. *Biological control of plant pathogens*. W. H. Freeman, San Francisco. 433 p.
- Bock, K. R. y Guthrie, E. J. 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. *Proceedings of the African Cassava Mosaic Workshop held at Muguge, Kenya, 1976*. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 11-16.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Programa de Yuca. 1975. *Informe anual 1974*. Cali, Colombia. p. 73.
- . 1979. *Informe anual 1978*. Cali, Colombia. p. A110.
- . 1981. *Informe anual 1980*. Cali, Colombia. p. 93.
- . 1985. *Cassava Program, annual report 1984*. Cali, Colombia. p. 270.
- . 1986. *Programa de Yuca, informe anual 1985*. Cali, Colombia.
- . 1987. *Programa de yuca, informe anual 1986*. Cali, Colombia. (Sin publicar.)
- Cock, J. H. 1985. *Cassava; new potential for a neglected crop*. Westview Press, Boulder, Co. 191 p.
- Costa, A. S. y Kitajima, E. W. 1972. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. En: *Proceedings of Cassava Mosaic Workshop, Ibadan, Nigeria, 1972*. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadán, Nigeria. p. 18-36.

- Doll, J. D. 1978. Weeds: An economic problem in cassava. En: Brekelbaum, T.; Bellotti, A. y Lozano, J. C. (eds.). Proceedings of the cassava protection workshop, Cali, Colombia, 1987. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 65-69.
- Hernández, J. M.; Laberry, R. y Lozano, J. C. 1986. Observations on the effect of inoculating cassava (*Manihot esculenta*) plantlets with fluorescent pseudomonads. *Phytopath. Z.* 117:17-25.
- Hubbard, J. P.; Horman, G. E. y Hadon, Y. 1983. Effect of soilborne *Pseudomonas* spp. on the biological control agent *Trichoderma hamatum*, on pea seed. *Phytopathology* 73:655-659.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1982. Role of insects in the etiology of CAD (cassava anthracnose disease). IITA annual report 1981. Ibadan, Nigeria. p. 19-60.
- Katan, J.; Greenberger, A.; Alon, H. y Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.
- Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for productivity. Tropical Agriculture Research Series no. 11. Ministry of Agriculture and Forestry, Japón. 21 p.
- ; Umemura, Y. y Kano, Y. 1983. Field assessment and inheritance of cassava resistance to superelongation disease. *Crop Science* 23:201-205.
- Laberry, R. 1976. Estudio etiológico de la roya (*Uromyces* spp.) en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. Tesis (M.S.), Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá. 84 p.
- Lozano, J. C. 1986. Cassava bacterial blight: A manageable disease. *Plant Disease* 70(12):1089-1093.
- y Bellotti, A. 1979. Control integrado de enfermedades y pestes de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Fitopatología Colombiana* 8(2):97-104.
- ; Byrne, D. y Bellotti, A. 1980. Cassava/ecosystem relationships and their influence on breeding strategy. *Tropical Pest Management* 26:180.
- ; Hershey, C. H.; Bellotti, A. y Zeigler, R. 1984. A comprehensive breeding approach to pest and disease problems of cassava. En: Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Lima, Perú, 1983. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. p. 315-320.
- ; Laberry, R. y Bermúdez, A. 1986. Microwave treatment to eradicate seed-borne pathogens in cassava true seed. *Phytopath. Z.* 117:1-8.

- y Nolt, B. L. 1986. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). En: Plant Quarantine. Vol. 2. Problems, solutions and special topics. CRC Press, Boca Ratón, Fl., E.U. (En impresión.)
- ; Pineda, B. y Jayasinghe, U. 1984. Effect of cutting quality on cassava. En: Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Lima, 1983. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. p. 433-439.
- y Wholey, D.W. 1974. The production of bacteria-free planting stock of cassava. *World Crops* 26:115-117.
- Oliveros, B.; Lozano, J. C. y Booth, R. H. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. *Plant Disease Reporter* 58:703-705.
- Roca, W. 1985. In vitro clonal propagation to eliminate crop diseases. En: Inter center seminary on international agriculture research centers and biotechnology; biotechnology in international agricultural research, 1984. Proceedings. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Filipinas. p. 3-10.
- Teri, J. M. 1978. Brown leaf spot and Cercospora leaf blight of cassava, epidemiology and importance. Tesis (Ph.D.), Cornell University, Ithaca, Nueva York. 101 p.
- Toussoun, T. A. 1980. *Fusarium* suppressive soil. *Phytopathology* 70:412.
- Umemura, Y. y Kawano, K. 1983. Field assessment and inheritance of resistance to cassava bacterial blight. *Crop Science* 23:1127-1132.
- Utkhede, R. S. y Rahe, J. E. 1983. Effect of *Bacillus subtilis* on growth and protection of onion against white rot. *Phytopath. Z.* 106:199-203.
- Vyas, S. C. y Joshi, L. K. 1976. Die-back of cassava (*Manihot utilissima* Pohl.; *Manihot esculenta* Crantz); a new disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Science and Culture* 42(3):171-172.
- Zeigler, R. S.; Lozano, J. C. y Alvarez, E. 1984. Summary of recent research on the superelongation disease of cassava. En: Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Lima, Perú, 1983. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. p. 363-370.

# INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE Y ESTABILIDAD GENETICA EN YUCA; RESULTADOS DE UN ESTUDIO EN CUBA

*Sergio Rodríguez M.\**

## Introducción

La yuca figura actualmente en el cuarto lugar como cultivo alimenticio en los trópicos en cuanto a producción se refiere, superada solamente por los principales cereales (Cock, 1985). Menospreciada y aún denigrada en el pasado, su cultivo fue desatendido por las ciencias agrícolas durante muchos años debido a su bajo status como producto alimenticio, y a que es un cultivo de subsistencia que realizan agricultores pequeños y marginados.

Durante la última década se ha experimentado un gran cambio en relación con la yuca y la cantidad de investigaciones que se dedican a ella. Un gran número de instituciones nacionales o internacionales han iniciado importantes programas de investigación, y ya se comienzan a ver sus frutos tanto en el cultivo mismo como en los sistemas de producción utilizados.

La amplia dispersión geográfica de la yuca se debe a varias causas, entre las cuales se pueden destacar: su amplia adaptabilidad edafoclimática (en especial su adaptabilidad a regiones secas), el elevado valor energético de sus raíces tuberosas y el uso tan diverso que puede hacerse de esta planta, tanto para la alimentación animal como para la humana (Rodríguez M., 1982). Según datos de la FAO (1985), entre 1979 y 1985 el área

---

\* Investigador auxiliar del Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) y profesor auxiliar adjunto de la Universidad Central de Las Villas, Cuba.

cosechada de yuca se incrementó en el mundo en 725,000 ha, mientras los rendimientos sólo se incrementaron en 0.46 t/ha; la producción mundial en el último período fue de 136.53 millones de toneladas.

Durante esos seis años (1979-1985), los rendimientos medios nacionales en Cuba se han incrementado de 3.6 t/ha a 4.55 t/ha, aunque en 1981 y 1982 se alcanzaron rendimientos de 6.39 y 6.52 t/ha respectivamente. Sin embargo, en este sentido existen notables diferencias entre las provincias de la región oriental (Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo) y el resto del país; así, es de destacar el hecho de que los rendimientos que se obtienen en la provincia de más bajo promedio en las regiones central y occidental superan al mejor rendimiento obtenido en la región oriental. Por otra parte, el rendimiento promedio en las provincias Habana, Matanzas, Cienfuegos y Ciego de Avila (7.86 t/ha) prácticamente duplica el de las regiones orientales (4.04 t/ha). En estos momentos se plantan más de 40,000 ha anuales de yuca.

Conviene señalar que las cifras indicadas no reflejan realmente el avance del cultivo de yuca en Cuba durante la última década (1975-1985); a pesar de que el incremento en los rendimientos promedios anuales es aparentemente muy bajo, el balance resulta favorable si se comparan los suelos que se empleaban en el cultivo entre 1960 y 1975 con los que se utilizan en esta última década; como es lógico, ahora los mejores suelos generalmente se emplean para cultivos más exigentes dejando los marginales para la yuca, una planta que tiene la cualidad de producir rendimientos aceptables bajo condiciones edáficas de poca fertilidad. De esta manera, el hecho de que los rendimientos se hayan incrementado o se hayan mantenido en algunos años, puede considerarse también como un avance.

Considerando la situación expuesta, resulta imprescindible continuar profundizando en la investigación del cultivo de la yuca, para obtener clones con mayor potencial productivo y mejor adaptados a las condiciones edafoclimáticas predominantes en las diferentes empresas de producción, incrementar los rendimientos por área plantada y reducir los costos de producción.

## **Objetivos**

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas, se concibió el trabajo que se describe a continuación, cuyos objetivos fundamentales son los siguientes:

- a) Determinar la interacción de algunos caracteres fenológicos y de rendimiento de las raíces comerciales de yuca con el ambiente, para definir una estrategia futura para el fitomejoramiento del cultivo con miras a la producción de materiales de propagación y a la producción de raíces tuberosas comerciales.
- b) Determinar qué método para medir la estabilidad fenotípica resulta más apropiado para discriminar los genotipos de yuca, y la forma como se correlacionan los métodos estudiados en el caso de este cultivo.
- c) Comenzar la búsqueda de información sobre posibles zonas edafoclimáticas que puedan emplearse en un futuro para los trabajos de selección clonal, con el fin de lograr el establecimiento de una red nacional donde se puedan seleccionar los genotipos mejor adaptados a cada región.
- d) Recomendar uno o más clones de yuca que tengan un potencial productivo superior al de los clones actuales, y que además permitan establecer una estrategia de cosecha que posibilite disponer de esta vianda en el mercado todo el año.

## **Materiales y Métodos**

### **Clima y suelos de las regiones de experimentación**

El estudio se realizó durante 1982, 1983 y 1984 en ocho localidades del país representativas de zonas productoras de yuca. Tres de estas localidades están ubicadas en la región occidental, así: Candelaria en Pinar del Río, Güira de Melena en La Habana y Bolondrón en Matanzas; otras tres están en la región central: Santo Domingo y Santa Clara en Villa Clara y Camagüey en Camagüey; las dos restantes están en la región oriental, así: Velazco en Holguín y Guantánamo en Guantánamo (Figura 1).

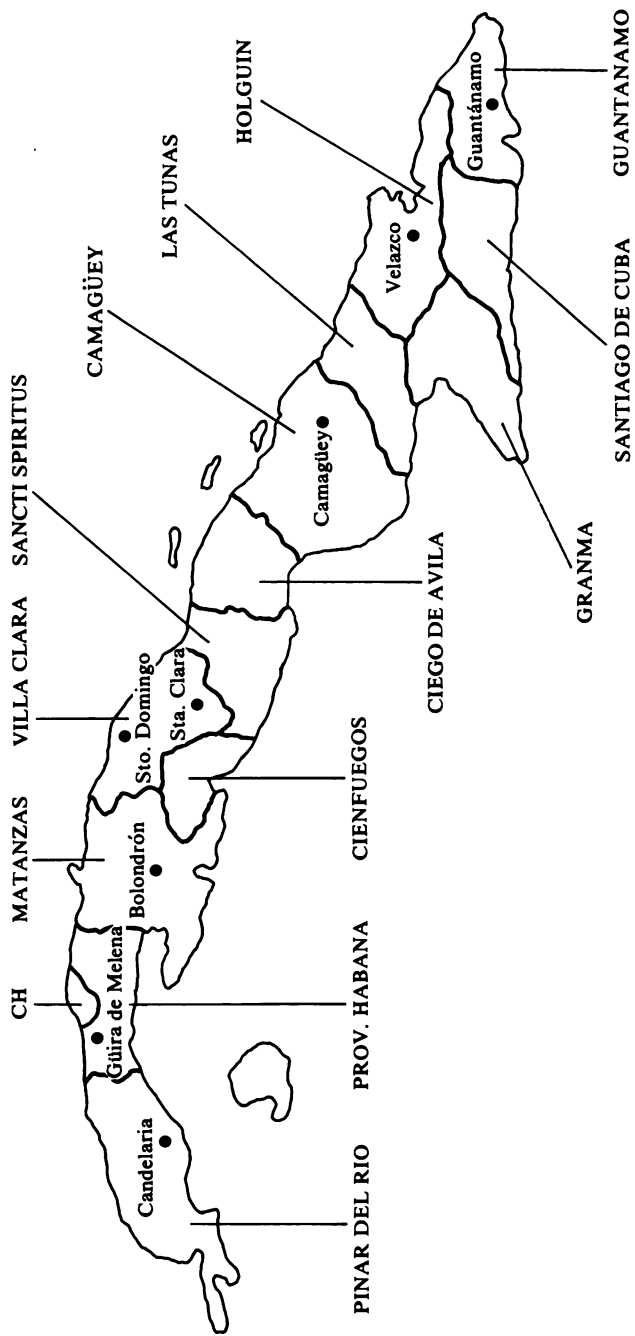


Figura 1. Lugares donde se efectuaron los experimentos y su localización en las diferentes provincias cubanas.



Los suelos se caracterizaron (Cuadro 1) según la **Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba** (Academia de Ciencias de Cuba, 1975) y se analizaron empleando las técnicas descritas en la **Norma Ramal del MINAG**, de 1980.

### **Genotipos estudiados, diseño experimental y características fitotécnicas de los experimentos**

Los genotipos estudiados fueron: a) los ecotipos locales Señorita (testigo), Pinera y CEMSA 80-99; b) los híbridos CEMSA 5-28, CEMSA 74-110, CEMSA 74-725, CEMSA 74-2294, CEMSA 74-6329 y CEMSA 74-207, obtenidos en Cuba a partir de progenitores con diferentes procedencias genéticas y c) el clon CMC 40 introducido del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia. Estos materiales poseen las cualidades requeridas para el consumo.

Los experimentos se plantaron en todas las localidades en el mes de enero, utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se establecieron parcelas de cinco surcos de 8 m de longitud y distancias de 1.20 m entre surcos y 0.80 m entre plantas. Se evaluaron los tres surcos centrales, y el área de cálculo de la parcela fue de 28.6 m<sup>2</sup>.

En estos experimentos se empleó la fitotecnia convencional, que aparece detallada en el 'Instructivo técnico de viandas tropicales' del MINAG, de 1981.

### **Caracteres analizados y forma de muestreo**

Se analizaron los siguientes caracteres:

- a) Número de estacas brotadas por parcela. Este número se determinó en las ocho localidades durante los tres años, por conteo directo de las plantas cuyos brotes tuvieran 5 cm de altura como mínimo a los 30 días de realizada la plantación.
- b) Altura a la primera ramificación. Para medir este carácter se tomaron cinco plantas/parcela/clon en cada repetición, y se midió en ellas la distancia, en centímetros, entre el punto de unión del tallo primario con la estaca y el primer punto de

Cuadro 1. Clasificación y caracterización de los suelos en ocho localidades cubanas.

Localidad y (provincia)	Clasificación del suelo	Horizonte (cm)	pH		Acidez hidrolítica (meq/100g)	Mat. org. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> asimilable (µg/100g)	K <sub>2</sub> O asimilable (meq/100g)
			H <sub>2</sub> O	ClK				
Candelaria (P. del Río)	Ferráltico cuarcítico lixiviado	0-20	6.3	5.3	3.5	1.3	20.6(9.1)	0.2 (0.1)
		20-40	6.5	5.5	1.3	0.7	—	0.3 (0.2)
Guira de Melena (La Habana)	Ferráltico rojo típico	0-23	7.0	6.5	1.0	2.4	8.2 (3.6)	0.2 (0.1)
		23-40	7.0	6.3	1.6	1.2	2.1 (0.9)	0.3 (0.2)
Bolondrón (Matanzas)	Ferráltico rojo hidratado y lixiviado	0-40	7.0	6.4	0.9	3.0	5.7 (2.5)	2.6 (2.2)
		40-57	7.0	6.4	0.7	1.4	2.5 (1.1)	1.8 (1.4)
Santo Domingo (Villa Clara)	Pardo con carbonato típico	0-15	7.5	7.2	—	2.7	5.7 (2.5)	1.0 (0.8)
		15-23	7.5	7.3	—	2.5	4.8 (2.1)	1.0 (0.8)
Santa Clara (Villa Clara)	Pardo carbonatado gleizoso sobre caliza suave	0-15	7.8	7.0	—	3.5	4.6 (2.0)	1.7 (1.4)
		15-30	7.2	6.8	—	2.0	1.7 (0.7)	0.9 (0.7)
Camagüey (Camagüey)	Pardo carbonatado gleizoso sobre caliza suave	0-15	7.8	7.0	—	3.9	4.5 (1.9)	1.5 (1.2)
		15-30	7.9	7.0	—	2.0	1.7 (0.7)	0.9 (0.7)
Velazco (Holguín)	Pardo con carbonatos platogémicos	0-17	7.4	5.6	2.4	3.8	1.8 (0.8)	0.8 (0.6)
		17-38	8.1	7.0	0.4	1.5	—	0.5 (0.4)
Guantánamo (Guantánamo)	Aluvial dife-renciado	0-28	7.4	7.0	—	2.6	4.9 (2.1)	0.9 (0.7)
		28-50	7.9	7.1	—	1.9	0.5 (0.2)	0.7 (0.5)

ramificación. Esta evaluación se realizó 10 días antes de la cosecha, durante los tres años en todas las localidades a excepción de Velazco.

- c) Número de raíces tuberosas comerciales. Se determinó en cada una de las cinco plantas muestreadas por parcela y por clon en cada repetición, por conteo directo de aquellas raíces que tuviesen tamaño comercial (alrededor de 20 cm de longitud y 5 cm de diámetro); la evaluación se realizó en las ocho localidades, durante los tres años.
- d) Rendimiento de raíces tuberosas comerciales. Este rendimiento se determinó por el peso (t/ha) de aquellas raíces que tuviesen tamaño comercial, en los tres surcos centrales de las parcelas, durante los tres años en las ocho localidades.

### **Arreglo y modelos estadísticos empleados**

**ANVA<sup>1</sup> factorial.** Al finalizar las tres cosechas se realizaron los análisis estadísticos por medio del ANVA factorial, en el que se descomponen los factores del ambiente como efectos principales y sus posibles interacciones con los genotipos. Se utilizó un modelo I o de efectos fijos de análisis de varianza (Steel y Torrie, 1960).

El modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + A_j + L_k + GA_{ij} + GL_{ij} + AL_{jk} + e_{ijkl}$$

donde:

$Y_{ijkl}$  = valor obtenido para el carácter en cuestión en la  $l$ -ésima repetición de la  $k$ -ésima localidad del  $j$ -ésimo año en el  $i$ -ésimo genotipo

$\mu$  = media general para el carácter

$G_i$  = contribución del  $i$ -ésimo genotipo

$A_j$  = contribución del  $j$ -ésimo año

$L_k$  = contribución de la  $k$ -ésima localidad

$e_{ijkl}$  = error asociado

$GA_{ij}$ ,  $GL_{ij}$  y  $AL_{jk}$  son las interacciones correspondientes.

1. Término usado en este libro para referirse al análisis de varianza, denominado generalmente como ANOVA en inglés o ANDEVA en español.

**Modelos de estabilidad o adaptabilidad empleados.** Se realizaron análisis de estabilidad y/o adaptabilidad para los caracteres: altura a la primera ramificación, número de raíces tuberosas comerciales y rendimiento de raíces tuberosas comerciales. Se emplearon los métodos siguientes: a) modelo de regresión lineal; b) método de la ecovalencia; c) método del coeficiente de variación de los genotipos; d) método de estabilidad y adaptabilidad ambiental.

- a) **Modelo de regresión lineal (Eberhart y Russell, 1966).** Para cada genotipo se realizó un análisis de regresión lineal del carácter objeto de estudio en cada ambiente, sobre el comportamiento medio de todos los genotipos en los distintos ambientes, llamado 'índice ambiental' ( $I_j$ ). El coeficiente de regresión lineal ( $b_j$ ) obtenido en cada caso se planteó contra la media general del genotipo en todos los ambientes ( $\mu_i$ ), para obtener un gráfico donde cada punto representa un genotipo.

La desviación de la regresión ( $\delta_{ij}/(N-2)$ ) de cada genotipo en cada ambiente (desviación de la linealidad) se calculó de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\Sigma(Y^i - Y)^2/(N-2)$$

donde:

$Y^i$  = rendimiento estimado del genotipo en cada ambiente  
 $Y$  = rendimiento real del genotipo en cada ambiente  
 $N$  = número de ambientes.

El resultado obtenido se docimó contra el residuo de la regresión.

El modelo lineal empleado fue el de Eberhart y Russell (1966):

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + \delta_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = valor del carácter medido en el  $i$ -ésimo genotipo en el  $j$ -ésimo ambiente

- $\mu_i$  = valor medio del *i*-ésimo genotipo para todos los ambientes
- $b_i$  = coeficiente de regresión lineal del *i*-ésimo genotipo sobre todos los ambientes
- $I_j$  = índice ambiental
- $\delta_{ij}$  = desviación de la regresión lineal de *i*-ésimo genotipo en el *j*-ésimo ambiente.

Se estimaron, por tanto, los dos parámetros de estabilidad  $b_i$  y  $\delta_{ij}$ , y se decidieron para cada genotipo en la forma apropiada. Se calcularon los errores estándar de  $b_i$ , se docimó la hipótesis nula  $b_i = 0$ , y además se probó si cada  $b_i$  difería o no significativamente de 1.

El coeficiente de regresión lineal ( $b_i$ ) se utiliza como una medida de estabilidad, y la desviación de la linealidad ( $\delta_{ij}$ ) se usa para definir la adaptabilidad de los genotipos. Según Eberhart y Russell (1966), un genotipo estable será el que presente un coeficiente de regresión  $b_i = 1$  y una  $\delta_{ij}/(N-2)$  no diferente de cero. En el presente trabajo se emplearon estos criterios, además de que los valores de la media de los genotipos estén por encima de la media general; genotipos con  $b_i < 1$  se consideran adaptados a ambientes desfavorables, y los genotipos con  $b_i > 1$  se consideran adaptados a ambientes favorables.

- b) **Modelo de ecovalencia (Wricke, 1962, 1964 y 1965).** Este método utiliza el análisis de varianza de los experimentos basándose en las interacciones entre los genotipos y los ambientes; éstas se distribuyen entre los genotipos estudiados. Según este método, los genotipos con una baja participación en el valor de las interacciones se consideran estables en el carácter objeto de estudio, y, por definición, tienen una ecovalencia pequeña. Los genotipos con una gran participación en las interacciones genotipo-ambiente se consideran inestables y presentan un elevado valor en su ecovalencia.

Para medir la participación de cada genotipo en las interacciones genotipo-ambiente, el autor mencionado desarrolló la fórmula siguiente:

$$W_i = \sum_j (X_{ij} - X_i/q - X_j/p + X_{...}/pq)^2$$

donde:

$W_i$  = valor del  $i$ -ésimo genotipo en experimentación

$X_{ij}$  = la media del  $i$ -ésimo genotipo en el  $j$ -ésimo ambiente

$X_i$  = suma del valor del genotipo  $i$ -ésimo en todos los ambientes

$X_j$  = suma del valor de todos los genotipos en el  $j$ -ésimo ambiente

$q$  = número de ambientes

$p$  = número de genotipos

$X_{...}/pq$  = media general.

Se docimó cada par de valores de  $W_i$ , ya que el coeficiente sigue una distribución F con  $(p-1)(q-1)/p$  grados de libertad. El análisis se realizó para todos los caracteres estudiados excepto para el número de plantas brotadas por parcela.

- c) Método del coeficiente de variación de los rendimientos de los genotipos (Rodríguez N., 1971 y 1976). Este método, aplicado con éxito práctico en Cuba por Rodríguez N. (1971) y perfeccionado por el mismo autor en 1976, permite determinar el grado de adaptabilidad de los genotipos en todos los ambientes ( $\bar{CV}$ ). Se supone que un genotipo será tanto más estable cuanto más bajo sea el valor del coeficiente de variación del carácter del genotipo analizado en todas las localidades ( $CV_y$ ).

La adaptabilidad del genotipo para cualquier carácter se determina según sean las relaciones entre  $CV_y$  (coeficiente de variación de los rendimientos medios del genotipo  $y$  en  $n$  ambientes),  $\bar{CV}$  (coeficiente de variación general),  $\bar{Y}$  (media general del rendimiento para el genotipo  $y$ ), y  $\mu$  (media general del rendimiento de todos los genotipos en todos los ambientes), así:

Si  $\mu < \bar{Y}$  y  $CV_y < \bar{CV}$ , el genotipo se considera estable y con adaptación general;

Si  $\mu < \bar{Y}$  y  $CV_y > \bar{C}\bar{V}$ , el genotipo se consiera estable en ambientes favorables, y con adaptación específica;

Si  $\mu > \bar{Y}$  y  $CV_y < \bar{C}\bar{V}$ , el genotipo es estable en ambientes desfavorables, y con adaptación específica;

Si  $\mu > \bar{Y}$  y  $CV_y > \bar{C}\bar{V}$ , el genotipo es inestable y con adaptación errática.

- d. Método de adaptabilidad ambiental y estabilidad según Bilbro y Ray (1976) adaptado. Para la aplicación de este método el valor del coeficiente de regresión ( $b_j$ ) se estimó de la misma forma que para el método de Finlay y Wilkinson (1963); se tomó como una estimación de la adaptación de cada genotipo a los cambios ambientales.

El segundo parámetro de estabilidad estimado fue el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) entre el índice ambiental ( $I_j$ ) y el valor de cada genotipo en ese ambiente ( $Y_{ij}$ ); se consideró que un genotipo era más estable cuando su valor de  $r^2$  era más alto. Se docimó el valor de  $r^2$  según Sokal y Rohlf (1969). El clon Señorita se empleó como testigo.

Se hizo la comparación estadística de la eficiencia de los métodos utilizados por medio de la correlación de rango de Kendall, según lo refieren Snedecor y Cochran (1981) para conocer la correlación de los métodos en la clasificación de los genotipos como estables o inestables.

### **Estudio de agrupamiento**

Con el fin de conocer la adaptabilidad de los clones a los diferentes ambientes en los cuales se trabajó, se realizó un estudio de reagrupamiento para el rendimiento; para tal fin se realizó un análisis de cluster con los 10 clones, 8 localidades y 3 años, utilizando la distancia euclidiana como índice de similitud y el método de ligamiento completo para realizar los agrupamientos (Tomassone y Tomassone, 1970).

## Resultados y Discusión

### Análisis de los ANVA factoriales

**Número de estacas brotadas por parcela.** Los resultados obtenidos en el ANVA 1, que aparecen en el Cuadro 2, muestran que no existen diferencias significativas entre los genotipos ni entre las localidades pero sí entre los años. En el caso de las interacciones de primer orden, no hay diferencia significativa para la interacción genotipo x localidad o genotipo x año, pero sí hay diferencias para localidad x año; también hay diferencia significativa para la interacción de segundo orden genotipo x localidad x año.

Cuadro 2. Resultados del ANVA 1 para número de estacas por parcela.

Fuente de variación	G.L.	C.M. <sup>a</sup>
Repeticiones en localidades	72	
Tratamientos	239	
Genotipo (A)	9	15.9
Localidad (B)	7	140.3
Año (C)	2	254.4**
(A x B)	63	9.5
(A x C)	18	14.7
(B x C)	14	52.7**
(A x B x C)	126	10.1**
Error	648	1.4

a. \*\* Significativo con  $P \leq 0.05$

$\bar{X} \pm D.E. = 28.49 \pm 0.46$

C.V. = 4.77%

La ausencia de significación estadística ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos se debe fundamentalmente a que en Cuba se hace un énfasis considerable respecto a la calidad del material de propagación que se debe emplear en las plantaciones. Así, García y Rodríguez (1983) y Morejón y Rodríguez (1983) recomiendan como material de propagación para las plantaciones comerciales únicamente estacas procedentes de tallos primarios con entrenudos cortos, cuya médula tenga un diámetro igual o menor que el 50% del diámetro total de la estaca; estas recomendaciones, que coinciden con las planteadas por varios autores, garantizan



un elevado porcentaje de brotación, un desarrollo vigoroso de las plantas y un elevado rendimiento de raíces tuberosas comerciales.

Con respecto a las localidades es necesario señalar que durante los tres años el porcentaje más bajo de brotación de estacas se obtuvo en Candelaria (Pinar del Río), donde llegó a 88.8%; no obstante, este valor no resultó significativamente inferior a los valores alcanzados en otras localidades como Güira de Melena (La Habana) y Bolondrón (Matanzas), que obtuvieron hasta un 94% de estacas brotadas.

Al analizar las interacciones de segundo orden se pueden observar diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tres factores analizados. En el ANVA 1 se puede destacar que los valores de la varianza obtenidos para las localidades, los años y la interacción localidad x año cosumieron más del 70% de la variación fenotípica total, mientras que ninguna interacción de los genotipos con los factores del ambiente resultó significativa para este carácter.

Estos valores obtenidos corroboraron una vez más que la selección del material de propagación tiene mayor importancia que el clon por sí mismo para garantizar una brotación aceptable.

**Altura de la primera ramificación.** Los resultados obtenidos en el ANVA 2, que aparecen en el Cuadro 3, muestran que existen

Cuadro 3. Resultados del ANVA 2, para la altura de la primera ramificación.

Fuente de variación	G.L.	C.M. <sup>a</sup>
Repeticiones en localidades	63	
Tratamientos	209	
Genotipo (A)	9	30503.0**
Localidad (B)	6	45549.6
Año (C)	2	42155.5
(A x B)	54	4941.8**
(A x C)	18	2930.4**
(B x C)	12	21492.3**
(A x B x C)	108	1622.0**
Error	567	200.4

a. \*\* Significativo con  $P \leq 0.05$ .

$\bar{X} \pm D.E. = 84.19 \pm 6.78$       C.V. = 16.11%.

diferencias significativas entre genotipos y para las interacciones de primer orden y segundo orden; no existen diferencias para el efecto separado de los años y las localidades.

Las diferencias entre genotipos demuestran que, aunque no se conocen con exactitud los factores que influyen en la transformación del ápice vegetativo en reproductivo, sí existen notables diferencias entre los clones de procedencia genética diferente. Los resultados coinciden con los obtenidos por Cock (1977) y Hunt et al. (1977), quienes plantean que tanto el número de nudos producidos antes de la primera ramificación, como el número de ramas formadas en cada punto de ramificación y el tiempo de ocurrencia de las ramificaciones son características varietales que dependen en cierta forma del ambiente en el cual se desarrolla el cultivo.

El hecho de que exista significancia en la interacción genotipo x localidad demuestra que, además de los factores genéticos, es necesario analizar los factores ambientales en el comportamiento del carácter. Aunque realmente no se puede precisar con exactitud cuál o cuáles de los factores ambientales influyen de manera determinante en el comportamiento del carácter (Irikura et al., 1979), sí existen diferencias notables de los genotipos entre las diferentes localidades.

Cabe destacar, además, la significancia de las interacciones genotipo x localidad y localidad x año en la manifestación del carácter, ya que se corrobora el comportamiento diferenciado que éste presenta a través de los años. Trabajos desarrollados en el CIAT coinciden con los resultados expuestos, pues encontraron que las condiciones de clima y suelo afectan la producción del material de propagación (Domínguez et al., 1982); esta producción está determinada por la calidad y la longitud del tallo primario (Rodríguez M., 1979; Montaldo, 1979; Ramanujan, 1980; Cock y Franklin, 1982).

**Número de raíces tuberosas comerciales por planta.** Los resultados obtenidos al respecto aparecen reflejados en el Cuadro 4. Se observa que de acuerdo con el ANVA 3 existen diferencias significativas entre genotipos, localidades y años, y

**Cuadro 4. Resultados del ANVA 3 para el número de raíces tuberosas comerciales por planta.**

Fuente de variación	G.L.	C.M. <sup>a</sup>
Repeticiones en localidades	72	
Tratamientos	239	
Genotipos (A)	9	92.8**
Localidades (B)	7	135.6**
Años (C)	2	48.5**
(A x B)	63	6.5**
(A x C)	18	5.5
(B x C)	14	30.7**
(A x B x C)	126	3.5**
Error	648	1.7**

a. \*\* Significativo con  $P \leq 0.05$ .

$\bar{X} \pm D.E. = 6.19 \pm 0.61$       C.V. = 20.0%.

también para las interacciones genotipo x localidad, localidad x año, y genotipo x localidad x año.

La diferencia entre genotipos se debe a la procedencia de los clones objeto de estudio, como se expuso anteriormente. El comportamiento diferencial del carácter en las localidades se debe fundamentalmente a las diferentes condiciones edafoclimáticas que poseen éstas, las cuales influyen en el comportamiento del carácter; estos resultados coinciden con lo planteado por Domínguez (1979) y Domínguez et al. (1982). La significancia de la interacción de segundo orden genotipo x localidad x año indica que existe interacción genotipo x ambiente y es un elemento más que justifica la aplicación de los métodos de estabilidad fenotípica.

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos en el ANVA 4. Se observa que existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos y para todas las interacciones de primer orden y de segundo orden. No se encuentran diferencias significativas para el efecto separado de las localidades y los años.

Las diferencias encontradas entre genotipos se deben a la diferente procedencia genética de los mismos. Rodríguez M.

Cuadro 5. Resultados del ANVA 4 para la evaluación del carácter rendimiento de raíces comerciales (t/ha).

Fuente de variación	G.L.	C.M. <sup>a</sup>
Repeticiones en localidades	72	
Tratamientos	239	
Genotipos (A)	9	5016.5**
Localidades (B)	7	5748.4
Años (C)	2	4082.9
(A x B)	63	285.1**
(A x C)	18	156.0**
(B x C)	14	3976.5**
(A x B x C)	126	134.1**
Error	648	30.4**

a. \*\* Significativo con  $P \leq 0.05$ .

$\bar{X} \pm D.E. = 32.76 \pm 2.60$       C.V. = 15.91%.

(1978, 1982 y 1984) obtuvo resultados similares en trabajos desarrollados durante varios años en localidades de las regiones occidental, central y oriental de Cuba. Rodríguez N. (1976), al estudiar cinco clones de yuca en dos localidades durante dos años, obtuvo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos.

La significancia encontrada para la interacción genotipo x localidad indica que existe un comportamiento diferencial de los genotipos en dependencia de la localidad (Hershey, 1983; IITA, 1984; Manso et al., 1985); por lo tanto resulta necesario tener en cuenta este resultado, ya que el número de clones que hay en producción es bastante limitado. Resultados similares se obtuvieron con la interacción localidad x año, la cual resultó significativa ( $P \leq 0.05$ ); esto era de esperarse, considerando las notables diferencias edafoclimáticas de las localidades objeto de estudio.

El hecho de que la interacción de segundo orden haya resultado significativa justifica plenamente el empleo de los métodos de estabilidad fenotípica.

**Observaciones generales en relación con los ANVA factoriales.** Los resultados discutidos muestran que existen notables diferencias en el comportamiento de los caracteres estudiados y

su interacción con el ambiente. Las diferencias entre genotipos y localidades carecen de valor cuando se realiza una correcta selección del material de propagación, para alcanzar un elevado porcentaje de brotación; sin embargo, existe una notable respuesta diferencial de los genotipos respecto a los caracteres restantes analizados en los diferentes ambientes.

Por lo tanto, resulta importante emplear el método de análisis de varianza factorial para combinar resultados de experimentos clonales en el cultivo de la yuca, y estimar la interacción genotipo-ambiente con vistas a obtener un criterio más científico para decidir acerca de la selección clonal. Esta selección debe hacerse no sólo desde el punto de vista de la producción de raíces tuberosas sino, además, de integrar en un mismo individuo otras características fenológicas que garanticen la producción de una proporción aceptable de material de propagación de alta calidad, con mínimos costos de producción.

### **Análisis de la estabilidad según Finlay y Wilkinson (1963) y Eberhart y Russell (1966)**

**Altura a la primera ramificación.** Al encontrar diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el análisis conjunto de la regresión, se estimó un  $b_i$  para cada genotipo.

Como se puede observar en la Figura 2, cuatro clones (CMC 40, CEMSA 74-110, CEMSA 80-99 y CEMSA 74-725) tienen un  $b_i$  cercano a 1, planteado por Eberhart y Russell (1966) como característica deseable. De estos clones, sólo CEMSA 74-110 y CEMSA 74-725 poseen medias con valores superiores a los de la media general.

En el caso del clon CMC 40 es necesario apuntar que adicionalmente a su estabilidad, el valor de su media sólo es ligeramente inferior al de la media general. Este clon es comercial actualmente y se caracteriza por producir estacas de alta calidad y una relación de multiplicación de aproximadamente 1:7, la cual se puede considerar como aceptable en las condiciones actuales de producción.

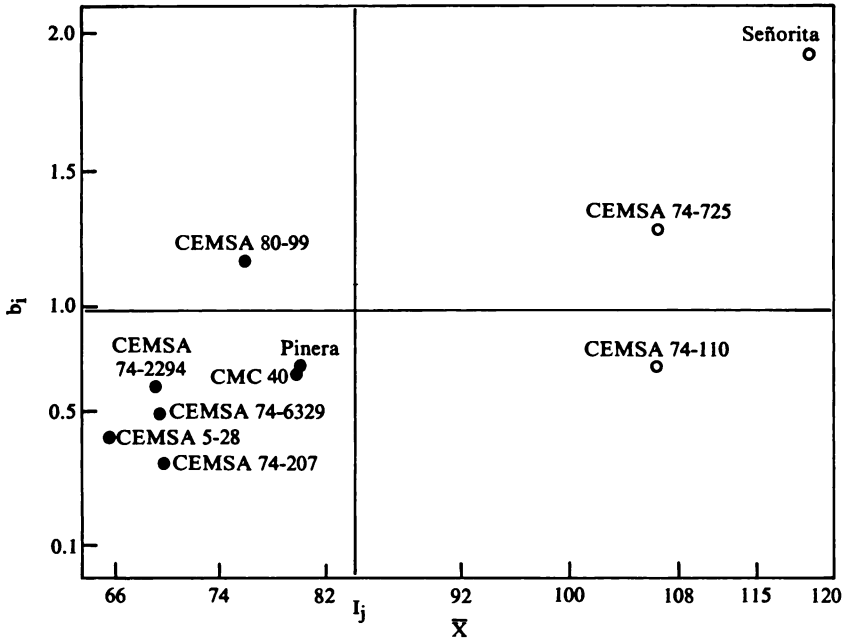


Figura 2. Altura a la primera ramificación.

Los clones Señorita, Pinera, CEMSA 5-28, CEMSA 74-2294, CEMSA 74-6329 y CEMSA 74-207 se comportaron como inestables. El clon Señorita resultó con adaptación específica a ambientes favorables ( $b_i = 1.99$ ), aunque debe destacarse que el valor de su media es superior al de la media general. Los restantes clones presentan mejor adaptabilidad a ambientes desfavorables y los valores de sus medias estuvieron por debajo de los de la media general (Cuadro 6).

La disponibilidad de clones como el CEMSA 74-725 y CEMSA 74-110, que tuvieron un comportamiento estable, representa una gran oportunidad para el establecimiento de estrategias futuras en el fitomejoramiento del cultivo, ya que la producción de estacas procedentes de tallos primarios resulta una garantía para lograr rendimientos superiores de raíces tuberosas comerciales (García y Rodríguez, 1983).

Cuadro 6. Coeficiente de regresión ( $b_i$ ), desviación de la linealidad ( $\delta_{ij}/N-2$ ) y valores de las medias para los caracteres: altura a la primera ramificación, número de raíces tuberosas comerciales y rendimiento, respectivamente.

Genotipos	Altura de la 1.ª ramificación (cm)		No. de raíces comerciales		Rendimiento en raíces (t/ha)				
	$b_i^a$	$\delta_{ij}/N-2$	$\bar{Y}$	$b_i^a$	$\delta_{ij}/N-2b$	$\bar{Y}$	$b_i$	$\delta_{ij}/N-2b$	$\bar{Y}$
Señorita	1.99**	660.8**	118	0.81	1.71	7.6	0.81	42.2	34.7
Pinera	0.78	605.0**	80	0.89	0.60	4.6	0.58**	18.1	26.3
CMC 40	0.78	102.7	80	0.98	1.09	6.5	2.05**	102.9**	34.0
CEMSA 5-28	0.53**	123.6	66	0.77**	1.58	6.5	1.21	38.4	34.5
CEMSA 74-110	0.80	132.4	107	1.01	1.31	6.7	1.20	52.9	33.0
CEMSA 80-99	1.18	235.2	77	0.81	1.03	5.9	1.98**	125.5**	27.8
CEMSA 74-725	1.30	146.1	107	1.05	0.97	7.3	1.18	20.1	44.7
CEMSA 74-2294	0.69**	327.2	69	0.74**	1.26	4.7	0.46**	29.5	18.2
CEMSA 74-6329	0.60**	298.1	69	1.52**	1.32	5.3	1.32**	63.4	38.0
CEMSA 74-207	0.43**	378.0	70	0.98	0.53	6.6	1.20	23.7	36.7
			$\mu = 84.30$			$\mu = 6.17$			$\mu = 32.79$

a. Valores de  $b_i$  con dos asteriscos (\*\*) difieren de la unidad para  $P \leq 0.05$ .

b. Valores de  $\delta_{ij}/N-2$  con dos asteriscos (\*\*) difieren significativamente de cero para  $P \leq 0.05$ .

La confiabilidad de los resultados obtenidos se refleja en el ejemplo del clon Señorita, el cual ha demostrado a través de los años que bajo condiciones favorables es un excelente productor de material de propagación, aunque en un medio adverso su producción resulta limitada.

**Número de raíces tuberosas comerciales/planta.** El análisis conjunto de regresión arrojó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Por lo tanto se procedió a estimar un  $b_j$  para cada genotipo.

Los resultados obtenidos (Cuadro 6 y Figura 3) demuestran que cinco genotipos (Señorita, CMC 40, CEMSA 74-110, CEMSA 74-725 y CEMSA 74-207) cumplen con los parámetros de estabilidad, y dos clones (Pinera y CEMSA 80-99) reúnen los parámetros de estabilidad, pero sus medias presentan valores inferiores a los de la media general. Los clones CEMSA 5-28, CEMSA 74-2294 y CEMSA 74-6329 resultaron ser inestables

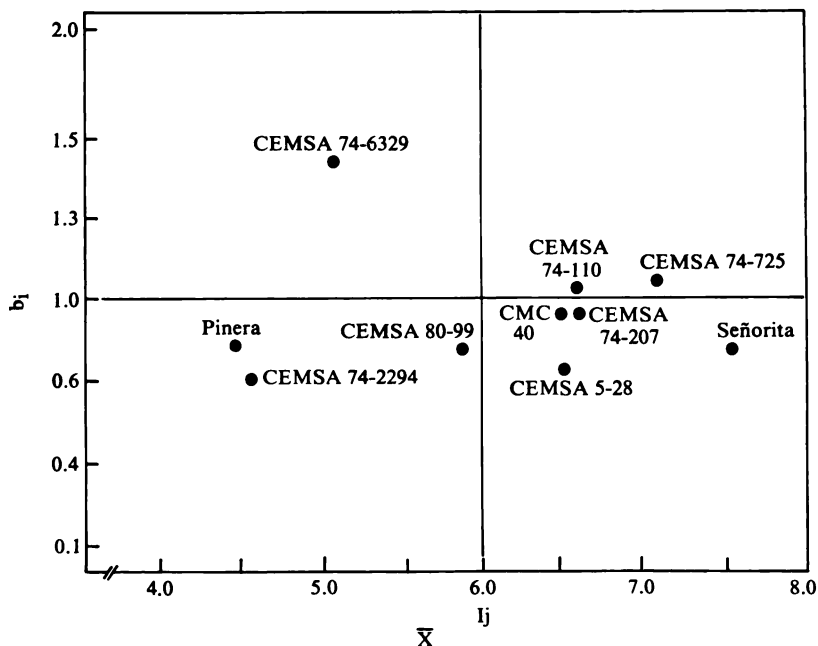


Figura 3. Número de raíces tuberosas por planta.



( $b_i = 0.77, 0.74$  y  $1.52$ , respectivamente); entre estos clones, CEMSA 5-28 presenta un buen comportamiento en ambientes desfavorables, ya que el valor de su media supera al de la media general, mientras que CEMSA 74-2294, con similar adaptabilidad, tiene una media inferior a la media general; CEMSA 74-6329 se comportó como un clon adaptado sólo a ambientes favorables.

El hecho de que el 70% de los genotipos se muestren estables posiblemente es debido a que la planta de yuca define el número de raíces tuberosas durante el primer período de su desarrollo, y a que en los clones objeto de estudio no existe una marcada influencia del medio sobre este carácter. Cock (1982) plantea que en la mayoría de las variedades el número de raíces que eventualmente engrosarán se determina en los primeros 2-3 meses después de la siembra. Cock et al. (1979) y Tan y Cock (1979) consideran que el fotoperíodo no induce el engrosamiento de las raíces, y que éste es la respuesta directa de la planta al exceso de carbohidratos suministrados para el desarrollo de la parte aérea.

**Rendimiento de las raíces tuberosas comerciales.** El análisis conjunto de regresión mostró diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ), por lo que se procedió a estimar el valor de  $b_i$  para cada genotipo y su correspondiente diferencia o igualdad con la unidad.

Tomando en consideración los parámetros  $b_i$  y  $\delta_{ij}/(N-2)$  del Cuadro 6, los clones Señorita, CEMSA 5-28, CEMSA 74-110, CEMSA 74-725 y CEMSA 74-207 se pueden considerar como estables; entre éstos, CEMSA 74-725 resultó el de mayor media general, con un coeficiente de regresión no significativamente diferente de 1 y valores de la desviación no significativos; el clon Señorita fue el segundo en el grupo, respecto a la media de su rendimiento. Los clones CMC 40, CEMSA 80-99, CEMSA 74-2294, CEMSA 74-6329 y Pinera resultaron inestables, ya que los valores de los  $b_i$  difieren de la unidad. Sin embargo, debe destacarse que los clones CMC 40 y CEMSA 74-207 presentan rendimientos superiores al promedio general.

La representación gráfica de los resultados (Figura 4) muestra cómo, de los clones que se comportaron como inestables, unos



Los resultados expuestos y discutidos permiten plantear la posibilidad de aplicar el método de la regresión lineal para discriminar genotipos en el cultivo de la yuca, no sólo tomando en consideración el rendimiento de raíces tuberosas comerciales, sino también otros caracteres de importancia agronómica, los cuales influyen en la decisión sobre la generalización de un clon para la producción. Es necesario señalar que los valores medios de aquellos caracteres cuya tendencia es mantener una relación cuadrática con el rendimiento deben analizarse con detenimiento, principalmente cuando el genotipo cumple con los dos parámetros de estabilidad ( $b_i$  y  $\delta_{ij}/N-2$ ).

El análisis de la regresión lineal resultó una técnica correcta para expresar y emplear en forma positiva las interacciones de los genotipos con los ambientes, ya que de los 10 genotipos estudiados en 24 ambientes sólo cuatro resultaron estables en el carácter de rendimiento de raíces tuberosas comerciales; entre éstos se encuentran el clon Señorita, que es comercial desde el año 1970, el clon CEMSA 74-725, cuya generalización fue aprobada a partir de 1985 y el clon CEMSA 5-28, que se encuentra en la fase de extensión agrícola.

### **Análisis de la ecovalencia o método de Wricke (1962, 1964 y 1965)**

**Altura de la primera ramificación.** Como se observa en el Cuadro 7, existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los genotipos estudiados respecto a su interacción con el ambiente. El clon Señorita se destaca como el más inestable, sin diferencias significativas con Pinera, CEMSA 74-725, CEMSA 74-110, CEMSA 80-99 y CEMSA 74-207, los cuales se pueden señalar como de estabilidad intermedia; el clon CEMSA 74-6329 también se considera de estabilidad intermedia por no presentar diferencias significativas con los anteriores. Se comportaron como más estables los clones CEMSA 5-28, CMC 40 y CEMSA 74-2294, sin diferencias significativas entre ellos; el clon CMC 40 sobresalió por presentar los valores más bajos de  $W_i$ .

**Número de raíces tuberosas comerciales por planta.** Tal como se aprecia en el Cuadro 7, hay diferencias estadísticas

Cuadro 7. Valores de las ecovalencias ( $W_i$ ) y de las medias ( $\bar{X}$ ) de la altura a la primera ramificación, del número de raíces tuberosas comerciales por planta y del rendimiento de los genotipos objeto de estudio<sup>a</sup>.

Genotipos	Altura la. ramificación		No. de raíces		Rendimiento	
	$W_i$	$\bar{X}$ (cm)	$W_i$	$\bar{X}$	$W_i$	$\bar{X}$ (t/ha)
Sefforita	19450 a	188	34.6 a	7.6	545 d	35
Pinera	13905 ab	80	15.7 bcd	4.6	588 cd	26
CMC 40	3219 e	80	22.9 abc	6.5	909 abcd	34
CEMSA 5-28	5427 de	66	29.6 ab	6.5	876 bcd	34
CEMSA 74-110	9167 abcd	107	29.7 ab	6.7	843 bcd	33
CEMSA 80-99	10442 abc	77	9.1 d	5.9	899 abcd	28
CEMSA 74-725	13078 ab	107	31.1 ab	7.3	747 cd	45
CEMSA 74-2294	5505 cde	69	26.2 abc	4.7	1656 ab	18
CEMSA 74-6329	7376 bcd	69	40.7 a	5.3	1884 a	38
CEMSA 74-207	9043 abcd	70	13.8 cd	6.6	1154 abc	36

a. Medias sin letras en común difieren para  $P \leq 0.05$  según dócima de Duncan.

significativas entre los genotipos estudiados respecto a su interacción con el ambiente.

Sobresalen los clones CEMSA 74-6329 y Señorita como los más inestables (mayor valor de  $W_i$ ), sin diferir estadísticamente de los clones CEMSA 74-725, CEMSA 74-110, CMC 40, CEMSA 74-2294 y CEMSA 5-28, que forman un grupo intermedio de estabilidad; el grupo de clones más estables (menores valores de  $W_i$ ) lo forman los clones Pinera, CEMSA 74-207 y CEMSA 80-99.

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** En el Cuadro 7 también se puede apreciar que hay diferencias significativas entre los genotipos estudiados respecto a su interacción con el ambiente. Según los resultados estadísticos de la prueba de F para la comparación de los valores de  $W_i$  se observa que el clon CEMSA 74-6329 resulta el más inestable, ya que presenta los valores más elevados de  $W_i$  sin diferencias significativas con los clones CEMSA 74-2294, CMC 40, CEMSA 80-99 y CEMSA 74-207; a su vez, éstos no difieren significativamente de los clones CEMSA 5-28 y CEMSA 74-110. A excepción de CEMSA 74-6329, todos los clones mencionados pudieron considerarse de estabilidad intermedia, mientras que el grupo de mayor estabilidad es el que conforman los clones CEMSA 74-725, Pinera y Señorita, por presentar los valores de  $W_i$  más bajos. Dentro de todos los genotipos, el clon Señorita se destaca como el más estable.

Resultados similares fueron descritos por Rodríguez M. (1984). Morejón et al. (1984), al estudiar 10 clones de yuca en seis localidades, encontraron que los clones CEMSA 74-725 y Pinera presentaban los valores más bajos de  $W_i$  sin diferencias significativas con el clon Señorita, entre otros; sin embargo, Rodríguez N. (1984) plantea que el clon más inestable (con mayor  $W_i$ ) resultó ser Puerto Plata, sin diferir de los clones Señorita y Baraguá. Coinciden los resultados obtenidos por el autor, en el caso del clon Pinera que fue el de menor valor de  $W_i$ .

El método de la ecovalencia resulta aplicable para la discriminación de genotipos, teniendo en cuenta la estabilidad de los caracteres que se desean investigar. Los grupos constituidos

por aquellos genotipos con valores de  $W_j$  similares reflejan el grado de semejanza que existe entre ellos; el genotipo de mejor comportamiento se podría seleccionar con mayor exactitud tomando en consideración los valores medios del carácter objeto de estudio.

Al analizar la estabilidad del rendimiento en los 24 ambientes estudiados, sólo tres genotipos forman el grupo de clones estables según los valores de  $W_j$ : Señorita y CEMSA 74-725, que son clones comerciales, y Pinera que fue comercial hasta el año 1984.

No obstante, es necesario tomar en consideración el clon CMC 40 porque, a pesar de no formar parte de los grupos de mayor estabilidad en cuanto al número de raíces tuberosas comerciales y al rendimiento, presenta una de las medias más elevadas con respecto al primero de tales caracteres; en cuanto al rendimiento no tuvo diferencias significativas con los genotipos más estables, y su media puede considerarse aceptablemente elevada.

Por tanto, teniendo en cuenta que el clon CMC 40 es uno de los más precoces de los existentes en el germoplasma cubano, resulta de gran importancia poder formar una trilogía clonal con éste y los clones Señorita y CEMSA 74-725, con el propósito de ampliar el rango en el período de la cosecha.

### **Análisis de estabilidad y adaptabilidad según Bilbro y Ray (1976)**

**Altura a la primera ramificación.** De acuerdo con los resultados que se presentan en el Cuadro 8, cinco clones (Pinera, CMC 40, CEMSA 74-110, CEMSA 80-99 y CEMSA 74-725) se pueden considerar adaptados a todos los ambientes, ya que sus valores  $b_j$  no difieren de 1. Los clones Señorita, CEMSA 5-28, CEMSA 74-2294, CEMSA 74-6329 y CEMSA 74-207 se comportan como inestables; entre ellos el clon Señorita se puede considerar como mejor adaptado a ambientes favorables, mientras los cuatro clones restantes lo están a ambientes desfavorables.

Cuadro 8. Análisis de la adaptabilidad y la estabilidad según Bilbro y Ray (1976), adaptado<sup>a</sup>.

Clones	Altura la ramificación		No. de raíces tuberosas		Rendimiento raíces comerciales				
	b <sub>i</sub>	r <sup>2</sup>	Y	b <sub>i</sub>	r <sup>2</sup>	Y	b <sub>i</sub>	r <sup>2</sup>	Y
			(cm)			(t/ha)			
Señorita	1.99**	0.73	118	0.81	0.73	7.6	0.81	0.64	34.7
Pinera	0.78	0.45	80	0.89	0.45	4.6	0.58**	0.46	26.3
CMC 40	0.78	0.90	80	0.98	0.90	6.5	2.05**	0.98**	34.0
CEMSA 5-28	0.53**	0.67	66	0.77**	0.67	6.5	0.21	0.78	34.5
CEMSA 74-110	0.80	0.75	107	1.01	0.75	6.7	1.20	0.72	33.0
CEMSA 80-99	1.18	0.68	77	0.81	0.68	5.9	1.98**	0.80	27.8
CEMSA 74-725	1.30	0.70	107	1.05	0.70	7.3	1.18	0.74	44.7
CEMSA 74-2294	0.69**	0.64	69	0.74**	0.64	4.7	0.46**	0.78	18.2
CEMSA 74-6329	0.60**	0.52	69	1.52**	0.52	5.3	1.32**	0.74	38.0
CEMSA 74-207	0.43**	0.40	70	0.98	0.40	6.6	1.20	0.86	36.4
			μ = 84			μ = 6.0			μ = 32.76

a. Valores de b<sub>i</sub> seguidos de dos asteriscos (\*\*) denotan diferencias significativas con la unidad, para P ≤ 0.05. Valor r<sup>2</sup> con dos asteriscos (\*\*) denota una diferencia significativa con el clon comercial, y un nivel de estabilidad inferior.

Entre los clones que resultaron adaptados a todos los ambientes, sólo dos (CEMSA 74-110 y CEMSA 74-725) presentan valores en sus medias superiores al valor de la media general.

Respecto a la estabilidad medida por el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), todos los genotipos son estables según lo establecido por Bilbro y Ray (1976).

**Número de raíces tuberosas comerciales.** Teniendo en cuenta los valores de  $b_i$  obtenidos para este carácter (Cuadro 8), los genotipos CEMSA 5-28, CEMSA 74-2294 y CEMSA 74-6329 no presentan adaptación general; los dos primeros se pueden considerar adaptados a ambientes desfavorables y el clon CEMSA 74-6329 adaptado a ambientes favorables. Los clones restantes poseen una adaptación general, pues los valores de  $b_i$  no difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ ) de la unidad.

En cuanto al parámetro de estabilidad ( $r^2$ ), no existen diferencias significativas entre el clon Señorita y los clones objeto de estudio.

Es importante destacar que la mayoría de los genotipos no presentan diferencias significativas con el clon testigo Señorita, respecto a su adaptación general y tampoco en cuanto a la estabilidad. Esto resulta de gran importancia si se tiene en cuenta que, exceptuando el clon Pinera, todos los materiales son híbridos o ecotipos locales que han sido seleccionados; además, es necesario tener presente que el clon Señorita es el clon comercial por excelencia, ya que se encuentra generalizado a nivel comercial hace más de una década y disperso desde la región más occidental del país hasta la más oriental.

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** Con relación al parámetro  $b_i$  para este carácter (Cuadro 8), existen cinco clones adaptados en todos los ambientes: Señorita, CEMSA 5-28, CEMSA 74-110, CEMSA 74-725 y CEMSA 74-207; adicionalmente, estos cinco clones poseen medias con valores superiores al valor de la media general. Como clones adaptados a ambientes favorables se presentan CMC 40, CEMSA 5-28 y



CEMSA 74-6329; como adaptados a ambientes desfavorables están los clones Pinera y CEMSA 74-2294.

Respecto al parámetro de estabilidad ( $r^2$ ) existe sólo un clon que difiere significativamente ( $P \leq 0.05$ ) del clon testigo y es CMC 40, pero debe señalarse que se comporta como un clon de gran estabilidad, pues el valor de su  $r^2$  es 0.98.

Rodríguez N. (1984), al analizar el parámetro de estabilidad  $r^2$ , encontró que tres clones (Pinera, Especial y Baraguá) presentaron valores estadísticamente superiores al testigo, y que el clon Señorita se comportó como un clon inestable. Sin embargo, es necesario señalar que este clon se ha mantenido como comercial durante más de 15 años y que actualmente es uno de los principales del país.

Gálvez (1978), trabajando en caña de azúcar con la variedad B-4362, obtuvo resultados similares; según los parámetros de Bilbro y Ray (1976), tal variedad se enmarcaba dentro de las adaptables a ambientes desfavorables y sin embargo estaba ampliamente generalizada en el país. Por tanto, resulta obvio que emplear mecánicamente el criterio de Bilbro y Ray no parece una decisión razonable.

Los resultados discutidos indican que, según el método de Bilbro y Ray (1976), el análisis de la estabilidad y adaptabilidad de los caracteres estudiados permite establecer grupos de genotipos cuyo comportamiento difiere en los 24 ambientes estudiados. No obstante, es necesario señalar que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) resultó poco sensible para discriminar genotipos. Con relación al carácter rendimiento, sólo un clon (CMC 40) presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en los valores de  $r^2$  con el testigo; por lo tanto, el método no resultó lo suficientemente riguroso para discriminar los genotipos, como ha sucedido en el caso de los dos métodos anteriormente discutidos.

## **Análisis de la estabilidad y la adaptabilidad por el método del coeficiente de variación de los genotipos (Rodríguez N., 1971, 1976)**

**Altura a la primera ramificación.** En el Cuadro 9 se puede apreciar el comportamiento de los genotipos con respecto al carácter altura en la primera ramificación. Los clones estables en ambientes favorables y que poseen adaptación son: Señorita, CEMSA 74-110 y CEMSA 74-725. Los clones restantes tuvieron un comportamiento estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.

**Numero de raíces tuberosas comerciales por planta.** Los resultados que aparecen en el Cuadro 10 permiten clasificar los clones en tres categorías:

- 1) Clones con un comportamiento estable y adaptación general en todos los ambientes: CEMSA 74-207.
- 2) Genotipos estables en ambientes favorables y con adaptación específica: Señorita, CMC 40, CEMSA 5-28, CEMSA 74-110 y CEMSA 74-725.
- 3) Genotipos estables en ambientes desfavorables y con adaptación específica: Pinera, CEMSA 80-99, CEMSA 74-2294 y CEMSA 74- 6329.

El hecho de que los clones Señorita, CMC 40 y CEMSA 74-725 se encuentren comprendidos dentro del mismo grupo de estabilidad permitiría considerar que tales genotipos presentan un comportamiento similar.

Por lo tanto, resulta necesario analizar los demás aspectos complementarios del clon CEMSA 74-207 y de aquellos clones estables en ambientes desfavorables, para determinar si es posible su futura generalización en esos ambientes.

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** En el Cuadro 11, donde puede apreciarse el comportamiento de los genotipos respecto al rendimiento, se destacan los clones Señorita y CEMSA 74-725 por su estabilidad y adaptabilidad general; al contrario, los clones CEMSA 80-99 y CEMSA 74-2294 se

Cuadro 9. Resultados de un estudio sobre estabilidad y adaptabilidad de 10 clones de yuca en 21 ambientes para el carácter altura a la primera ramificación.

Clon	Valor $\bar{Y}$ (cm)	Valor $CV_y$	Relaciones	Características de estabilidad y adaptabilidad
Señorita	118	2.89	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y con adaptación específica.
Pinera	80	2.38	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y con adaptación específica.
CMC 40	80	2.33	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y con adaptación específica.
CEMSA 5-28	66	2.16	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y con adaptación específica.
CEMSA 74-110	107	2.75	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 80-99	77	2.38	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-725	107	2.75	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 74-2294	69	2.21	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-6329	69	2.21	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-207	70	2.23	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
	$\mu = 84$	$\bar{CV} = 2.43$		

Cuadro 10. Resultados de un estudio sobre estabilidad y adaptabilidad de 10 clones de yuca en 24 ambientes, con relación al carácter número de raíces tuberosas comerciales por planta.

Clon	Valor $\bar{Y}$ (cm)	Valor CV <sub>y</sub>	Relaciones	Características de estabilidad y adaptabilidad
Señorita	7.6	30.11	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
Pinera	4.6	20.23	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CMC 40	6.5	30.24	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 5-28	6.5	29.10	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 74-110	6.7	27.99	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 80-99	5.9	24.51	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-725	7.3	29.52	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 74-2294	4.7	23.23	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-6329	5.3	24.13	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CEMSA 74-207	6.6	26.78	$\mu < \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable y con adaptación general.
	$\mu = 6.0$	$\bar{CV} = 26.98$		

Cuadro 11. Resultados de un estudio sobre estabilidad y adaptabilidad de 10 clones de yuca en 24 ambientes con relación al carácter rendimiento de raíces tuberosas comerciales.

Clon	Valor $\bar{Y}$ (t/ha)	Valor $\bar{CV}_y$	Relaciones	Características de estabilidad y adaptabilidad
Señorita	34.7	26.40	$\mu < \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable y adaptación general.
Pinera	26.3	24.12	$\mu > \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable en ambientes desfavorables y adaptación específica.
CMC 40	34.0	39.17	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 5-28	34.5	34.90	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 74-110	33.0	36.12	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 80-99	27.8	36.80	$\mu > \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Inestable y con adaptación errática.
CEMSA 74-725	44.7	33.10	$\mu < \bar{Y}; CV_y < \bar{CV}$	Estable y adaptación general.
CEMSA 74-2294	18.2	38.40	$\mu > \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Inestable y con adaptación errática.
CEMSA 74-6329	38.0	40.01	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
CEMSA 74-207	36.4	37.10	$\mu < \bar{Y}; CV_y > \bar{CV}$	Estable en ambientes favorables y adaptación específica.
	$\mu = 32.76$	$\bar{CV} = 34.61$		

manifiestan con un comportamiento inestable y adaptación errática. Pinera se comporta como un clon estable en ambientes desfavorables y con adaptación específica, mientras los clones CMC 40, CEMSA 5-28, CEMSA 74-110, CEMSA 74-6329 y CEMSA 74-207 se comportan como estables en ambientes favorables y con adaptación específica.

Rodríguez N. (1984), al estudiar por el método del coeficiente de variación la estabilidad del rendimiento de cinco clones de yuca durante tres años, en cuatro localidades, señala como estables y con adaptación general los clones Señorita y Pinera.

El método del coeficiente de variación resulta apropiado para la discriminación de los genotipos en relación con el carácter objeto de estudio; es un método que se destaca por la sencillez de su cálculo, aunque no se puede docimar. La relativa desventaja de no ser docimable se puede compensar con el análisis de la adaptabilidad específica de cada genotipo, relacionando la media general con la media específica, y el coeficiente de variación general con el específico de cada genotipo.

### **Comparación de los cuatro métodos utilizados para clasificar los genotipos**

**Altura de la primera ramificación.** En el Cuadro 12 se observa que existe una alta correlación positiva ( $P \leq 0.01$ ) entre uno de los parámetros de estabilidad ( $b_j$ ) de Eberhart y Russell y el coeficiente de variación ( $CV_y$ ). Por lo tanto, ambos métodos producen resultados similares para la clasificación de la estabilidad de los genotipos. Los valores obtenidos entre  $b_j$  y los demás parámetros de estabilidad: desviación de la regresión ( $\delta_{ij}/(N-2)$ ), ecovalencia ( $W_i$ ) y coeficiente de regresión ( $r^2$ ), resultaron positivos pero no significativos ( $P \leq 0.05$ ), destacándose el valor alcanzado entre  $b_j$  y  $W_i$ , que fue de 0.52.

Al analizar el otro parámetro de estabilidad de Eberhart y Russell ( $\delta_{ij}/(N-2)$ ) y su correlación con  $W_i$ ,  $r^2$ , y  $CV_y$  se observa que se obtuvieron valores positivos pero no significativos ( $P \leq 0.05$ ) entre  $\delta_{ij}/(N-2)$ ,  $W_i$  y  $CV_y$ ; en el caso de la correlación entre  $\delta_{ij}/(N-2)$  y  $r^2$  los valores resultaron negativos.

Cuadro 12. Comparación de la correlación entre los parámetros de cuatro métodos de cálculo para la estabilidad en los caracteres altura de la primera ramificación, número de raíces tuberosas comerciales por planta y rendimiento, empleando el coeficiente de correlación ( $\tau$ ) de rango de Kendall<sup>a</sup> (1955).

Métodos	Parámetros <sup>b</sup>	Altura la. ramificación				Número de raíces				Rendimiento						
		I $\delta_{ij}/N-2$	II $W_i$	III $r^2$	IV $CV_y$	I $\delta_{ij}/N-2$	II $W_i$	III $r^2$	IV $CV_y$	I $\delta_{ij}/N-2$	II $W_i$	III $r^2$	IV $CV_y$			
I	$b_i$	—	0.16	0.52	0.43	0.83**	—	-0.06	0.38	0.12	0.16	—	0.65*	0.34	0.52	0.43
	$\delta_{ij}/(N-2)$	—	—	0.47	0.46	0.25	—	—	0.56	0.29	0.34	—	—	0.25	0.43	0.43
II	$W_i$	—	—	—	-0.02	0.69*	—	—	—	0.20	0.29	—	—	—	0.52	0.83**
III	$r^2$	—	—	—	—	0.43	—	—	—	—	0.60	—	—	—	—	0.65*
IV	$CV_y$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

a. Valores con dos asteriscos (\*\*) = correlación de rango de Kendall significativo con  $P \leq 0.01$ ; valores con un asterisco (\*) = correlación de rango de Kendall significativo con  $P \leq 0.05$ .

b. Parámetros:  $b_i$  = Coeficiente de regresión lineal;  $\delta_{ij}/N-2$  = desviación de la regresión;  $W_i$  = ecovalencia;  $r^2$  = coeficiente de determinación;  $CV_y$  = coeficiente de variación del rendimiento de los genotipos.

**Número de raíces tuberosas comerciales por planta.** Los resultados obtenidos (Cuadro 12) muestran que ninguna de las correlaciones realizadas entre los parámetros de los cuatro métodos de cálculo de la estabilidad de este carácter resultaron significativas ( $P \leq 0.05$ ). Sólo deben destacarse los valores alcanzados por la correlación entre uno de los parámetros del método de Eberhart y Russell ( $\delta_{ij}/(N-2)$ ) y la ecovalencia ( $W_i$ ), que fue de 0.56, y por la correlación entre el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y el coeficiente de variación ( $CV_y$ ) que fue de 0.60; las correlaciones restantes, positivas o negativas, no resultaron de interés como para ser destacadas.

Partiendo de los resultados obtenidos se deben analizar las facilidades para obtener los datos, así como las facilidades de computación para elegir uno u otro método cuando éstos hayan resultado correlacionados positivamente. Una proposición pudiera ser emplear el método de coeficiente de variación para discriminar la respuesta de los genotipos a los cambios ambientales y para establecer un rango de estabilidad.

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** Los datos del Cuadro 12 indican claramente que existe correlación positiva significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los parámetros de estabilidad ( $b_i$  y  $\delta_{ij}/(N-2)$ ) del método de Eberhart y Russell.

La correlación entre  $b_i$  y la ecovalencia ( $W_i$ ) resultó positiva pero no significativa ( $P \leq 0.05$ ); Luthra y Singh (1974) obtuvieron resultados similares con ocho variedades de trigo en 24 ambientes. Gálvez (1978) informa sobre resultados idénticos en un estudio con 14 genotipos de caña de azúcar en dos localidades durante seis años. Rodríguez N. (1984), al estudiar cinco clones de yuca en 12 ambientes, obtuvo valores elevados de la correlación, pero negativos.

En el presente estudio se obtuvieron valores positivos aunque no significativos ( $P \leq 0.05$ ) entre el  $b_i$ , el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y el coeficiente de variación ( $CV_y$ ). Rodríguez N. (1984) obtuvo resultados similares con respecto a los valores de la correlación entre  $b_i$  y  $r^2$ , no así para la de  $b_i$  y  $CV_y$  cuyo valor fue cero. Gálvez (1978) informa sobre valores significativos pero negativos para la correlación entre  $b_i$  y  $r^2$  en caña de azúcar;



aquellos que resultaron positivos para el carácter rendimiento y brix, tuvieron valores relativamente bajos.

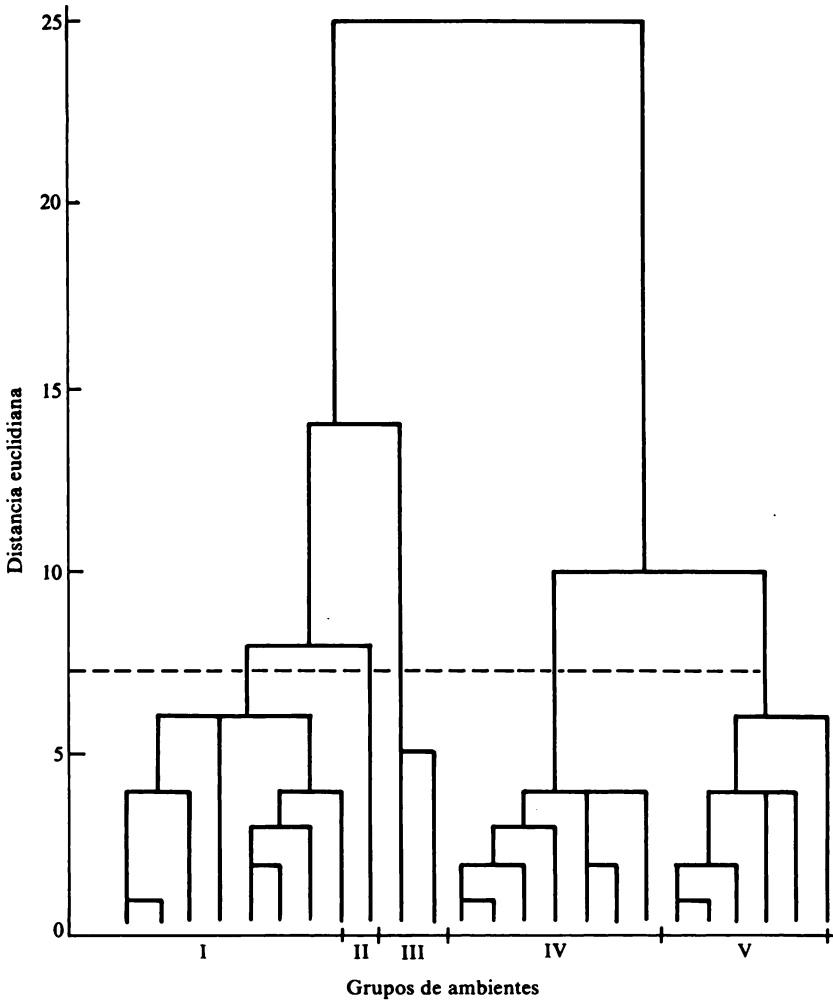
Al analizar el otro parámetro de estabilidad ( $\delta_{ij}/(N-2)$ ) de Eberhart y Russell (1966), en su correlación con la ecovalencia ( $W_i$ ), se observa que el valor obtenido fue positivo aunque no significativo ( $P \leq 0.05$ ). Gálvez (1978) obtuvo una correlación positiva y significativa, mientras Rodríguez N. (1984) obtuvo resultados similares a los del presente trabajo.

Se observa una notable tendencia a que todas las correlaciones entre  $\delta_{ij}^2$ ,  $r^2$  y  $CV_y$  sean relativamente altas. Gálvez (1978) obtuvo resultados similares para el caso de la correlación entre  $\delta_{ij}/(N-2)$  y  $r^2$ , mientras Rodríguez N. (1984) obtuvo valores de cero tanto para la correlación entre  $\delta_{ij}/(N-2)$  y  $r^2$  como para la de  $\delta_{ij}/(N-2)$  y  $CV_y$ .

### **Estudio de agrupamiento**

**Rendimiento de raíces tuberosas comerciales.** En el análisis de varianza discutido previamente se puede observar que para el carácter rendimiento existían diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos y también para las interacciones de primer orden genotipo x localidad y de segundo orden genotipo x localidad x año.

Observando el dendrograma entre las localidades en el umbral 3 (Figura 5) se puede apreciar que existen cinco grupos de ambientes, grupos que están bien diferenciados. Un análisis detallado de cada uno de ellos permite plantear que en el Grupo I (conformado por los ambientes Santa Clara 1982, 1983 y 1984; Santo Domingo 1982 y 1984; Velazco 1983 y 1984; Camagüey 1982) el factor edáfico tuvo una mayor influencia que los factores climáticos, pues todas las localidades poseen suelos pardos. Se observa una tendencia a agrupar los ambientes a base del factor suelo, pero no se hace en forma general porque hay algunas localidades que en años específicos se vieron afectadas por las variables climáticas. En el caso de la localidad Santo Domingo, en 1983 presentó un comportamiento anormal de los genotipos; una situación similar ocurre con las localidades Camagüey y



Grupo

Localidad y año

- I Santo Domingo 82 y 84; Santa Clara 82, 83 y 84; Camagüey 82; Velazco 83 y 84.
- II Candelaria 83.
- III Bolondron 82 y 83.
- IV Candelaria 82 y 84; G. de Melena 82, 83 y 84; Camagüey 84; Velazco 82.
- V Bolondron 84; Sto. Domingo 83; Camagüey 83; Guantánamo 82, 83 y 84.

Figura 5. Dendrograma de ambientes.

Velazco 1982. De manera que en este primer grupo de ambientes se observa una notable tendencia al agrupamiento de los mismos sobre la base de las condiciones edáficas.

Resulta interesante que la localidad Bolondrón se agrupa de forma independiente en dos de los tres años, a pesar de que se estudiaron 24 ambientes.

El cuarto grupo tiende a reunir las localidades más occidentales: Güira de Melena y Candelaria; en el caso de Güira de Melena se agrupan los tres años, mientras en Candelaria sólo en el año 1983 tiene una ubicación muy específica, hasta constituir por sí sola un grupo independientemente de los restantes ambientes. Camagüey 1984 y Velazco 1982 también forman parte del cuarto grupo; la localidad Camagüey tiene un comportamiento errático, ya que durante los tres años resultó diferente.

Es importante destacar que la localidad Guantánamo (Grupo V) tiende a constituir un grupo conjuntamente con los ambientes más desfavorables, y destacar también la independencia del agrupamiento de las localidades con suelos ferralíticos rojos. Una de las aplicaciones prácticas del análisis de agrupamiento de ambientes es poder reducir el número de localidades o sitios de selección, tomando en consideración fundamentalmente las condiciones edáficas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Teniendo en cuenta los resultados expuestos y discutidos, se pueden plantear algunas conclusiones de carácter general, así:

1. Existe una respuesta diferencial de los diferentes genotipos en los diversos ambientes estudiados; por lo tanto, resultó significativa la interacción genotipo-ambiente, expresada en términos de interacciones genotipo x año para algún carácter, o genotipo x localidad para otro, o ambas a la vez; esto permitió la aplicación de los métodos de análisis de estabilidad y/o adaptabilidad propuestos.

2. Los resultados alcanzados prueban que es necesario realizar los ensayos ecológico-zonales, como base fundamental para la generalización clonal.
3. Cuando se vaya a decidir la generalización de un clon, además del rendimiento se debe considerar el comportamiento del carácter 'altura a la primera ramificación', asociado con la calidad del material de plantación.
4. Los métodos de estabilidad utilizados (regresión lineal, ecovalencia, coeficiente de determinación y coeficiente de variación) probaron que pueden ser empleados indistintamente para discriminar las diferentes respuestas de estabilidad o adaptabilidad de los genotipos o ambas frente a ambientes cambiables. Sin embargo, según fuera el carácter estudiado, determinados métodos resultaron más eficientes que otros; el método de Bilbro y Ray (1976) no fue lo suficientemente riguroso para la discriminación de genotipos respecto al carácter rendimiento.
5. El comportamiento diferencial de los caracteres fenológicos respecto a su estabilidad en los diferentes ambientes estudiados constituye un aspecto importante para establecer un programa de mejoramiento y determinar sus objetivos en el cultivo de la yuca.
6. Los clones Señorita y CEMSA 74-725 fueron discriminados por tres de los métodos empleados (regresión lineal, ecovalencia y coeficiente de variación) como los más estables respecto al carácter rendimiento en los distintos ambientes.
7. El clon CMC 40, a pesar de no presentar la estabilidad de los clones antes señalados, posee cualidades que se deben analizar para un programa de estrategia clonal en yuca, debido a su comportamiento en los diferentes ambientes estudiados.
8. El análisis de correlación de rango de Kendall ofreció una alta correlación positiva entre los parámetros de estabilidad para los caracteres fenológicos estudiados, y permitió

establecer cuáles de tales parámetros se pueden emplear indistintamente, según el carácter analizado.

9. El análisis de correlación de rango de Kendall ofreció una alta correlación positiva significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los parámetros de estabilidad  $b_i$  y  $\delta_{ij}/(N-2)$  y correlación positiva de  $b_i$  con  $W_i$ ,  $r^2$  y  $CV_y$ , lo que indica que cualquiera de estos cuatro parámetros pueden usarse como medida de estabilidad.
10. El estudio de agrupamiento mostró que los ambientes tienden a agruparse predominantemente sobre la base de las condiciones edáficas.

Como recomendaciones se presentan las siguientes

1. Usar el método factorial de análisis estadístico para combinar resultados de experimentos sobre clones y estimar la interacción genotipo-ambiente con miras a obtener un criterio más científico para la regionalización clonal.
2. Analizar integralmente (caracteres fenológicos y rendimientos) el comportamiento de un clon para decidir sobre su generalización para la producción.
3. Emplear los métodos de estabilidad y/o adaptabilidad para el estudio de caracteres fenológicos y de comportamiento del rendimiento.
4. Seleccionar los sitios o ambientes para los trabajos de fitomejoramiento, priorizando las cualidades edáficas sobre las climáticas y teniendo en cuenta regiones muy peculiares como Guantánamo.
5. Generalizar el clon CEMSA 74-725.
6. Se recomienda establecer una estrategia clonal que comprenda la plantación de los clones CMC 40, CEMSA 74-725 y Señorita, cuyo comportamiento en las diferentes condiciones edafoclimáticas y su precocidad para la producción de raíces tuberosas posibilitaría disponer de yuca fresca en el mercado durante los 12 meses del año.

## Resumen

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos en un estudio comparativo de 10 clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en ocho localidades de las regiones occidental, central y oriental de Cuba, durante 1982, 1983 y 1984.

El ANVA trifactorial de los experimentos demostró que es necesario realizar ensayos ecológico-zonales como base fundamental para la generalización de clones. Los métodos de estabilidad fenotípica empleados (regresión lineal, ecovalencia, coeficiente de determinación y coeficiente de variación) probaron que pueden ser empleados indistintamente para determinar las diferentes respuestas de estabilidad o adaptabilidad de los genotipos o ambas frente a ambientes cambiantes, aunque determinados métodos fueron más rigurosos que otros, según el carácter.

El análisis de correlación de rango de Kendall ofreció una alta correlación positiva entre determinados parámetros de estabilidad, permitiendo establecer cuáles de tales parámetros deben emplearse según el carácter de que se trate. Finalmente, el estudio de agrupamiento mostró que los ambientes tienden a agruparse predominantemente sobre la base de las condiciones edáficas.

Como resultado de este estudio se recomienda usar el método factorial de análisis estadístico para combinar resultados de experimentos y estimar la interacción genotipo-ambiente, como también para analizar integralmente el comportamiento de los clones (caracteres fenológicos y de rendimiento) para decidir sobre su generalización. También se recomienda que, al menos en el caso de Cuba, al seleccionar los sitios o ambientes para los trabajos de fitomejoramiento se dé prioridad a las cualidades edáficas sobre las climáticas, y que además se tengan en cuenta regiones muy peculiares.

Finalmente se recomienda generalizar el clon CEMSA 74-725 y usarlo junto con CMC 40 y Señorita en una estrategia de producción orientada a asegurar la disponibilidad de yuca fresca

en el mercado durante los 12 meses del año; esto se puede lograr aprovechando el comportamiento que tales clones han presentado en diferentes condiciones edafoclimáticas de Cuba, y su precocidad.

## Referencias

- Academia de Ciencias de Cuba. 1975. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. *Rev. de Agricultura* 8(1):47-69.
- Bilbro, J. D. y Ray, L. L. 1976. Environment cotton cultivars. *Crop. Sci.* 16:821-824.
- Cock, J. H. 1977. El tipo ideal de la planta de yuca. Seminario Interno. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- . 1982. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. En: Yuca; investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 51-61.
- . 1985. Cassava: New potential for a neglected crop. Westview Press, Boulder, Colorado. p. 23-53.
- y Franklin, D. 1982. Ideotipo de yuca para máxima producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- ; ———; Sandoval, G. y Juri, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Sci.* 19(2):271-279.
- Domínguez, C. E. 1979. Crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. En: Manual de producción de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. B11-B16.
- ; Ceballos, L. F. y Fuentes, C. 1982. Morfología de la planta de yuca. En: Yuca, investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 29-48.
- Eberhart, S. A. y Russell, W. R. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1985. Production Yearbook. Roma.
- Finlay, K. W. y Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in plant programe. *Aust. I. Agric. Res.* 14:742-754.
- Gálvez, G. 1978. Estudio de la interacción genotipo ambiente en experimentos de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L.) en dos localidades; comportamiento de dos métodos de estabilidad. ATAC, Libros resúmenes. p. 133.

- García, M. y Rodríguez, S. 1983. Estudio comparativo de estacas de yuca (*Manihot esculenta*) procedentes de diferentes partes de la planta. Ciencia y Técnica en la Agricultura: Viandas Tropicales 6(1-2):39-49.
- Hershey, C. 1983. Germplasm and breeding. Annual report for 1982. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia. p. 401-432.
- Hunt, L. A.; Wholey, J. y Cock, J. H. 1977. Growth physiology of cassava (*M. esculenta*, Crantz). Field Crop Abs. 30(2):77-91.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1984. Research highlights. Ibadán, Nigeria. p. 44-47.
- Irikura, Y.; Cock, J. y Kawano, K. 1979. Temperatura y genotipo; interacción en yuca. En: Yuca, investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Luthra, O. P. y Singh, R. K. 1979. A comparison of different stability models in wheat. TAG 45:143-149.
- Manso, R.; Tuero, J. M.; Rodríguez, S. y García, M. 1985. Estudio de la interacción genotipo-ambiente, caracteres fenológicos y su relación con los rendimientos en yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). Tesis (Ing. Agr.), CEMSA-ISCA (Centro de Mejoramiento de Semillas Agámicas-Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias), La Habana, Cuba.
- Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca; cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. p. 36-37 y 150-160.
- Morejón, Maritza y Rodríguez, S. 1983. Relación entre la procedencia de las estacas y la brotación en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). Tesis (Ing. Agr.), CUM 'Camilo Cienfuegos'.
- Morejón, Maricela; Rodríguez, S. y García, M. 1984. Interacción genotipo-ambiente en 10 clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis (Ing. Agr.), CUM 'Camilo Cienfuegos.'
- Ramanujan, T. 1980. Influence of late branching on the yielding capacity of cassava under rainfed condition. J. Root Crops 6(1 y 2):57-58.
- Rodríguez M., S. 1978. Estudio sobre la estabilidad de 5 clones de yuca en suelos arcillosos, rojos y pardos. En: Centro de Mejoramiento de Semillas Agámicas Fructuoso Rodríguez. Memorias 1969-1975. Villa Clara, Cuba. p. 100-124.
- . 1979. Resultados parciales obtenidos en un ensayo comparativo de clones pre-comerciales de yuca. Memorias CEMSA (Centro de



- Mejoramiento de Semillas Agámicas) 1969-1975. Villa Clara, Cuba. p. 125-139.
- . 1982. Actual reglamentación cuarentenaria en relación con semilla sexual y asexual de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz). En: Roca, W. M.; Hershey, C. D. y Malamud, O. S. (eds.). Memorias del primer Taller Latinoamericano sobre Intercambio de Germoplasma de Yuca y Papa, Cali, Colombia, 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 35-41 y 277-295.
- . 1984. Interacción genotipo-ambiente en yuca. Centro de Mejoramiento de Semillas Agámicas (CEMSA), La Habana, Cuba. 10 p. (Mimeografiado.)
- Rodríguez N., A. 1971. Estudio comparativo de variedades selectas de boniato (*Ipomoea batatas*) en diversas condiciones edáficas y ambientales. Bol. de Div. Equipo Téc. Agr. (Cuba) 3(20):35-38.
- . 1976. Observaciones sobre el germoplasma cubano de yuca. Información directa agrícola no. 8. Centro de Información y Documentación Agropecuaria (CIDA), La Habana, Cuba. 48 p.
- . 1984. Mejoramiento genético de los cultivos de raíces y tubérculos tropicales en la República de Cuba. Disertación de Candidatura Univ. de Ciencias Agric. Gödöllő, Hungría. p. 139-166.
- Samek, V. y Travieso, A. 1968. Clima regiones de Cuba. Rev. de Agric. Academia de Ciencias de Cuba 2(1):5-23.
- Snedecor, G. W. y Cochran, W. G. 1981. Métodos estadísticos. Editorial CECSA, México.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1969. Biometry; the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman, San Francisco. 776 p.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill. 481 p.
- Tan, S. L. y Cock, J. H. 1979. Branching habit as a yield determinant in cassava. Field Crops Research 2:281-289.
- Tomassone, R. y Tomassone, R. 1970. Métodos multivariados. Curso de Verano. Universidad de La Habana.
- Wricke, G. 1962. Cinc Methodo Zer Ertussog der Okojogischen Streobrelte in Felder. Versoehen Z. Oflanzenzucht 47:92-96.
- . 1964. Zur Berechnung der Okevalens bei Sommer Werzen und Hafer. Z. Pflanzenzucht 52:127-138.
- . 1965. Die Erfassung der Wechselwirkung Zwischen Genotyp und Umwelt bei quantitativen Eigenschafter. Z. Pflanzenzüchtung 53:266-343.



# SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA PARA ADAPTAÇÃO AO AGROECOSSISTEMA E POTENCIAL DE RENDIMENTO

*Murito Ternes\**

Agroecossistema é descrito como um sistema que possui os subsistemas plantas (cultivos e plantas invasoras), solos, pragas e doenças. Sobre estes subsistemas é aplicado um plano de manejo tendo em conta as entradas como radiação solar, precipitação pluviométrica, sementes, produtos químicos, recursos humanos ou de maquinária, etc., visando maximizar a junção do agroecossistema para favorecer ao agricultor.

Ao realizar trabalhos de pesquisa envolvendo agroecossistemas, é preciso estabelecer os limites naturais de cada região para separar agroecossistemas diferentes além de executar as pesquisas diretamente na propriedade rural para incluir os solos, plantas invasoras, insetos e organismos que não poderiam ser duplicados na estação experimental.

Caso o trabalho seja dirigido à adaptação de cultivares de mandioca, por exemplo, o primeiro passo seria uma análise das populações de plantas que existem em cultivo pelos agricultores de uma mesma região agro-climática. Para ilustrar esta fase do trabalho se utilizará dos Quadros 1 e 2 para mostrar a diversidade de cultivares em utilização pelos agricultores do Sul do Estado de Santa Catarina. Na região de Tubarão (Quadro 1) existem 16 cultivares sendo utilizadas pelos produtores, havendo predominância de quatro: Prata, com 21.9% de participação; Mico, com 13.7%; Mandim Branca, com 12.1% e Aipim com

---

\* M. S. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC), Caixa Postal 277, 88.300 Itajaí, Santa Catarina, Brasil.

Quadro 1. Levantamento das cultivares de mandioca na região de Tubarão, Santa Catarina, Brasil. (Dados estimados pela ACARESC, 1985.)

Cultivares	Área plantada nos municípios <sup>a</sup> (ha)															Total <sup>b</sup>		Posição relativa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	(ha)	(%)	
Samanbaia	135	—	—	—	—	—	—	150	—	—	—	—	59	—	—	344	1.5	
Prata	405	—	17	—	4550	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	5002	21.9	1o.
Broto Roxo	324	—	210	—	—	—	225	29	—	—	—	—	104	—	—	892	3.9	
Baiana	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	—	315	1.4	
Mico	135	210	—	41	—	—	—	203	550	180	1275	371	—	—	157	3122	13.7	2o.
Mandim Branca	486	140	560	315	20	—	45	174	220	360	425	—	—	22	—	2767	12.1	3o.
Vassourinha	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	0.1	
Moura	—	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67	67	834	3.7	
Rosinha	—	350	140	—	41	—	50	—	—	—	—	—	148	—	67	796	3.5	
Tinacia	—	—	—	—	—	—	—	660	—	—	—	—	—	—	—	660	2.9	
Franciscal	—	—	—	—	—	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	150	0.7	
Mandim Preta	—	—	—	—	—	—	—	75	101	—	—	—	—	—	—	176	0.8	
Amarelinha	—	—	—	—	—	—	—	—	826	—	—	—	—	202	—	1028	4.5	
Morinha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	445	2.0	
Ponta Roxa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	0.4	
Aipim	—	—	210	—	103	—	200	15	43	1430	180	—	163	—	45	—	10.5	
Outras	918	—	280	17	—	1950	—	150	72	—	180	—	74	22	112	3775	16.5	
Total	2700	1400	1400	350	206	6500	250	1500	1450	2200	900	1700	1486	450	450	22942		

a. 1 = Imarui; 2 = Orleans; 3 = Gravatal; 4 = Pedras Grandes; 5 = Lauro Muller; 6 = Jaguaruna; 7 = Santa Rosa de Lima; 8 = Laguna; 9 = Imbituba; 10 = São Martinho; 11 = Tubarão; 12 = Braço do Norte; 13 = Armazém; 14 = Rio Fortuna; e 15 = Grão Pará.

b. 100% = total da região (22,942 ha).

Quadro 2. Levantamento das cultivares de mandioca na região de Criciúma, Santa Catarina, Brasil. (Dados estimados pela ACARESC, 1985.)

Cultivares	Área plantada nos municípios <sup>a</sup> (ha)															Totalb (ha)	Posição relativa (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Rosinha	150	90	50	82	100	42	315	788	—	50	750	—	12	135	8	2572	16.2	3o.
Branca SC	30	—	—	—	—	—	—	562	—	20	—	—	24	90	—	726	4.6	
Roxinha	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	0.1	
Mandim Branca	—	—	—	—	—	14	—	225	—	30	—	—	24	67	29	389	2.4	
Sete Folhas	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	0.5	
Mico	—	60	—	28	—	14	—	112	280	50	—	20	24	13	5	616	3.9	
Prata	—	150	—	27	—	—	—	112	1750	—	—	—	48	—	8	2095	13.2	4o.
Branca de Semente	—	2550	—	28	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	119	2769	17.4	2o.
Gauchinha	—	—	—	55	50	42	—	450	—	—	750	—	24	90	—	1461	9.2	
Vassourinha	—	—	—	82	25	28	—	—	70	—	—	35	12	45	—	297	1.9	
Aipim Gigante	—	—	—	110	75	—	45	—	—	50	—	10	—	—	—	290	1.8	
Timbo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	—	—	—	35	0.2	
Preta	30	—	450	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	507		
Aipim Içara	—	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—	—	90	0.6	
Amarela	—	—	—	—	—	—	—	—	1400	800	750	—	—	—	—	2950	18.6	1o.
Total	300	3000	500	550	250	140	450	2250	3500	1000	3000	100	240	450	170	15900		

a. 1 = Nova Veneza; 2 = Içara; 3 = Criciúma; 4 = Jacinto Machado; 5 = Turvo; 6 = Siderópolis; 7 = Praia Grande; 8 = Araranguá; 9 = São João do Sul; 10 = Maracajá; 11 = Sombrio; 12 = Timbé do Sul; 13 = Urussanga; 14 = Melero; e 15 = Morro da Fumaça.

b. 100% = total da região (15,900 ha).

10.5%, perfazendo um total de 58.2% da área cultivada na região. Já no segundo exemplo, na região de Criciúma, foram levantadas 15 cultivares em plantio com predominância de: Branca de Semente (17.4%), Rosinha (16.2%), Prata (13.2%) e Amarela (18.6%).

Com estes dados em mãos, que se constitui numa análise do subsistema cultivares, e associando-se aos principais problemas que ocorrem no cultivo destes germoplasmas, poder-se-ia iniciar um trabalho de melhoramento visando introduzir resistência à bacteriose por exemplo nas cultivares Branca de Semente, Rosinha e Prata, que apresentam susceptibilidade à enfermidades. Também na região de Tubarão, se deveria utilizar a Prata como um progenitor no trabalho de melhoramento visando melhorar sua resistência à bacteriose.

Nestas duas regiões o destino da produção de raízes é para industrialização em farinha de mesa ou amido e estes objetivos devem ser considerados na orientação do melhoramento. Entretanto, em outro agroecossistema (Jaraguá do Sul), o interesse é pela produção de raízes para consumo humano 'in natura', conforme mostra o Quadro 3, onde o primeiro e o segundo colocados, Casca Roxa (26.4%) e Aipim Branco (14.5%) são aipins, porém apresentam alta susceptibilidade à bacteriose. Assim, no melhoramento genético dirigido a esta região interessam cultivares que apresentem boas características para consumo 'in natura'; as cultivares Casca Roxa e Aipim Branco poderiam ser utilizadas como progenitores e padrões de comparações.

## **Organização da Adaptação de Cultivares**

A Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária dedica o maior esforço na pesquisa à área do melhoramento e, apesar de não possuir melhorista, conta com o apoio da EMBRAPA através do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura na cessão de germoplasmas, e também do Instituto Agrônomo de Campinas e do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul, além do CIAT.

Quadro 3. Levantamento das cultivares de mandioca na região de Jaraguá do Sul, Santa Catarina, Brasil. (Dados estimados pela ACARESC, 1985.)

Cultivares	Área plantada por municípios <sup>a</sup> (ha)																		Total <sup>b</sup> (ha) (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Mico	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	30	—	—	306
Pêssego Branco	61	—	—	—	54	—	—	—	—	—	—	—	—	165	65	—	—	285	630
Jaraguá	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	—	—	00	74
Oriental	—	62	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104
Aipim Gigante	41	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	32	—	—	—	143
Branca	—	124	—	—	81	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	580
Branca SC	—	—	675	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	175	—	689
Casca Roxa	—	—	—	480	—	250	245	—	—	108	540	224	—	—	—	—	48	—	2070
Mandioquinha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56	—	—	—	—	—	175	—	56
Mandim Branca	—	—	—	—	—	—	245	—	—	—	—	—	—	—	—	240	—	—	485
Pêssego Preto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	95
Comum	—	434	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	434
Aipim Branco	—	—	—	320	—	—	—	14	90	72	360	280	—	—	—	—	—	—	1136
Tatu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48
Outras	—	—	75	—	—	50	—	—	10	—	—	—	436	110	—	320	—	—	1001
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>620</b>	<b>750</b>	<b>800</b>	<b>135</b>	<b>500</b>	<b>490</b>	<b>140</b>	<b>100</b>	<b>180</b>	<b>900</b>	<b>560</b>	<b>440</b>	<b>275</b>	<b>130</b>	<b>800</b>	<b>350</b>	<b>475</b>	<b>7850</b>

a. 1 = Ascurra; 2 = Blumenau; 3 = Barra Velha; 4 = Jaraguá do Sul; 5 = Guarumirim; 6 = Garuva; 7 = Schroeder; 8 = Araquari; 9 = S. Francisco do Sul; 10 = Corupá;

11 = Massaranduba; 12 = Joinville; 13 = Pomerode; 14 = Timbó; 15 = Rodeio; 16 = Indaial; 17 = Rio dos Cedros; e 18 = Benedito Novo.

b. 100% = total da região (7.850 ha).

Foi estruturado um trabalho de pesquisa com o objetivo de selecionar cultivares adaptadas aos três principais ecossistemas: Sul do Estado, Alto Vale do Itajaí e Oeste Catarinense.

Para atender ao objetivo central são desenvolvidas ações intermediárias que podem ser esquematizadas no organograma apresentado na Figura 1.

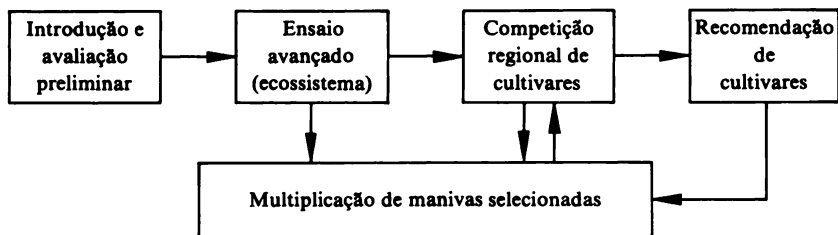


Figura 1. Organograma de atividades para a seleção de cultivares.

## **Introdução e avaliação preliminar**

A avaliação de germoplasma introduzido, em Santa Catarina, inicia-se na Estação Experimental de Itajaí, eliminando os susceptíveis à bacteriose. Já no campo as cultivares em teste são plantadas em filas, junto a cultivares susceptíveis à doença, para servirem como fonte de disseminação do inóculo. As avaliações são realizadas durante o primeiro e também no segundo ciclo vegetativo; os germoplasmas promissores que apresentam, no máximo, sintomas de murchas de folhas ou queda de folhas são promovidos ao ensaio seguinte para observar o seu comportamento nos ecossistemas.

## **Ensaio avançado (ecossistema)**

É conduzido simultaneamente nas duas principais regiões produtoras de mandioca: no Alto Vale do Itajaí, a 350 m de altitude, e no Litoral Sul. As avaliações são realizadas em plantas de um e dois ciclos. Se avaliam doenças (bacteriose, antracnose), pragas e as produções de raízes e amido; esta última deve ter um



valor mínimo de 26% para permitir a manutenção da cultivar nas etapas de seleção.

As cultivares que obtiverem desempenho semelhante ou superior ao da cultivar padrão, passarão a ser avaliadas nas etapas finais, de rendimento ou competição de cultivares.

### **Competição regional de cultivares**

Este experimento é implantado no esquema experimental de blocos ao acaso, com três repetições e 55 plantas por parcela. As mesmas cultivares são avaliadas durante duas colheitas de dois ciclos (18 meses cada) e três colheitas de um ciclo. Assim, depois de três anos poderá ser feita a indicação ao produtor. Neste experimento são avaliados os rendimentos de raízes e parte aérea, de amido e de farinha; se observa também a resistência à doenças. As técnicas de cultivo seguem as recomendações do 'sistema de produção' para a mandioca.

### **Recomendação de cultivares**

Uma vez realizadas, durante três anos, as três colheitas de um ciclo e duas colheitas de dois ciclos, segue a recomendação das cultivares. Esta recomendação é feita anualmente através de uma publicação da EMPASC, específica sobre o assunto, onde é divulgado o trabalho aos extensionistas e produtores.

Depois desta recomendação, poderá ser realizado um trabalho de Unidade Demonstrativa, pelo extensionista, que levará ao agricultor a nova cultivar para ser comprovada em sua propriedade e para demonstração aos agricultores vizinhos. Para a realização da difusão de uma nova cultivar sem perda de tempo, deve-se dispor de ramas e, por isso, é conduzido um trabalho de multiplicação de manivas destas cultivares.

### **Multiplicação de manivas**

A planta de mandioca tem uma baixa taxa de propagação, visto que de uma planta pode-se obter em média, aproximadamente quatro a seis manivas de boa qualidade. Os trabalhos de multiplicação de manivas são realizados em paralelo

aos de seleção—visando ter uma disponibilidade de pelo menos 10,000 manivas no momento de recomendar as novas cultivares—e começam no primeiro ano de ensaios avançados (ecossistema); ali são eleitas as cultivares promissoras. De cada cultivar selecionada se multiplicam 40 ramas na Estação Experimental, mas quando a seleção se faz na etapa seguinte (ensaio de competição regional), a multiplicação aumenta a 500 manivas das quais se reproduzem mais 2,000. Depois de dois anos, a colheita será de 10,000 manivas.

## Potencial de Rendimento de Cultivares em Quatro Agroecossistemas

A produtividade de mandioca está estreitamente relacionada ao solo e clima. Em Santa Catarina foram conduzidos experimentos de competição de cultivares em quatro tipos de solos com diferentes níveis de fertilidade: no Oeste do Estado, Alto Vale do Itajaí, e dois locais no Sul do Estado; cada local se constitui em um ecossistema distinto, caracterizado quanto à altitude, fertilidade ou textura do solo. O Quadro 4 mostra as diferenças nas produções por área. No Oeste, superam em 36% a produção obtida na região do Alto Vale. Os rendimentos obtidos em dois ciclos, em solo arenoso, são equivalentes ao dobro daqueles

Quadro 4. Produção de raízes de mandioca em parcelas experimentais, em quatro tipos de solo em Santa Catarina, Brasil. Colheita 1986.

Ciclo e cultivar	Produção por tipo de solo (t/ha)							
	Oeste <sup>a</sup>		Alto Vale <sup>b</sup>		Sul do estado, solo argiloso <sup>b</sup>		Sul do estado, solo arenoso <sup>c</sup>	
	X	Variación	X	Variación	X	Variación	X	Variación
II Mico	51.4	47.7-54.2	37.7	36.5-39.9	33.5	30.4-36.7	—	—
A. Gigante	—	—	—	—	—	—	17.3	12.9-21.6
I Mico	32.2	27.1-35.2	16.6	16.1-17.4	18.0	16.2-19.3	—	—
A. Gigante	—	—	—	—	—	—	19.1	17.4-21.9

a. Adubação 0-30-0 kg/ha N-P-K.

b. Adubação 10-30-40 kg/ha N-P-K.

c. Adubação 50-30-40 kg/ha N-P-K.

obtidos no mesmo solo, com um ciclo; por outro lado os rendimentos obtidos em solo argiloso, em um ou dois ciclos, são praticamente iguais.

## **Bibliografia**

- EMPASC (Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária). 1987. Plano estadual de pesquisa agropecuaria, ano agrícola 1986-1987. Documentos, 76. Florianópolis. 120 p.
- Hart, R D. 1979. Agroecosistemas, conceptos básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 211 p.



# ANÁLISES DAS DIFERENÇAS EM RENDIMENTO DA MANDIOCA ENTRE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS E OS CAMPOS DE AGRICULTORES

Hélio Corrêa\*

## Introdução

Estudos efetuados no Brasil, a nível de Estações experimentais, com a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), indicam que cultivares selecionadas podem atingir produções superiores a três vezes a produtividade média nacional em função do manejo adequado das cultivares já existentes ou por meio do melhoramento genético.

Na maioria das vezes, a produtividade pode ser condicionada fortemente pelo ambiente da região, como também pela heterogeneidade do material testado. Somente quando são definidas as cultivares 'elites' obtém-se um melhor referencial para a seleção das cultivares. Nestas condições sobressaem-se algumas cultivares pela habilidade em melhor se adaptar às condições do meio.

As diferenças de produtividade obtidas para uma cultivar estão em função das variações de manejo e solo utilizado para a cultura na região. Ressalta-se entretanto, que ao estudar um determinado fator de produção, como por exemplo cultivares, os demais fatores como espaçamento, fertilização, cultivos, controle de pragas e outros que se fazem necessários, são geralmente fixados.

---

\* Professor da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Caixa Postal 37, 37.200 Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Considerando que as condições de manejo sejam as mais adequadas regionalmente, observa-se que os rendimentos são variáveis, e segundo Cock (1978), são devidos à diversidade entre cultivares.

Nota-se que as cultivares promissoras estão associadas aos ecossistemas e que, no Brasil, são recomendadas cultivares com rendimentos variando de 16.6 a 35 t/ha (Perim et al., 1983).

Os dados obtidos anualmente em experimentos mostram que os rendimentos das cultivares superiores, embora possam apresentar alguma flutuação através dos anos, mantêm-se em vantagem sobre as cultivares locais, indicando haver uma estabilidade temporal que pode eventualmente ser afetada por pragas e doenças, em especial as causadas por vírus. O material de plantio produzido no mesmo local e sob condições controladas é fator que leva a melhores rendimentos nas estações experimentais quando comparado ao mesmo material utilizado pelo produtor.

Com relação à estabilidade espacial é desejável que as cultivares promissoras em uma região possam ser levadas para outras conservando seu potencial de produção. Tem-se observado que não ocorre esta estabilidade pois o material é afetado por diversos fatores, inclusive, pelo complexo local de doenças e pragas associadas à mandioca. Em regiões de menor diversidade edafoclimática tem sido possível a obtenção de cultivares com maior estabilidade de rendimento.

## **Cultivares Seleccionadas**

As condições de clima e solo, de pragas e doenças, e do uso de práticas culturais diversas, do tamanho da propriedade e do nível sócio-econômico do produtor são causas de grandes variações no rendimento e, geralmente, explicam as limitações da produtividade.

Em levantamento efetuado no Brasil nos municípios de Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas, região

tradicionalmente produtora de polvilho azedo, visando identificar fatores técnicos envolvidos no processo de produção de mandioca, observou-se que mais de 67% das propriedades possuíam área menor de 20 ha e a área média ocupada com o plantio de mandioca foi de 7,42 por propriedade (Corrêa e Ferreira, 1982).

Com relação ao uso do solo houve tendência na utilização daqueles de baixa fertilidade natural para plantio de mandioca, embora houvesse um preparo motomecanizado do solo em 79% das propriedades. A calagem era usada somente em 69% das propriedades e a adubação em 68%. Não havia seleção de ramas e nem armazenamento e as cultivares utilizadas eram as tradicionais, com rendimento médio estimado em 16.3 t/ha, um pouco acima da média nacional.

Realizando um trabalho nesta região a partir de 1978, com a introdução de novas cultivares resistentes a bacteriose e a realização de reuniões com agricultores, foi possível elevar esta produtividade em alguns casos para mais 40 t/ha e, em termos de média regional, para 25 t/ha. Os maiores rendimentos foram obtidos pela introdução de cultivares selecionadas conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1. Produtividade média de raízes e teor de amido de sete cultivares de mandioca no município de Conceição dos Ouros, Minas Gerais, Brasil, 1986.

Cultivares	Produtividade (t/ha)	Amido (%)
Fitinha	42.80	30.90
Olho Junto	40.00	33.96
Fibra	37.30	33.49
Mico	34.60	32.50
IAC 12-829	33.80	32.47
Branca de Santa Catarina	32.40	31.90
Sonora	21.60	32.97

Em Felixlândia - MG, região típica de solos de cerrado, de baixa fertilidade natural, a produtividade média regional é inferior à média do Estado. Entretanto, em ensaio de competição com algumas cultivares 'elites' (Quadro 2), observa-se a

**Quadro 2. Produtividade média de raízes e teor de amido de dez cultivares de mandioca no município de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil, 1986.**

Cultivares	Produtividade (t/ha)	Amido (%)
Engana Ladrão	32.85	31.88
Sonora	32.30	29.94
BGM 352	32.07	29.56
IAC 14-18	30.80	28.42
IAC 7-127	30.60	30.41
Caapora	29.40	28.13
Mantiqueira	28.95	27.04
Riqueza	28.40	28.12
IAC 12-829	22.50	32.05
M Col 1940	21.52	29.66

influência do meio no comportamento varietal, onde a cultivar ‘Sonora’ com baixa produtividade na localidade de Conceição dos Ouros, apresentou ótimo rendimento em Felixlândia, região edafoclimática totalmente diferente da citada anteriormente.

No Estado de São Paulo, apesar do rendimento da mandioca ser 30% maior que a média brasileira, ainda deixa muito a desejar, pois resultados obtidos com agricultores que participaram dos concursos de produtividade da Secretaria da Agricultura, revelam um rendimento de 16.8 t/ha. A causa fundamental é a falta de conhecimento das principais técnicas de cultivo (Dias, 1970) que podem ser associadas a problemas econômicos. Na Paraíba, um estudo visando testar o sistema de produção recomendado para a cultura da mandioca, mostrou que o sistema preconizado pela pesquisa apresentou rendimento de 21.7 t/ha, enquanto que o tradicional produziu 18.1 t/ha de raízes (Bueno, 1983). Considerando que o sistema da pesquisa proporcionou somente 19.8% nota-se que o ganho foi pequeno.

## **Manejo da Cultura. Efeitos na Seleção de Cultivares**

Num sistema de produção agrícola, a produtividade está ligada a diversos fatores entre os quais se inclui as condições do meio e a



população ideal de plantas. A diversidade do germoplasma de mandioca, apresentando diferenças morfológicas associadas à forte interação com o ambiente, leva à necessidade de se adequar convenientemente o sistema de manejo da cultura, em especial o espaçamento e a época ideal de colheita.

Com relação ao espaçamento, existem indicações que as produções comerciais situam-se entre 5,000 e 20,000 plantas por hectare (Benvenuti, 1970 e Cock, 1977). Estudos envolvendo duas cultivares, uma de porte baixo e outra de porte médio, constataram que a população ideal para rendimento de raízes da cultivar de porte baixo foi de 30,600 plantas/ha, enquanto para a de porte médio foi de 19,900 plantas/ha (Calderón, 1972).

Na Colômbia, foram realizados estudos com 10 cultivares 'elites' do programa de melhoramento de mandioca do CIAT, com características muito diferenciadas e nas populações de 5,000, 10,000, 15,000 e 20,000 plantas/ha e em três localidades edafoclimáticas distintas como Santander de Quilichao, Media Luna e Palmira. Verificou-se que não houve significância entre populações nas localidades de Média Luna e Santander de Quilichao mas que ocorreu significância para CIAT Palmira (Quadro 3) (Cáceres-Alvarez, 1986).

Quadro 3. Efeito das populações sobre o peso de raízes totais nas localidades de Palmira, Santander de Quilichao e Media Luna, Colombia (1985/86).

Localidades	Peso de raízes segundo a população das plantas (t/ha)*			
	5,000**	10,000	15,000	20,000
Palmira	14.3 b	19.6 a	20.5 a	18.4
S. Quilichao	21.4 a	22.8 a	23.0 a	22.2 a
Media Luna	14.0 a	15.8 a	16.4 a	15.9 a

\* Médias seguidas da mesma letra minúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente.

\*\* População em plantas/ha.

FONTE: Cáceres-Alvarez, 1986.

As cultivares testadas foram CM 537-7, CM 1016-3, M Col 1468, M Ven 25, Mcol 22, CM 618-2, CM 507-37, CM 849-1, CM 489-1 e M Col 1684. As cultivares que se sobressaíram nas localidades citadas estão contidas no Quadro 4.

Quadro 4. Efeito de cultivares sobre a produção total de raízes em três localidades em Colombia, 1985/86.

Cultivares	Produção em cada localidade (t/ha)*		
	Palmira	Média Luna	S. Quilichao
CM 489-1	26.3 a	—	31.6 a
CM 849-1	22.2 b	—	—
CM 507-37	—	16.5 a	—
M Col 1684	21.5 b	17.3 a	25.1 b
M Ven 25	—	16.9 a	—

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticam

FONTE: Cáceres-Alvarez, 1986.

Observa-se que a cultivar CM 489-1 foi superior em Santander de Quilichao e Palmira. Em Média Luna sobressaiu-se a M Col 1684, indicando a influência do meio sobre as cultivares.

Em estudo sobre a influência do espaçamento e idade de colheita com duas cultivares, Mantiqueira (IAC 27-4) e Iracema (IAC 7-127), colhidas aos 6, 9, 12, 15 e 18 meses nos espaçamentos de 1.00 x 0.25; 1.00 x 0.50; 1.00 x 0.75; 1.00 x 1.00 e 1.00 x 1.25, verificou-se (Figura 1) que para a cultivar Mantiqueira o melhor espaçamento foi de 1.00 x 0.75 m e para a IAC 7-127 de 1.00 x 0.50 e 1.00 x 0.75 m (Leonel Neto, 1983).

Com relação à idade de colheita observa-se pela Figura 2, que a cultivar Mantiqueira apresenta melhor rendimento aos 12 meses, enquanto que a cultivar Iracema (IAC 7-127) deve ser colhida acima dos 18 meses de idade. Estes dados mostram que as cultivares têm uma idade considerada mais apropriada para a colheita e é importante que este fator seja conhecido pela pesquisa para passá-lo ao agricultor.

Os fatores que mais afetam a produtividade das cultivares selecionadas para a localidade são as práticas culturais utilizadas pelo produtor. Dessa forma as diferenças de rendimentos entre as estações experimentais e os campos do produtor podem estar condicionados a fatores como idade de colheita da planta, espaçamento e cultivares, fertilizantes, além de outros fatores que vão influir significativamente no rendimento.

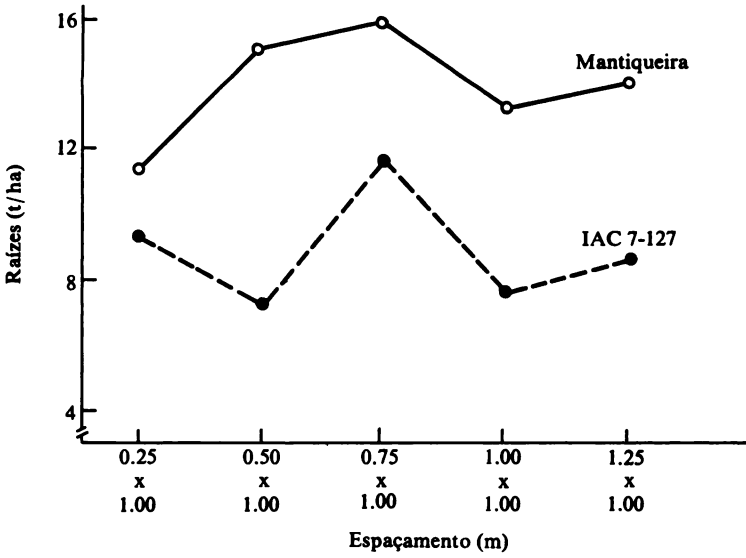


Figura 1. Produção de raízes de duas cultivares de mandioca, em função do espaçamento. Felixlândia/MG, Brasil, 1983.

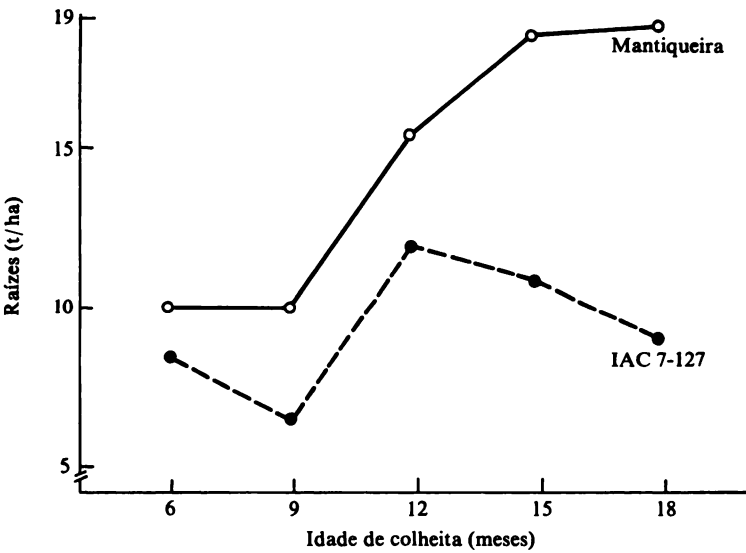


Figura 2. Produção de raízes de duas cultivares de mandioca em função da idade de colheita. Felixlândia, MG, Brasil, 1983.

Essa variabilidade das cultivares em relação ao manejo pode ainda ser mais marcante em algumas regiões onde o uso de insumos, em especial de fertilizantes, não seja prática adotada.

Considerando-se que os fatores de seleção de cultivares são efetuados em condições mais adequadas de manejo, num programa de seleção dever-se-ia buscar condições de maior estresse para segurança dos trabalhos.

## **Indicações de Práticas Diferenciadas**

### **Filas duplas**

No Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), foram realizados estudos visando avaliar o rendimento de raízes de mandioca em dois sistemas de produção. Verificou-se que no sistema de filas duplas a produtividade média foi de 28.8 t/ha e no sistema tradicional foi de 19.4 t/ha, com um incremento de 48.5% para o cultivo em fileiras duplas (Weber et al., 1986). Da mesma forma, em Pernambuco, conseguiu-se incrementos que variaram de 50 a 200% a favor do cultivo em fileiras duplas quando comparados com o tradicional (filas simples) (Bessa et al., 1986) e, no Espírito Santo, conseguiu-se 31,3% a mais de rendimento a favor do cultivo em filas duplas (Furtado e Oliveira, 1980).

### **Filas simples com manejo diferenciado**

Comparando dois sistemas de produção em filas simples, um para solos de areias quartzozas distróficas e outro para solos argilosos comparados com lavouras no sistema tradicional, verificou-se que o sistema recomendado para areias quartzozas foi superior em 72.6% ao do produtor e o de solos argilosos em 29.8% (Mondardo et al., 1982). Estas variações devidas ao manejo são muito variáveis e dependem da interação com o ambiente.

## Avaliação de Cultivares Melhoradas em Campos de Produtores com Tecnologia da Pesquisa

O sistema estadual de pesquisa em Minas Gerais tem trabalhado no sentido de testar junto ao produtor as cultivares selecionadas em suas estações experimentais considerando as diferentes regiões edafoclimáticas existentes no estado. Dentre os procedimentos efetuados na análise do comportamento do material selecionado são feitos campos de observação com as cultivares selecionadas nas quais são incluídas aquelas utilizadas pelos agricultores como ponto de referência.

Em Janaúba foi instalado por Gonçalves (1983) um campo de observação em solo aluvial eutrófico, de textura franco-arenosa envolvendo três cultivares melhoradas e sete regionais, cujas médias de produção de raízes estão contidas na Figura 3.

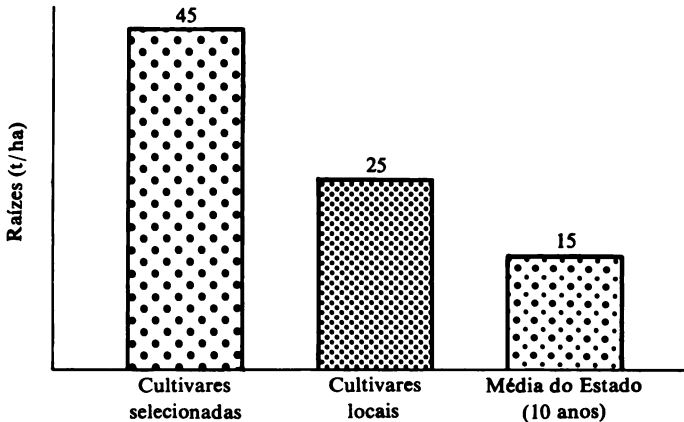


Figura 3. Médias das produções de raízes de três cultivares selecionadas pela pesquisa, de sete cultivares locais e do Estado. Janaúba, MG, Brasil, 1983.

As cultivares melhoradas superaram em 78% as cultivares locais. Comparando-se o manejo em relação à média estadual observa-se que este contribuiu para um incremento de 60% nas cultivares locais.

No Alto de Rio Doce-MG, foram testadas cinco cultivares selecionadas e três cultivares locais, submetidas ao mesmo sistema de manejo. Os resultados obtidos estão contidos na Figura 4.

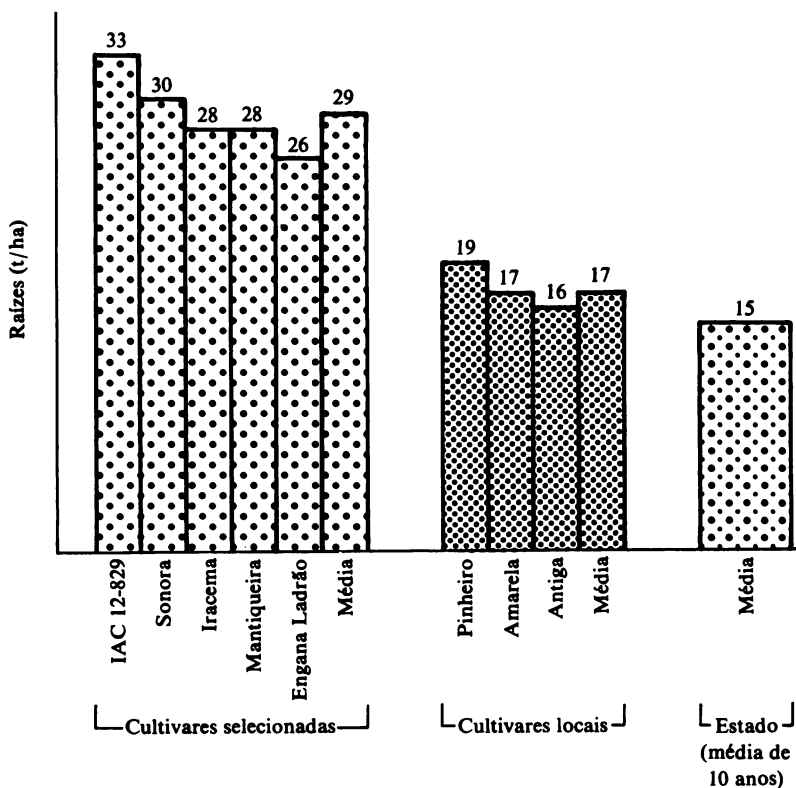


Figura 4. Médias das produções de raízes das cultivares selecionadas pela pesquisa, das cultivares locais e do Estado. Alto Rio Doce, MG, Brasil, 1985.

Neste local, as cultivares selecionadas superaram em 66% as locais. Pode-se observar que o manejo adotado praticamente não influenciou na produtividade média das cultivares locais que estiveram próximas da média estadual. Ressalta-se que sendo a mandioca nesta região destinada a diferentes finalidades, as cultivares selecionadas foram introduzidas visando o uso

forrageiro, industrial e para o consumo 'in natura'. A qualidade e aceitação pelo produtor seria realizada em etapa posterior.

Em Unai - MG, foram testadas duas cultivares selecionadas em comparação com cinco cultivares locais submetidas ao sistema de manejo preconizado pela pesquisa para a região. Os dados de produção de raízes estão contidos na Figura 5. As cultivares selecionadas superaram em 65% as locais, com média inferior em 15% à média do estado. Observa-se que a cultivar local 'Joaquininha' apresentou bom potencial.

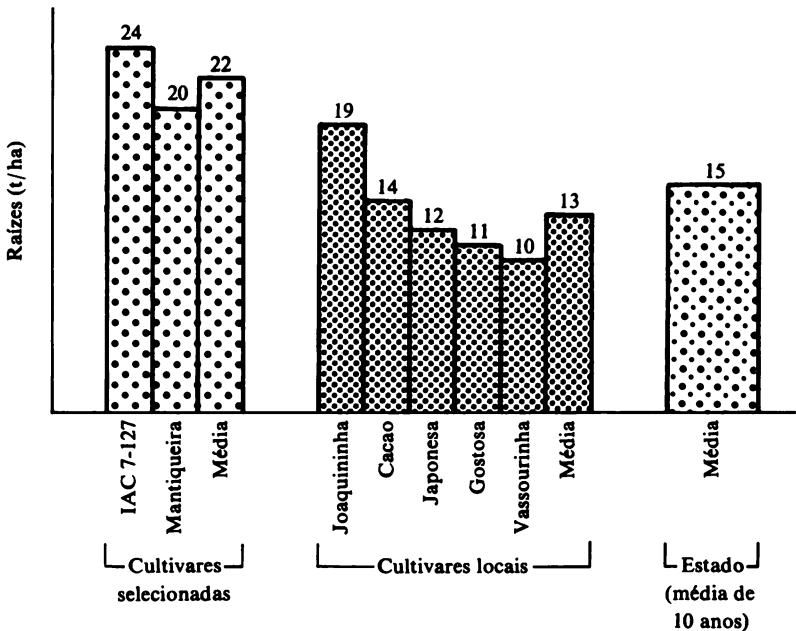


Figura 5. Médias das produções de raízes das cultivares selecionadas pela pesquisa, das cultivares locais e do Estado. Unai, MG, Brasil, 1985.

## Comportamento de Cultivares Melhoradas em dois Sistemas de Produção

Em 1982/83, foram instalados dois campos de observação, utilizando-se cultivares selecionadas em comparação com cultivares locais nos municípios de Porteirinha e Mato Verde.

O objetivo foi comparar o comportamento das cultivares melhoradas e locais, utilizando-se do sistema tradicional (ST) e do sistema preconizado pela pesquisa (SP). As cultivares melhoradas foram Iracema e Mantiqueira, e a cultivar local em Porteirinha, foi a Muquém e, em Mato Verde, a Castelona.

Os sistemas de produção foram estruturados da seguinte forma:

Sistema preconizado:

- Aração tração animal
- Gradagem tração animal
- Sulcos
- Adubação 4-30-16 (200 kg/ha)
- Seleção de ramas
- Toletes 20 cm
- Espaçamento 1.00 x 0.50
- Colheita - 16 meses
- Cultivos - normais

Sistema tradicional:

- Aração tração animal
- Gradagem tração animal
- Covas
- Sem adubo
- Sem seleção
- 12-15 cm
- Espaçamento 1.00 x 1.00
- Colheita - 16 meses
- Cultivos - normais

Em Porteirinha - MG, os dados de produção de raízes estão contidos na Figura 6. Observa-se que a cultivar Muquém quando

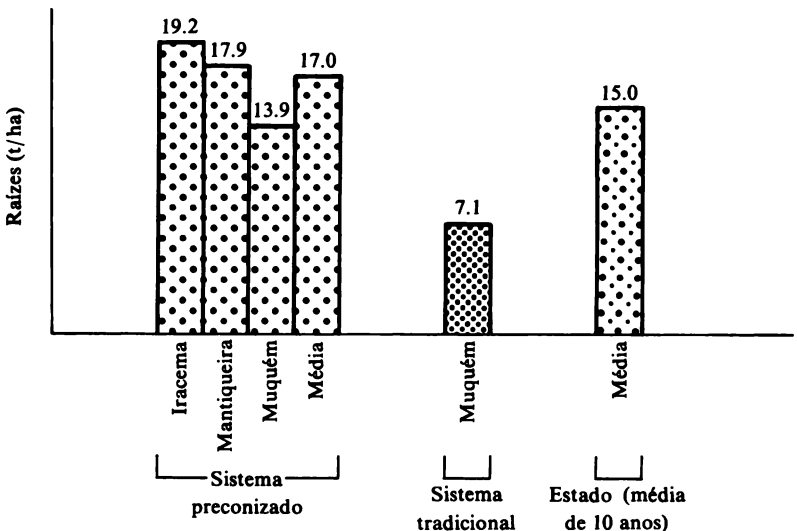


Figura 6. Médias da produção de raízes de duas cultivares selecionadas pela pesquisa (Iracema e Mantiqueira) e de uma cultivar local (Muquém) em sistemas de cultivo diferentes. Porteirinha, MG, Brasil, 1982/83.



submetida ao manejo adequado mostrou rendimento de raízes 96% superior ao sistema do produtor. Com relação à produtividade média as cultivares selecionadas superaram em 162% a média da cultivar local no sistema tradicional. A cultivar Iracema superou a Muquém em 38%, o que pode ser atribuído ao ganho de seleção, pois o manejo foi o mesmo.

Em Mato Verde - MG, os dados obtidos foram diferentes, pois a cultivar local quando submetida ao melhor manejo, mostrou-se superior às cultivares selecionadas. Os dados obtidos são apresentados na Figura 7.

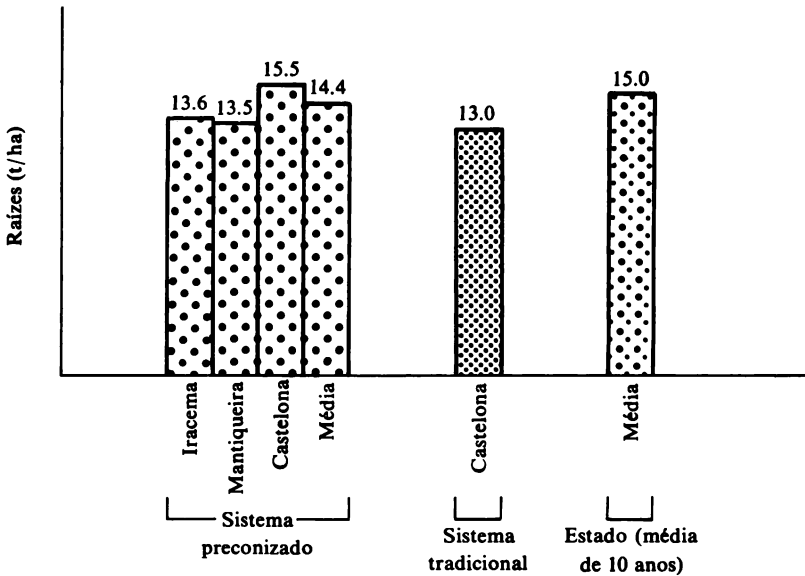


Figura 7. Médias da produção de raízes de duas cultivares selecionadas pela pesquisa (Iracema e Mantiqueira) e de uma cultivar local (Castelona), em sistemas de cultivo diferentes. Mato Verde, MG, Brasil, 1982/83.

A cultivar Castelona mostrou-se perfeitamente adaptada às condições e inclusive com poucas respostas ao manejo utilizado. Os solos da região são considerados razoavelmente férteis e o nível de adubação não foi suficiente para influir favoravelmente na produção, mas o principal fator foi principalmente a

deficiência hídrica, revelando a adaptação da cultivar local ao estres hídrico.

## Comparação entre os Sistemas de Produção: Pesquisa e Produtor

O trabalho foi conduzido em Capelinha - MG, e teve por objetivo verificar a qualidade do material selecionado pela pesquisa e conduzido sob duas condições de manejo. As cultivares foram a Iracema selecionada e a Rei do Sono (local).

Os tratamentos a que as cultivares foram submetidas são os seguintes:

1. Maniva e sistema do produtor.
2. Maniva da pesquisa e sistema do produtor.
3. Maniva do produtor e sistema da pesquisa.
4. Maniva da pesquisa e sistema da pesquisa.

O manejo adotado foi semelhante aos relatados anteriormente, e os dados obtidos estão contidos no Quadro 5. Embora tenha sido baixa a produção de raízes pois a colheita foi efetuada com um ano, os dados refletem que o manejo mais adequado pode proporcionar melhor rendimento quando se comparam os tratamentos 1 e 3, em que o ganho de 38% é reflexo do manejo adotado. Ao se observar o sistema 2, nota-se que somente a seleção do material foi responsável por um acréscimo de 77% na produção. Isto significa que a introdução somente de material

Quadro 5. Produção de raízes de mandioca em diferentes sistemas de produção, Capelinha, Minas Gerais, Brasil, 1986.

Tratamentos	Produção (t/ha)	Índice (%)
1. Maniva e sistema do produtor	5.7	100
2. Maniva da pesquisa e sistema do produtor	10.1	177
3. Maniva do produtor e sistema da pesquisa	7.9	138
4. Maniva da pesquisa e sistema da pesquisa	14.6	256

selecionado ia ensejar melhor produtividade regional, mesmo que o agricultor continue o plantio no sistema tradicional; ao se associar o manejo houve um acréscimo de 79% na produtividade, o que significa um ganho de 156% sobre a produtividade do material local.

## Considerações

1. A aceitação das cultivares selecionadas pelos agricultores vai depender de seu convencimento da qualidade do material oferecido pela pesquisa.
2. As diferenças da produção entre as estações experimentais e produtores estão associadas ao nível econômico do produtor e o grau de uso da tecnologia gerada pela pesquisa.
3. Produtores marginais devem ser melhor avaliados pela pesquisa.

## Referências

- Benvenuti, G. et al. 1970. Ensayo de variedades y distancias de siembra en el cultivo de yuca (Chone-Manabí, Marzo 1974/junio 1975). Documento de trabajo y anexos; serie Cultivos Tropicales - Didáctica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador (Projeto FAO, ECU/71/522). v. 1, 49 p.
- Bessa, J. M. G.; Dantas, J. A. e Cesar, F. 1986. Plantio de mandioca em fileiras duplas: uma prática que viabiliza a racionalização do cultivo. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 4, Balneário Camboriú, 1986. Resumos. Camboriú. p. 47.
- Bueno, A. 1983. A cultura da mandioca na região sudeste. In: Perim, S. A cultura da mandioca nas regiões brasileiras; Congreso Brasileiro de Mandioca, 3, Brasília, 1983. Brasília, Brasil. p. 13-60.
- Cáceres-Alvarez, L. A. 1986. Efeito da população sobre algumas características em dez cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em três localidades da Colômbia. Tese (Mestrado), Escola Superior de Lavras (ESAL), Lavras, MG, Brasil. 117 p.

- Calderón, H. 1972. Ensayo de distancias de siembra con dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la región Santágueda. Tesis (Ing. Agr.), Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales, Colômbia. 55 p.
- Cock, J. H. 1978. Potencial agronómico para la producción de yuca. In: Curso de producción de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 31-39.
- ; Wholey, D. e Gutiérrez de las Casas, O. 1977. Effects of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). *Experimental Agriculture* (Cambridge) 13:238-299.
- Corrêa, H. e Ferreira, L. D. 1982. Levantamento e análise técnica de práticas culturais usadas pelos produtores de mandioca nos municípios de Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Projeto Mandioca; relatório 76/79. Belo Horizonte, Brasil. p. 13-18.
- Dias, C. A. de C. 1970. Cultura da mandioca. Secretaria da Agricultura de São Paulo, Departamento de orientação técnica. Campinas, SP, Brasil. 18 p.
- Furtado, M. J. e Oliveira, D. 1980. Cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em fileiras duplas. Comunicado no. 7. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), Cariacica, ES, Brasil. v. 2, 9 p.
- Gonçalves, N. P. e Andrade, A. M. de Sales. 1983. Observações preliminares sobre o comportamento de algumas cultivares de mandioca no norte de Minas. *Pesquisando*, 83. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte. 4 p.
- Leonel Neto, M. 1983. Influência da idade de colheita e espaçamento sobre algumas características de duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tese (Mestrado), Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras, MG, Brasil. 60 p.
- Mondardo, E.; Morel, D. A.; Moraes, O. de; Ternes, M.; Miura, L. e Schmitt, A. T. 1982. Viabilidade técnica e econômica dos sistemas de produção de mandioca, na região Sul de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 2, Vitória, 1981. Anais. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Cruz das Almas, BA, Brasil. v. 2, p. 146-159.
- Perim, S.; Costa, I. R. S. e Penna, S. F. P. de O. 1983. A cultura da mandioca nas regiões brasileiras. Congresso Brasileiro de Mandioca, 3, Brasília, 1983. Brasília, Brasil. 148 p.
- Weber, W. V.; Silva, J. A. da e Gerhard, L. F. 1986. Avaliação do sistema de plantio da mandioca em fileira dupla. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 4, Balneário Camboriú, 1986. Resumos. Camboriú. p. 48.

# CONSIDERACIONES SOBRE LAS PRUEBAS REGIONALES DE YUCA EN COLOMBIA Y SUS ALTERNATIVAS

*Nubia Rodríguez\**

La yuca se cultiva en Colombia desde el nivel del mar hasta el límite superior de la zona cafetera, a unos 1800 m.s.n.m. En 1985 se sembraron 154,200 ha, superficie que disminuyó a 149,850 ha en 1986, para aumentar de nuevo el presente año (1987) a 159,100 ha aproximadamente.

Las producciones registradas en 1985 y 1986 fueron de 1,367,350 t y 1,338,150 t, respectivamente, y los respectivos rendimientos promedios fueron de 8.9 y 8.8 t/ha. Para 1987 se ha estimado una producción de 1,357,380 t y un rendimiento de 8.5 t/ha; se estima para este año una disminución de 0.4 t/ha en el rendimiento y un aumento de más de 9,200 ha en el área de cultivo con respecto a 1986.

El mayor volumen de yuca es producido por pequeños agricultores, cuyos complejos sistemas de producción incluyen asociaciones con maíz, con maíz-millo-guandul, con maíz-ñame, con caupí, y con plátano; estas asociaciones se presentan principalmente en la costa norte, y la más común de ellas, que se siembra en un 40% de la superficie cultivada con yuca, es la que incluye maíz-ñame; le sigue en importancia la asociación con maíz, en un 25% de la superficie. En el interior del país las principales asociaciones son con maíz y frijol y en algunos casos con maní y plátano.

---

\* Bióloga, Programa de Yuca, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Palmira, Colombia.

Las cifras anteriores ilustran la necesidad de evaluar adecuadamente este complejo sistema de producción, para conocer exactamente los factores limitativos de la misma; una de las alternativas sería un cambio de filosofía en el manejo de las actuales pruebas regionales.

## **Características de las Pruebas Regionales**

Por definición, una prueba regional es un conjunto de ensayos realizados en una región previamente identificada como un dominio de recomendación, con el fin de evaluar la interacción entre la oferta tecnológica generada en la estación experimental y el ambiente.

El diseño que se aplica a la prueba regional es el de bloques completos al azar, debido a su simplicidad. Se recomienda no utilizar la misma aleatorización para todos los sitios y procurar que haya por lo menos tres repeticiones para estimar el error experimental en cada localidad; cualquier disminución en esta cifra se debe compensar con un aumento en el número de localidades. El número de tratamientos debe estar entre 15 y 20.

En una prueba regional se deben tomar como mínimo los siguientes datos:

- a. Durante el período de cultivo: germinación, malezas prevaecientes, enfermedades y plagas, deficiencias de nutrimentos o toxicidad, y daños causados por herbicidas.
- b. Al tiempo de la cosecha: días a la cosecha; número total de plantas por parcela y de plantas cosechadas; área útil de la parcela; número total de raíces y número por planta; peso fresco de las raíces; raíces comerciales, no comerciales, y podridas; peso, longitud y diámetro promedio de las raíces; porcentaje de materia seca y calidad culinaria.

Es importante resaltar que el número de plantas por parcela útil nunca debe ser inferior a nueve para que los datos sean confiables.

## **Papel y Limitaciones de las Pruebas Regionales**

La etapa de pruebas regionales debe preceder al proceso de validación, ajuste y entrega de recomendaciones tecnológicas a los usuarios, y debe realizarse por diferentes medios y métodos de comunicación, capacitación o asistencia técnica. Se busca que los agricultores conozcan, aprendan y adopten tales recomendaciones, lo que implica desarrollar todo el proceso correspondiente a la transferencia de tecnología.

Como se puede observar en la Figura 1, en el esquema de las pruebas regionales se da énfasis a las relaciones investigación-trasferencia; esta última constituye el puente básico entre la investigación y la producción agropecuaria, de tal forma que la tecnología generada pueda llegar a quienes la necesitan, y que se permita la retroalimentación necesaria entre investigadores, transferidores y productores.

En el modelo tradicional el investigador es quien preselecciona las alternativas para las pruebas de acuerdo con su interpretación de las necesidades y objetivos de los agricultores; éstos sólo ejecutan las operaciones de manejo. Muchas de las recomendaciones que han seguido esta línea de trabajo han fracasado; esto se debe a que los agricultores las encuentran inapropiadas para sus necesidades debido a que sus condiciones de trabajo son altamente adversas.

Considerando la dificultad que existe para simular los criterios con los cuales el agricultor toma la decisión de adoptar o rechazar una tecnología, a finales de los años 70 se inició la investigación a nivel de finca. Desafortunadamente este trabajo no se ha adelantado con la participación activa de los pequeños agricultores, ya que ellos no han tenido un papel en la planificación de la investigación. En la mayoría de los casos, la participación de éstos se ha limitado a ser otorgantes de la tierra, y en el mejor de los casos, a intervenir sólo como entes físicos en la ejecución de las operaciones de producción.

Cuando los investigadores son quienes inician y controlan totalmente la investigación que se adelanta en los campos de los

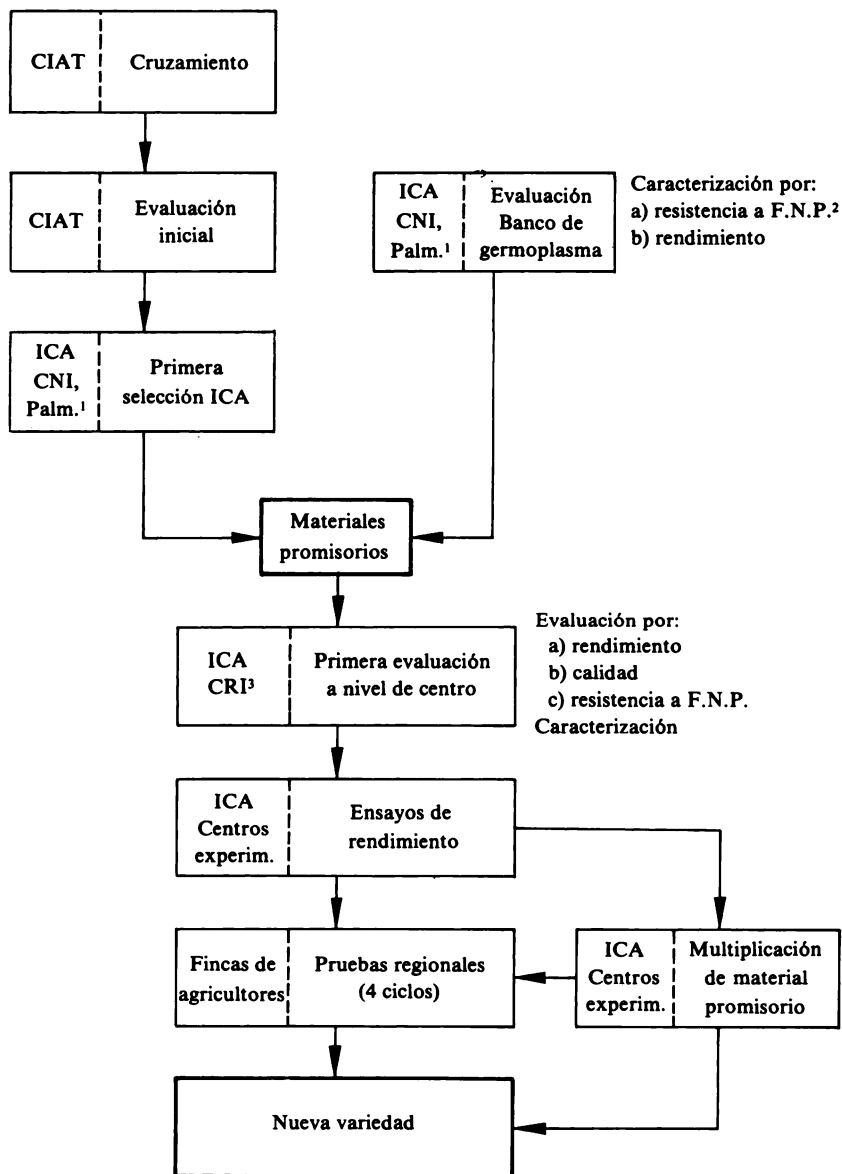


Figura 1. Metodología para el desarrollo de materiales de yuca aplicada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

1. CNI, Palm. = Centro Nacional de Investigación, Palmira.
2. F.N.P. = Factores negativos de la producción (plagas, enfermedades, etc.).
3. CRI = Centro Regional de Investigación (El Carmen, Caribia, Tulenapa, Turipaná).



agricultores, no se produce mayor información acerca de cómo responderán éstos a las nuevas tecnologías que se están generando allí; tal investigación constituye sólo una medida de los componentes tecnológicos en los ambientes físicos de las fincas. Por lo tanto, la participación del agricultor en la investigación en fincas ha sido una actividad simbólica y sin trascendencia en el diseño de la tecnología apropiada para sus propias condiciones y en la adopción que él haga de las ofertas tecnológicas.

## **Nuevos Enfoques**

Es necesario integrar más directamente al investigador con el agricultor (Figura 1) involucrando a este último en etapas de la investigación anteriores a las que están planteadas actualmente, para:

- a. Explorar el potencial de las innovaciones que se propongan.
- b. Identificar técnicas que, según el agricultor, tengan potencialidad bajo sus condiciones y puedan ser manejadas por el investigador.
- c. Integrar de manera eficaz el conocimiento del científico y el del agricultor, en bien de la comunidad.

Para este propósito se requiere capacitar al investigador para que se pueda comunicar efectivamente con el agricultor y para que dé una importancia clave a los criterios que éste tenga.

En un intento por desarrollar, con los criterios expuestos, una metodología eficiente para evaluar materiales de yuca bajo las condiciones reales del sistema de cultivo del agricultor colombiano, el CIAT y el ICA han estado desarrollando un proyecto en la costa norte del país. En 1986 se regaló a los agricultores cierta cantidad de genotipos de yuca, con el fin de que ellos los evaluaran integralmente bajo su sistema de cultivo y sin la intervención directa del investigador. Mediante una encuesta que se realizó posteriormente, se trató de conocer los criterios del agricultor, aún aquéllos de tipo subjetivo, que

aplicaba para decidir si el material era de su agrado o no; desafortunadamente el tipo encuesta diseñado presentó algunos problemas para identificar de manera efectiva tales criterios, y actualmente se está trabajando en su mejoramiento.

Ultimamente se ha estado trabajando también en un proyecto orientado a obtener la participación de los agricultores en el diseño de la investigación; tal proyecto, dotado de financiación para tres años, se desarrollará en áreas que, por sus graves problemas socioeconómicos, han sido consideradas por el gobierno como prioritarias para la investigación.

Para iniciar el proyecto se escogió el departamento del Cauca, caracterizado porque la gran mayoría de sus suelos tienen problemas de fertilidad y están en ladera, y porque un alto porcentaje de los agricultores que siembran yuca no poseen más de 5 ha de tierra. La zona productora de yuca, con una infraestructura basada en la agroindustria del almidón y una producción aproximada de 3000 t/año de almidón agrario, presenta problemas específicos respecto a la adopción de nuevas variedades; así se observa que ningún material experimental ha logrado desplazar el material regional (CMC 92), el cual se caracteriza por un ciclo de cultivo largo (entre 14 y 18 meses) y un rendimiento de sólo 7-8 t/ha; en el manejo agronómico de este material sólo se utiliza gallinaza como abono orgánico.

El proyecto contempla no sólo la evaluación de genotipos de yuca en la región, sino también la evaluación de materiales de frijol y maíz, especies que hacen parte integral de su sistema de cultivo; en menor escala se han incluido las hortalizas y los pastos.

Se espera que los resultados de esta primera evaluación sirvan como elementos de retroalimentación del modelo y para enriquecer los criterios del investigador.

# METODOLOGIA Y APLICACION DE LA PROPAGACION RAPIDA EN YUCA; EXPERIENCIAS EN PANAMA

Maximino Chávez F.\*

Durante estos últimos años el cultivo de yuca, *Manihot esculenta* Crantz, ha ganado tremenda importancia por los múltiples usos que se le están dando, especialmente en el campo de la industrialización; de ahí la necesidad sentida por los países de incrementar su área de producción, para poder dar respuesta tanto al consumo actual como al potencial, en un futuro inmediato.

No obstante, para lograr el objetivo mencionado existen muchas limitaciones, siendo la más frecuente la poca disponibilidad de material de siembra; ésta se debe a la baja tasa de multiplicación que tiene la yuca cuando se usa el método tradicional de propagación vegetativa. Una planta madura (8-18 meses) puede producir con este método solamente 10-20 estacas (de 20-25 cm) aptas para la siembra comercial si las condiciones de manejo han sido buenas; bajo condiciones adversas, el número de estacas se reduce a 3-5, cantidad muy insignificante cuando se pretende aumentar el área de producción.

Por otra parte, existe la imperiosa necesidad de proporcionar al productor de yuca variedades con alta adaptación a las condiciones marginales donde comúnmente se cultiva esta especie. Se requieren, por lo tanto, variedades con alto potencial de rendimiento, buena calidad de raíces y tolerancia a las plagas y

---

\* Agrónomo Investigador, Programa de Yuca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Apartado 6-4391, Panamá 6A, Panamá.

enfermedades más importantes en cada una de las regiones productoras; tales variedades, manejadas con una tecnología sencilla pero mejorada, podrían constituir una respuesta igual o mejor que la de aumentar el área sembrada para incrementar la producción.

Como consecuencia de este enfoque, últimamente se está dedicando más atención que antes a la investigación en yuca, incluyendo entre otros aspectos la colección nacional y la introducción de germoplasma promisorio. Por lo general, las variedades nuevas constan inicialmente de muy pocas plantas, lo que pone de manifiesto la necesidad de multiplicarlas rápidamente mediante técnicas sencillas y eficientes, que permitan obtener en corto tiempo suficiente cantidad de ellas para efectuar las investigaciones y también para proporcionarlas a los agricultores.

## **La Propagación Rápida en Panamá**

Para aumentar las tasas de multiplicación vegetativa de la yuca, el CIAT desarrolló un método (Cock et al., 1982) mediante estacas caulinares y retoños y modificó otro, por esquejes de una hoja, con los resultados que se resumen en el Cuadro 1. En Panamá se está usando más el método de esquejes de una hoja y una yema, por considerarlo más eficiente y más ágil (Cuadro 2); sin embargo, en el presente trabajo se describirán las dos técnicas propuestas por el CIAT, con algunas modificaciones ligeras que se hicieron de acuerdo con la ubicación y las condiciones climáticas de la región en donde se está investigando en yuca en el país.

Los materiales se reciben del CIAT previamente evaluados y seleccionados en un ecosistema similar al panameño; al llegar a Panamá se someten a estrictas técnicas de cuarentena para disminuir el riesgo de introducir con ellos plagas o enfermedades, y sólo después de 3-4 meses se inicia su propagación.

La región de Río Hato, donde se efectúan los trabajos, está ubicada a 8° 20' de latitud norte y a 80° 10' de longitud oeste, a

Cuadro 1. Comparación entre tres métodos de multiplicación vegetativa de la yuca.

Método	Edad de planta (meses)	Propágulos por planta madre (no.)	Tallos por propágulo (no.)	Formación de raíces (semanas)	Trasplante al campo (semanas)	Plantas madres de 4 meses (no.)	Plantas maduras por planta madre (no./año)	Estacas <sup>a</sup> por planta madre (no./año)
Tradicional	8-12	10-20 <sup>a</sup>	2-3 cada/año	—	—	—	20	200-400
Estacas caulinares de dos yemas	8-12	100-150	8 en 4 meses dependiendo de la variedad	2-3	4-6	—	800-1200	8,000-24,000
Esquejes de una hoja y una yema	3-4	100-150	1 cada 2 semanas	1-2	3	100-150	10,000-15,000	100,000-300,000

a. Estacas de 20-25 cm.

FUENTE: Cock et al., 1982.

Cuadro 2. Resultados de la propagación acelerada de yuca por medio de esquejes de una hoja y una yema, con clones introducidos del CIAT, en dos repeticiones (I y II). Río Hato, Panamá, 1984.

Clon	Esquejes por planta (no.)	Días para enraizar <sup>a</sup>		Esquejes enraizados <sup>b</sup>	
		Rept. I (no.)	Rept. II (no.)	Rept. I (%)	Rept. II (%)
Dayana	130	12	16	95	97
CM 955-2	110	12	16	98	96
CMC 40	99	12	16	85	89
CM 91-3	98	12	16	90	86
MBRA 12	130	16	14	89	95
MCOL 1894	112	16	14	78	74
HMC-2	98	16	14	84	86
CM 523-7	145	15	13	97	97
CM 430-37	152	15	13	32	30
CM 681-2	120	14	16	98	98
MVEN 77	99	14	16	95	99
MCOL 22	151	13	13	96	98
Nacional	115	14	13	93	95
Promedios	120	14	15	87	88

a. Días hasta obtener raíces de 1 cm en las repeticiones (Rept.) I y II.

b. Porcentaje obtenido en dos repeticiones (Rept.) con respecto a los totales de esquejes de cada variedad puestos a enraizar.

una altura de 8 m.s.n.m.; la humedad relativa promedio es 71% y la temperatura fluctúa entre 28 y 35 °C, con una media de 33 °C. Tiene una estación de sequía prolongada (5-6 meses) y una precipitación pluvial mal distribuida, con un promedio anual de 800 mm; los suelos son infértiles y ácidos, con un pH de 4.5-5.0.

## Método de Estacas Caulinares o Retoños

Creado y desarrollado en el CIAT, este método permite producir al cabo de un año 12,000 a 24,000 estacas de 20-25 cm aptas para la siembra comercial. Consiste básicamente en inducir la producción de retoños en estacas pequeñas, de dos yemas, y enraizarlos; para esto es esencial contar con instalaciones sencillas, como son una cámara de propagación y una cámara de enraizamiento, además de los materiales necesarios según las diferentes etapas del proceso. Las etapas de manejo son:

1. Preparación de la cámara de propagación. Esta se construye con muros de concreto y con una base rectangular de 2.40 m x 1.20 m; está rodeada de una canaleta angosta cuya finalidad es mantener, durante la propagación, agua que al evaporarse proporcione una humedad alta dentro de la cámara. El techo se construye en forma de caballete de unos 0.50 m de altura, con marcos de madera o aluminio y la cubierta de plástico transparente; esta cubierta se debe remplazar por tela de malla en regiones o en épocas del año con temperaturas y humedad relativa muy altas, para reducir la incidencia de la radiación solar y la temperatura interna.

En la base de la cámara se coloca una capa de grava gruesa de unos 10 cm de espesor para proporcionar buen drenaje. Sobre la grava se colocan unos 20 cm de un sustrato de arena + suelo y también algún nutrimento si la fertilidad es baja; su pH debe ser aproximadamente 6.

El sustrato debe esterilizarse dentro de la cámara con bromuro de metilo a razón de 680 g/m<sup>3</sup>, o con formol al 10% aplicando 10 lt por cámara; en ambos casos ésta se cubre con plástico durante cinco días, transcurridos los cuales se destapa y se esperan cinco días más para sembrar. El bromuro de metilo es un producto altamente tóxico y debe manejarse con mucha prudencia.

La desinfección también se puede hacer con vapor de agua a 80 °C, durante dos horas por metro cúbico de sustrato.

2. Preparación de las estacas. Se deben seleccionar plantas sanas y vigorosas, de por lo menos 8 meses de edad (en el trópico). De los mejores tallos se cortan estacas de dos yemas (100-150), con una sierra; ésta se debe desinfestar, antes de cada corte, con hipoclorito de sodio, permanganato de potasio, formol o alcohol. Para tratar las estacas se sumergen durante 5 min en un fungicida a razón de 6000 ppm de i.a., o en una mezcla de fungicidas usando 3000 ppm de i.a. de cada producto; en ambos casos se puede adicionar un insecticida a razón de 1000 ppm de i.a.

3. **Siembra de las estacas en la cámara de propagación.** La estaca se coloca en forma horizontal, ligeramente cubierta y de tal manera que la menor distancia entre las dos yemas quede hacia arriba. El sustrato se debe mojar a capacidad de campo, y la canaleta de la cámara debe permanecer llena de agua; luego se coloca el techo plástico. Este techo, junto con las canaletas llenas de agua, proporcionan una temperatura y humedad relativa altas dentro de la cámara.

Es necesario hacer modificaciones en la cámara según la localidad o época del año, cuando la temperatura sea muy alta o muy baja.

4. **Obtención de los brotes.** Dependiendo del vigor de la variedad, a las 2-3 semanas de sembradas las estacas empiezan a producir gran número de retoños, los cuales están listos para la cosecha cuando alcanzan 5-15 cm; entonces se retiran de la estaca por medio de una cuchilla de filo previamente desinfectada con cualquiera de los productos indicados anteriormente; se debe dejar 1 cm del tallito del retoño adherido a la estaca. Para estimular el enraizamiento de cada retoño se debe hacer un corte debajo de una yema, y para evitar su marchitamiento se le deben cortar las hojas laterales, dejando sólo el brote con sus hojitas apicales.

Las estacas producen brotes hasta cuando se terminan sus reservas. En general, durante los 4 meses posteriores a la siembra se pueden obtener de 8-10 brotes, pero la frecuencia en la producción está determinada por el vigor de la estaca, la variedad y la temperatura; las estacas gruesas producen más retoños que las delgadas, y la producción de brotes se incrementa a medida que aumenta la temperatura.

Inmediatamente después del corte, los brotes se deben colocar en frascos de boca ancha o en vasos de precipitados (beakers) que contengan agua hervida fría, para detener la salida de látex, la contaminación por patógenos del aire o la oxidación; este proceso es muy importante para el éxito de la operación. Una vez detenida la emanación de látex, los brotes se transfieren a otros vasos semejantes pero de mayor capacidad



(500 ml) también con agua hervida fría, para dejarlos allí, en la cámara de enraizamiento.

5. **Enraizamiento.** Para este propósito se colocan los frascos con los retoños en la cámara de enraizamiento, la cual consta de una mesa rectangular de superficie blanca y una tapa o cubierta con paredes o puertas y techo de plástico; el techo de la tapa debe quedar a 1.5 m de altura sobre la superficie de la mesa para evitar un incremento excesivo de la temperatura interna; una de las paredes debe ser plegable para que sirva como puerta. En zonas donde la temperatura es muy alta la cámara se debe colocar bajo alguna estructura que evite el exceso de radiación solar.

La etapa de enraizamiento concluye a los 15-18 días, cuando las raíces tienen más o menos 1 cm; entonces se debe efectuar el trasplante. No se debe permitir demasiado desarrollo de las raíces porque eso dificultaría el establecimiento posterior de los brotes.

6. **Siembra en el campo.** Los brotes se deben enterrar hasta el cuello para obtener un aprovechamiento máximo de la humedad.

## **Método de Esquejes de una Hoja y una Yema**

Este método fue creado por Chant y Marden (1958) y modificado simultáneamente en 1972 por Kloppenburg y sus colaboradores en el departamento de cultivos tropicales de la Universidad de Wageningen (Holanda), y por Sykes y Harney en la Universidad de Guelph (Canadá). En 1979 Pateña y sus colaboradores en el Instituto de Mejoramiento de Plantas de la Universidad de Filipinas, en Los Baños, lo mejoraron y posteriormente Roca y sus colaboradores, en el CIAT, lo ensayaron y simplificaron en un proyecto conjunto con los filipinos, haciéndolo más barato y eficiente. Mediante él, se pueden obtener de una planta 200,000 a 300,000 estacas de 20-30 cm, en un año.

En Panamá este método se está aplicando con magníficos resultados en la propagación de materiales introducidos

(Cuadro 3); se le han hecho algunas modificaciones ligeras de acuerdo con las condiciones climáticas y de ubicación del país, las cuales se describen más adelante. Comprende las siguientes fases:

Cuadro 3. Resultados de la propagación acelerada de yuca por el método de esquejes de una hoja y una yema, obtenidos en Río Hato (Panamá) en 1984.

Clones <sup>a</sup>	Promedio de esquejes por planta (no.) <sup>b</sup>	Tiempo para enraizar (días)	Esquejes enraizados (%) <sup>c</sup>
Dayana	130	14	96
CM 955-2	110	14	97
CM 40	99	14	87
CM 91-3	98	14	88
MBRA 12	130	15	92
MCOL 1894	112	15	76
HMC-2	98	15	85
CMC 523-7	145	14	97
CM 430-37	152	14	31
CM 681-2	120	15	98
MVEN 77	99	15	97
MCOL 22	151	13	97
Nacional	115	14	94
Promedios	120	14.3	87.3

a. Clones introducidos del CIAT.

b. Se usaron 100 esquejes por clon y por repetición.

c. Promedios de dos repeticiones.

1. Preparación de la cámara de enraizamiento. Esta es básicamente una mesa rectangular de 2 m de largo x 1 m de ancho y 0.70 m de altura, con superficie de metal o asbesto de buen espesor para evitar que se rompa. Sobre ella va colocada una estructura de aluminio o hierro de 2 m de largo x 1 m de ancho y 1 m de altura, que termina en dos aguas; la cobertura plástica tiene los dos lados más grandes plegables para facilitar el manejo de los esquejes y controlar la temperatura y la humedad relativa internas.

Sobre la superficie de la mesa se colocan 12 bandejas para las estacas; estas bandejas son de asbesto o de plástico y tienen

50 cm de largo, 34 de ancho, 10 de altura y suficientes perforaciones para permitir un buen drenaje. En las bandejas se deposita un sustrato de arena esterilizada con bromuro de metilo, formol al 10%, o vapor de agua; en el caso de Panamá se aplica agua caliente; cada bandeja tiene capacidad para 50 esquejes aproximadamente, lo que arrojaría un total de 600 por cámara.

A una altura de 20 cm sobre la superficie de la mesa, se instalan unos alambres en sentido trasversal con respecto a la cámara, separados 5 cm entre sí; estos alambres sirven posteriormente como sostén de los esquejes.

A media altura de la cámara se colocan dos nebulizadores muy pequeños, esto es, de 50 lt de agua por hora, o menos si es posible. En Panamá se utilizan cuatro nebulizadores con una capacidad de aproximadamente 10.8 lt/hora para un total de 43.2 lt/hora, por cámara; este caudal tan bajo se debe a que se obtiene por medio de una bomba manual accionada por un hombre.

2. Obtención de los esquejes. Se seleccionan en el campo plantas sanas y vigorosas de 3-4 meses de edad, y se toman de ellas las mejores hojas desarrolladas, usando una navaja de buen filo y desinfectada; para el efecto se hacen escisiones debajo de la base de los pecíolos, procurando que cada corte salga con una yema con tejido nodal, el pecíolo y la lámina foliar.

Enseguida, usando unas tijeras desinfectadas, se corta en forma de roseta la lámina foliar hasta menos de la mitad, con el fin de reducir la traspiración y evitar el marchitamiento prematuro del folíolo; los esquejes así preparados se colocan inmediatamente en un recipiente (balde o platón) con agua hervida fría para impedir la salida de látex.

De cada planta bien desarrollada se pueden obtener de 100-150 esquejes, dependiendo del tipo de ramificación de la variedad.

3. Colocación y manejo de los esquejes en la cámara de enraizamiento. En el sustrato de las bandejas se hacen surcos

pequeños, y en ellos se van colocando los esquejes de tal manera que queden en buen contacto con el sustrato y se apoyen en forma inclinada sobre el tendido de alambre.

Durante el período de enraizamiento, la humedad relativa y la temperatura son dos factores importantes que se pueden manejar en la cámara controlando la abertura de los lados plegables de la cubierta; en el CIAT y en Panamá los lados se mantienen a unos 30 cm sobre la superficie de la mesa. También es imprescindible una nebulización constante durante las horas más calurosas, o sea entre las 8 am y 4 pm, en Río Hato, Panamá; así se puede disponer de una temperatura de 35 °C en el día y de 22 °C en la noche.

En Panamá las cámaras de enraizamiento se colocan bajo la casa de malla, la cual reduce la luz solar en un 40%; ya que en el sitio donde se está llevando a cabo la propagación rápida no hay suministro de agua, la aspersion se realiza por medio de una bomba manual, accionada constantemente por un hombre (y su relevo).

4. Obtención de planticas. Según sean la variedad y el vigor de los esquejes iniciales, a los 4-6 días en el CIAT o a los 6-10 días en Panamá empiezan la emisión de pequeñas raíces y el desarrollo de la yema; al cabo de 10-16 días se produce una yema desarrollada con raíces de más o menos 1 cm, hecho que casi siempre coincide con el desprendimiento del pecíolo. Ese es el momento de pasar los esquejes al invernadero, en potes de cartón, de polietileno (bolsas) o de otro material apto para el trasplante.

Las yemas enraizadas se dejan en el invernadero durante 8-10 días para su aclimatación y endurecimiento; entonces se pasan al campo donde después de 4 meses, según sean la variedad y las condiciones de crecimiento, se convierten en 100 a 150 plantas madres que producen como mínimo 100 esquejes. Así, al final de un año se pueden obtener 200,000 a 300,000 estacas de 20-25 cm, a partir de una sola planta.

## **Referencias**

- Chant, S. R. y Marden, J. A. 1958. A method for the rapid propagation of cassava cuttings. *Tropical Agriculture* 35(3):195-199.
- Cock, J. H.; Toro M., J. C. y Roca, W. M. 1982. Multiplicación acelerada de material genético promisorio de yuca. Guía de Estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 28 p.
- Kloppenburg, T. G. A.; Sibie, D. y Brujin, G. H. de 1972. Rooting of leaves of cassava (*Manihot esculenta*). *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 5:38-39.
- Pateña, L. F.; Barba, R. C. y Estrella, J. B. 1979. New rapid methods of cassava propagation by leaf-bud and stem cuttings. Institute of Plant Breeding, University of the Philippines, Los Baños, Filipinas. 15 p.
- Roca, W. M.; Rodríguez, A.; Pateña, L. F.; Barba, R. C. y Toro M., J. C. 1980. Mejoramiento de una técnica de propagación para la yuca que utiliza esquejes con una sola hoja y yema; informe preliminar. *Yuca Boletín Informativo* 8:4-5.
- Sykes, J. T. y Harney, P. M. 1972. Rapid clonal multiplication of manioc from shoot and leaf-bud cuttings. *Journal of the Royal Horticultural Society* 97(12):530-534.



# INFORMACION EN REDES INTERNACIONALES; VENTAJAS DE SU CENTRALIZACION

*María Cristina Amézquita\**

## Introducción

La sección de Biometría de la Unidad de Servicio de Datos del CIAT ha tenido bajo su responsabilidad, durante los últimos 10 años, el procesamiento y el análisis estadístico de los datos generados por las distintas redes internacionales de evaluación de germoplasma en las cuales este centro participa como miembro activo. Asimismo, mediante una estrecha colaboración con los investigadores agrícolas de las distintas redes, la sección ha contribuido a diseminar la información producida entre las instituciones nacionales participantes.

Las redes internacionales que han recibido apoyo de la sección de Biometría son las que se indican a continuación junto con su cubrimiento y actividades principales:

1. Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN):
  - 10 años de resultados (1976-1986)
  - 62 países de cubrimiento, alrededor del mundo
  - 13 tipos de viveros, determinados según el tipo y el color del grano y según el área de adaptación
  - 1000 ensayos analizados, aproximadamente
  - 600 variedades probadas.

---

\* Jefe sección de Biometría, Unidad de Servicio de Datos, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

2. Programa Internacional de Prueba de Variedades de Arroz (IRTP):
  - 9 años de resultados (1977-1986)
  - 24 países de cubrimiento en América Latina y el Caribe
  - 10 tipos de viveros determinados por las condiciones fisiológicas y de adaptación del arroz
  - 600 ensayos analizados, aproximadamente
  - 1500 líneas probadas.
3. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT):
  - 8 años de resultados (1978-1986)
  - 17 países de cubrimiento en América tropical
  - 4 tipos de pruebas, según se trate de evaluaciones agronómicas o de evaluaciones bajo pastoreo
  - 212 ensayos analizados
  - 500 ecotipos probados, entre gramíneas y leguminosas forrajeras.
4. Red Internacional de Evaluación de Resistencia de Variedades de Frijol a la Roya (IBRN), con 10 años de existencia (1975-1985) y cubrimiento a nivel mundial.
5. Prueba Internacional de Resistencia de Variedades de Frijol a la Mancha Angular (BALSIT), con cinco años de existencia y cubrimiento mundial.
- 6 Red de evaluación de la respuesta de Leguminosas Forrajeras al Rizobio, con cubrimiento en América tropical.

En el presente documento se discuten brevemente algunas consideraciones y etapas que tienen lugar en los procesos de obtención, procesamiento y análisis de datos, y de diseminación y utilización posterior de los resultados del análisis, bajo un sistema centralizado de la información de una red. Se busca presentar la experiencia del CIAT como una base para el estudio de las ventajas y desventajas de dicha centralización.



## **Objetivo, Características y Tipos de las Redes**

El objetivo central de una red de evaluación de germoplasma es brindar a sus miembros—las instituciones participantes—apoyo recíproco en dos aspectos fundamentales:

1. Oferta de nuevas alternativas de germoplasma, entre las cuales cada región pueda identificar los materiales que le ayuden a solucionar sus problemas de producción.
2. Posibilidad de hacer extrapolación certera del comportamiento de materiales que se han mostrado promisorios en ciertos puntos de la red, a otros ambientes con características similares. Esto último se logra únicamente compartiendo la información generada por la red.

En general, una red de investigación se caracteriza por ser:

- De naturaleza multi-institucional, para maximizar el alcance de sus beneficios.
- Multilocacional, para permitir la extrapolación de resultados a otros ambientes similares.
- De participación voluntaria por parte de sus miembros, quienes comparten los intereses comunes de la red y disfrutan de sus beneficios.
- De decisión compartida, porque tanto la administración como las opciones de germoplasma, la escogencia de ambientes y el tipo de información que la red produzca se deben hacer por decisión compartida de todas las instituciones participantes.
- De resultados compartidos, lo cual permite a los miembros de la red un permanente análisis del estado de avance y de los logros alcanzados; además les brinda una base sólida de información de amplio cubrimiento para la toma de sus decisiones.

Según sean el cubrimiento de las redes y la homogeneidad o heterogeneidad del diseño experimental aplicado, se pueden considerar varios tipos de ellas, así:

**Subredes.** Son las que se originan dentro de una red, al subdividir el ámbito de cubrimiento de la misma en continentes, regiones geográficas, países, ecosistemas o tipos de germoplasma.

**Redes uniformes.** En éstas la evaluación del germoplasma se realiza según un diseño experimental idéntico para todas las localidades; es idéntico por cuanto evalúan:

- el mismo germoplasma
- con iguales prácticas agronómicas y de manejo
- bajo épocas de evaluación uniformes
- mediante el uso de variables de respuesta iguales en todas las localidades.

Estas condiciones implican que en las redes uniformes es posible realizar un análisis por localidad bajo el mismo modelo para todas las localidades, y además es posible cualquier tipo de análisis multilocacional.

**Redes heterogéneas.** Son las que exigen el empleo de diferentes diseños experimentales por localidad, porque:

- El germoplasma evaluado varía de localidad a localidad, como ocurre en el caso de ensayos de yuca con semilla  $F_1$ .
- Hay una exigencia de prácticas agronómicas diferentes según el ambiente; tal es el caso de los ensayos de evaluación de pasturas bajo pastoreo, en los cuales la carga animal óptima (no. de animales/ha) varía según el ecosistema y según el tipo de pastura bajo evaluación.
- Las fechas de evaluación son diferentes según el ambiente específico; esto ocurre, por ejemplo, en el caso de ciclos estacionales marcadamente diferentes, los cuales influyen en las decisiones de cuándo evaluar el material.
- Las variables de respuesta se miden con diferente grado de confiabilidad según la localidad; por ejemplo, cuando se hacen evaluaciones sobre la reacción a enfermedades en ambientes con diferencias marcadas en cuanto al nivel de presión de la enfermedad, los resultados que se obtienen son menos confiables en los ambientes que presentan baja presión.

Las condiciones mencionadas implican que en las redes heterogéneas el análisis por localidad debe responder a las necesidades específicas de cada ambiente que, por lo tanto, debe ser diferente para cada localidad. Por otra parte, un análisis multilocacional en este caso sólo es factible cuando las variables de respuesta se expresan con referencia a testigos comunes o al mejor testigo local, o también con referencia a los progenitores cuando se evalúan generaciones tempranas, siempre y cuando tales progenitores hayan sido incluidos como testigos en todas las localidades de la red.

## **Obtención, Análisis y Utilización de la Información de una Red**

### **Obtención de los datos**

Bajo un esquema centralizado en cuanto al manejo de la información de una red, las decisiones referentes a la obtención primaria de los datos deben ser compartidas por todos los miembros de la misma, o por un grupo de especialistas designados por ella según el tipo de datos de que se trate. Así, hay dos tipos de decisiones que la red debe abordar en esta fase de obtención primaria de datos:

1. Decisiones compartidas por todos los miembros de la red:
  - Identificación de los problemas limitativos que la red desea resolver.
  - Identificación del germoplasma para distribuir y de los testigos que se van a emplear.
  - Criterios para la evaluación del germoplasma.
2. Decisiones bajo la responsabilidad de especialistas en la red:
  - Estándares para la toma de datos relacionados con las distintas disciplinas (datos agronómicos, climáticos, entomológicos, patológicos, etc.).
  - Formatos para la presentación de los datos.
  - Metodología para el análisis de los datos generados.

El consenso en la toma de estas decisiones, vitales para la red, es la primera condición para permitir luego la extrapolación de los resultados, pues garantiza **datos importantes** con relación al problema limitativo, **confiables** por cuanto se obtienen con técnicas de medición confiables, **comparables** entre localidades, representativos de los ambientes y con **referencia a testigos**.

### **Procesamiento y análisis de la información de redes**

La Figura 1 ilustra las etapas necesarias para transformar los datos generados por una red en información procesada para poder luego entregarla a los miembros de la misma, de tal manera que puedan utilizarla en la toma de decisiones, ya sea de carácter técnico o estratégico.

Inicialmente, los datos se someten a un proceso de depuración de carácter sintáctico y biológico. Luego se efectúan análisis individuales por localidad para responder a las necesidades específicas de cada ambiente particular. Utilizando un conjunto de localidades seleccionadas según criterios que obedecen a los distintos objetivos del análisis, se realizan los análisis multilocacionales para una región, país o ecosistema de interés.

Tanto los resultados de los análisis individuales como los correspondientes a los análisis multilocacionales se envían a los miembros de la red, a la vez que se incluyen en la Base de Datos de la misma; esta base de datos es un archivo computarizado de la información producida por la red que se considera útil para la posterior toma de decisiones por parte de las instituciones participantes.

La metodología del análisis de datos debe tener las siguientes características: a) ser **objetiva**, o sea que debe proveer una evidencia real para sustentar las hipótesis planteadas; b) ser **realista**, esto es, que proporcione resultados prácticos, útiles, y de importancia para el problema limitativo que la red busca resolver; y c) permitir la realización de un análisis de datos **oportuno**.

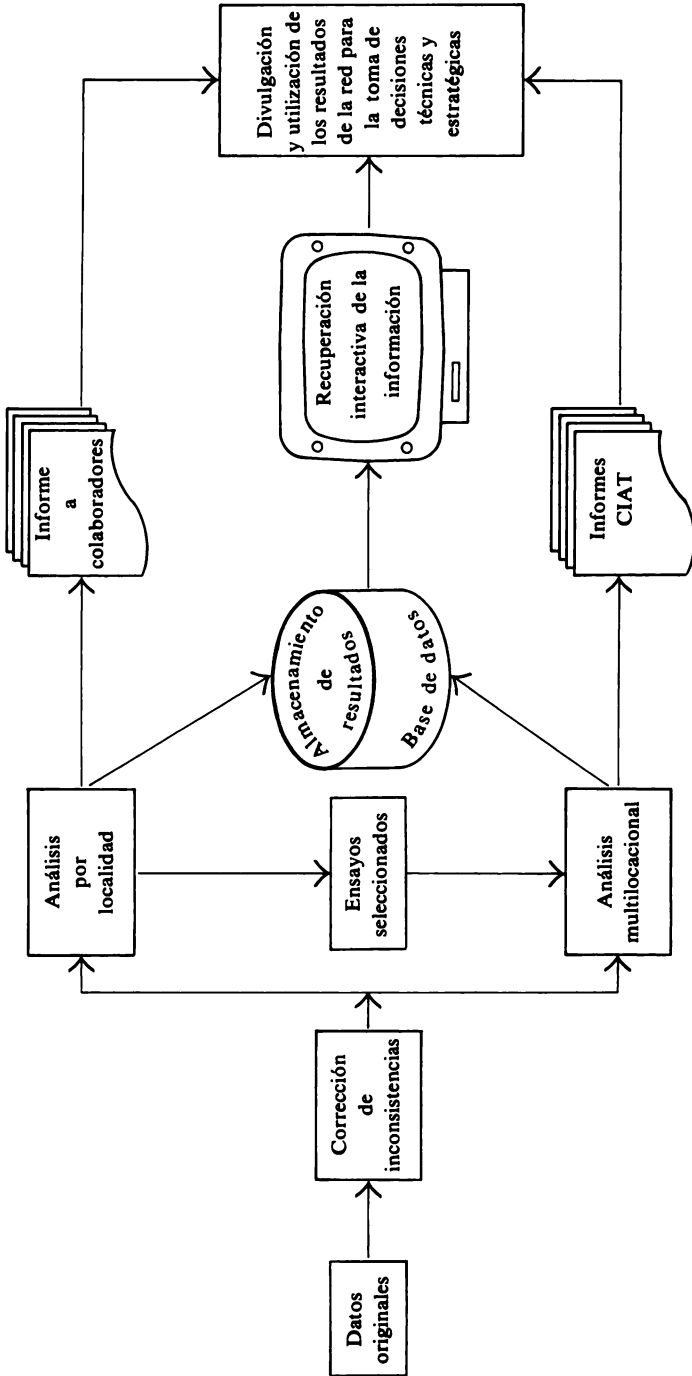


Figura 1. Etapas en el procesamiento y análisis de datos de redes.

## **Divulgación y utilización de la información de una red**

Los resultados obtenidos del análisis de los datos de una red internacional de evaluación de germoplasma constituyen un banco de información valioso para la toma de decisiones técnicas y estratégicas por parte de las instituciones participantes; es fundamental que los miembros de la red sean conscientes de su beneficio potencial.

La divulgación de los resultados a los miembros de la red cubre tradicionalmente el aspecto del análisis por localidad y algún tipo de análisis multilocacional. Hay, sin embargo, muchas otras opciones para la utilización de ese recurso, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes, a manera de ejemplos:

1. Estudios del rango de adaptación de germoplasma por región, país o ecosistema, para un material o grupo dado de materiales.
2. Clasificación de ambientes de acuerdo con parámetros de respuesta de la planta, con el fin de obtener una definición más fina de subecosistemas dentro de los ecosistemas mayores.
3. Identificación de sitios de alta representatividad de áreas de interés para una institución, un país, una región o un ecosistema dado, a base de datos de suelo y de comportamiento agronómico.

Estos ejemplos ilustran formas de utilizar eficientemente la información obtenida por una red para responder preguntas importantes del investigador o del administrador de investigación de una institución de investigación agrícola.

Hay que tener presente que la información de una red es un recurso valioso que pertenece a todas las instituciones miembros y posteriormente a la comunidad mundial de investigadores y extensionistas agrícolas.

# **OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LA EJECUCION DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA EN AMERICA LATINA\***

## **Ambiente Socioeconómico**

Los estudios sobre el tema adelantados recientemente demuestran que existe una demanda creciente para la yuca en diversos mercados de América Latina. Sin embargo, para incentivar el desarrollo de nuevos mercados no es suficiente aumentar la producción; en muchos casos se necesitan tecnologías que permitan reducir los costos del producto.

Es necesario desarrollar simultáneamente métodos e infraestructuras para el procesamiento y el mercadeo de la yuca, agilizando este proceso por medio de proyectos integrados; éstos deben estar basados en el desarrollo de mercados que se hayan identificado como promisorios. Por ser la yuca un cultivo de las clases menos favorecidas, el desarrollo de tales proyectos puede ser un mecanismo útil para dirigir las ventajas de la nueva tecnología hacia el sector que más necesita de nuevas fuentes de ingreso y de una forma barata de calorías.

## **Los Recursos Genéticos**

Una variabilidad genética apropiada es clave para el fitomejorador. En el caso de la yuca se dispone de varias

---

\* Versión elaborada por C. H. Hershey, fitomejorador del Programa de Yuca del CIAT, de las observaciones y recomendaciones de los participantes en el Taller de Intercambio de Germoplasma, Cuarentena y Mejoramiento de Yuca y Batata efectuado en el CIAT del 8 al 12 de junio de 1987.

colecciones nacionales e internacionales establecidas en los últimos 15 años, y existen todavía muchas áreas cuyo germoplasma no ha sido adecuadamente recolectado; por otra parte, sólo en forma muy limitada las variedades tradicionales de yuca han sido desplazadas por variedades nuevas, lo que hace pensar que hasta ahora la erosión genética no ha sido grave en esta especie. Existe, por lo tanto, una gran oportunidad para recolectar y mantener el germoplasma de yuca en forma segura, antes de que esa erosión sea más grave; el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) en Brasil tiene planes para adelantar la recolección hasta 1989.

La colección de yuca debe incluir no sólo especies cultivadas sino también especies silvestres. Es verdad que *Manihot esculenta* presenta una diversidad genética muy amplia, y que ella se debe explotar mejor antes de buscar genes en las especies silvestres; sin embargo, la recolección, conservación y caracterización de estas últimas es crítica, ya que hay relativamente poca información respecto a la contribución potencial que ellas pueden hacer al mejoramiento de la yuca.

La transferencia de genes de *M. glaziovii* para resistencia al mosaico africano es el principal éxito alcanzado hasta ahora en cuanto a la utilización de especies silvestres; los métodos de propagación de estas especies deben constituir un área importante de investigación inmediata, y el CENARGEN y el CIAT están iniciando estas investigaciones.

## Estudios Genéticos y Métodos de Mejoramiento

En el caso de la yuca sólo se dispone de una base limitada de conocimientos sobre la genética y la citogenética de la planta.

Aunque en la yuca se pueden aplicar diseños clásicos para estimar los parámetros genéticos, existen pocos estudios al respecto debido, entre otros factores, a la dificultad para realizar cruces entre ciertos clones que no coinciden en la floración, y a que las cantidades de semilla que se obtienen de los cruzamientos son muy pequeñas. En este aspecto es necesario que se efectúen



estudios fisiológicos encaminados a controlar la iniciación de la floración en la yuca.

Puesto que tanto el ambiente como las características del germoplasma utilizado afectan las estimaciones de los parámetros genéticos, es necesario disponer de cierta 'masa crítica' de datos de diferentes regiones y con diverso germoplasma para poder hacer generalizaciones al respecto. Según las estimaciones de la heredabilidad, en general ésta es baja para el rendimiento de raíces, y más alta para el índice de cosecha, las características morfológicas y la materia seca de las raíces.

El método de mejoramiento más común en el caso de la yuca es la selección entre las progenies de clones identificados como superiores; sin embargo, teóricamente se pueden aplicar muchos métodos diferentes, entre los cuales se destacan como más promisorios algunos de selección recurrente. La autopolinización y la selección dentro y entre progenies  $S_1$  es un área que requiere más investigación.

## **Descripción y Subdivisión de las Areas Objetivo**

Como la yuca generalmente se siembra en áreas marginales, y con pocos insumos, es normal que en cualquier región el fitomejorador encuentre una gran variación ambiental; por lo tanto, es necesario clasificar el ambiente para que los objetivos de mejoramiento se puedan orientar en forma apropiada.

Para la clasificación de ambientes existen varios métodos, pero cualquier clasificación que se haga debe ser comprobada con ensayos de adaptación de variedades. La agrupación de regiones similares con miras a la subdivisión de objetivos en el trabajo de mejoramiento se puede hacer, de igual manera, utilizando la información existente sobre la interacción genotipo-ambiente. El estudio de la adaptación de variedades locales es un complemento crítico para ayudar en el análisis.

## **Criterios de Selección**

La condición básica para la selección de materiales es la adaptación general de los mismos al ambiente o al agroecosistema. Al respecto, se consideró de suma importancia determinar las características y los problemas del sistema de producción del agricultor, así como conocer las variedades locales.

Las variedades locales han sido seleccionadas generalmente durante largos períodos por su adaptación al agroecosistema. El fitomejorador debe enfocar su trabajo hacia la corrección de las deficiencias de estas variedades, aprovechando sus características positivas. La introducción de variedades con características distintas sería más necesaria en el caso de que se presenten cambios dramáticos en las prácticas culturales, o cuando se inicie una nueva área de producción, o cuando haya cambios en los requerimientos del mercado.

Los estudios fisiológicos han dado una base para la selección de características morfológicas y tienen potencial para mejorar la eficiencia de los procesos fisiológicos básicos de la planta; así, la utilización de los índices de área foliar (IAF) y de cosecha (IC) como criterios de selección para rendimiento tiene una base teórica sólida. Sin embargo, la selección se debe hacer para un óptimo y no para un máximo. Una forma de mejorar el potencial de rendimiento sería aumentando la longevidad de las hojas; para condiciones de estrés es deseable que el material tenga un IAF un poco alto, para prevenir disminuciones muy drásticas en el rendimiento en el caso de que se presente una disminución en dicho índice.

El reciente descubrimiento de que la yuca tiene una fotosíntesis intermedia  $C_3$ - $C_4$  abre nuevas posibilidades para mejorar la eficiencia fotosintética del cultivo.

El manejo de plagas y enfermedades es básico para mantener los rendimientos altos y estables. Dentro de un esquema de control integrado existen varios métodos posibles, de los cuales la resistencia varietal es clave en muchos casos. Se hizo énfasis en

que la resistencia parcial, aunque puede no ser adecuada cuando funciona sola, en combinación con otros métodos resulta en muchos casos suficiente para mantener las poblaciones de plagas o patógenos por debajo de los niveles críticos.

En los últimos años ha surgido la necesidad de conocer más a fondo los factores de calidad de la yuca para diferentes mercados, y la influencia que sobre tales factores ejercen la genética y el medio ambiente. Existen métodos sencillos y rápidos para evaluar algunos de ellos (por ej., el nivel de cianuro en las raíces y el porcentaje de materia seca), pero para muchos otros factores se desconocen las bases bioquímicas de la variación existente. Sólo investigando tales relaciones se pueden desarrollar metodologías de selección prácticas para el fitomejorador.

## **La Biotecnología como Herramienta en el Fitomejoramiento**

La biotecnología es un conjunto de tecnologías accesorias que se pueden usar como herramienta en el mejoramiento genético. En el caso de la yuca, es posible aplicar algunas de tales técnicas sin conocimientos muy profundos sobre la fisiología o la bioquímica de la planta, pero otras son de aplicación futura ya que requieren estudios básicos.

Entre las técnicas biotecnológicas de más inmediata aplicación están los métodos de conservación, intercambio y caracterización de germoplasma, que actualmente utilizan varios programas. Entre las posibilidades futuras a largo plazo está la aplicación de la ingeniería genética para eliminar el HCN de materiales que lo tengan y para incorporar en otros materiales deseables genes para la producción de toxinas que confieran resistencia contra insectos. La producción de haploides puede servir para identificar y manipular los genes necesarios, y en el futuro se puede utilizar para producir semilla híbrida.

En conclusión, la biotecnología ofrece alternativas para la creación de variabilidad y para la selección, pero tales

alternativas no remplazan los métodos tradicionales sino que los complementan.

## **De los Campos de Investigación a los Agricultores**

El objetivo final de todo programa de fitomejoramiento es que los resultados positivos sean usados por los agricultores en los campos. En general, en el caso de la yuca este objetivo aún no se ha alcanzado a gran escala debido a una gama de factores, y en consecuencia es necesario escoger los mejores entre los métodos existentes para asegurar el desarrollo de variedades aceptables por los agricultores, y para la multiplicación y distribución de las mismas.

En el caso de la yuca no funcionan bien los métodos de transferencia que se utilizan en cultivos de altos insumos, debido a las características mismas de ese cultivo y de sus productores. Es necesario, por lo tanto, que desde las primeras etapas de selección de los materiales los fitomejoradores estén ligados a las condiciones y necesidades de los agricultores, y que los trabajos en las estaciones experimentales se limiten cuando sus condiciones no representen las de los agricultores. Los métodos de evaluación en fincas, a la vez que deben estar diseñados para proveer información confiable para la comparación de variedades, deben incluir las prácticas agronómicas normales de la región.

## **Intercambio de Germoplasma de Yuca**

La mayoría de los fitomejoradores considera el intercambio de germoplasma entre regiones o entre países como una actividad básica de mejoramiento; sin embargo, el hecho de que un germoplasma sea introducido no quiere decir que sea mejor que el local. Es necesario, por lo tanto, definir bien los objetivos del intercambio y acompañar las respectivas solicitudes de materiales con información básica sobre clima, suelos, y principales plagas y enfermedades de la región donde ellos se van a sembrar, como mínimo.

En la yuca el intercambio de germoplasma se puede efectuar usando la forma vegetativa o usando semilla botánica; en ambos casos se requiere cierto nivel de capacitación e infraestructura para que la actividad se lleve a cabo con éxito. En general, la forma de intercambio preferida es la semilla botánica, porque permite hacer la selección dentro de un rango mucho más amplio de variabilidad genética.

Hay interés en el intercambio de clones superiores entre países con condiciones similares, y como en la mayoría de los casos no existe infraestructura adecuada para efectuarlo, el CIAT puede servir de intermediario, cuando sea necesario, para facilitar tal intercambio.

Es muy conveniente que los investigadores estén informados sobre los materiales de yuca que reciben los distintos países, para que así tengan la oportunidad de comparar el comportamiento de variedades determinadas en diferentes regiones. De acuerdo con esta idea, el CIAT distribuirá periódicamente entre los investigadores nacionales el listado de los envíos que hace a los programas de los países.

## **Necesidades de Capacitación**

La necesidad de capacitación en cuanto al cultivo de yuca en general, y específicamente en el área de mejoramiento genético es un hecho evidente, y la formación que tienen los profesores universitarios con respecto a dicho cultivo puede ser clave para un efecto multiplicador. En general, la capacitación tradicional de los investigadores en yuca ha sido por disciplinas y es necesario que se ofrezca entrenamiento en métodos apropiados para validar y transferir la nueva tecnología.

## **Parámetros de Evaluación y Manejo de Datos**

Para que el intercambio de información entre las entidades de investigación, extensión y otras sea más eficiente, es conveniente que en lo posible la forma de evaluación sea similar. Sin

embargo, no se pueden estandarizar criterios de selección debido a diferencias grandes en las condiciones ambientales y en los objetivos de los diferentes programas.

La evaluación de materiales no se debe basar sólo en el rendimiento, sino que para efectuarla se debe considerar todo un rango de datos relacionados con la producción, el procesamiento y el mercadeo en una región dada; los parámetros de evaluación se deben escoger de acuerdo con los objetivos del programa, el germoplasma y la fase de selección. En las fases preliminares la cantidad de datos se debe reducir hasta un nivel que permita hacer una eficiente selección, para no perder tiempo evaluando muchos clones que se van a descartar.

Es importante hacer evaluaciones a nivel de familias en las poblaciones  $F_1$  para identificar progenitores superiores, y tener datos básicos sobre el clima y el suelo en el sitio, como complemento a los datos tomados de las parcelas experimentales.

# **APENDICE. Participantes en el Taller sobre Intercambio de Germoplasma, Cuarentena y Mejoramiento de Yuca y Batata, en CIAT, junio de 1987.\***

## **1. Participantes en Relación con la Yuca**

### **Bolivia**

Juan Lenis Chumacero  
Técnico Raíces y Tubérculos  
IBTA- Chapare

### **Brasil**

Teresa Losada Valle  
Pesquisador Científico II  
IAC

Alvaro Bueno  
Pesquisador Científico  
EMBRAPA/CNPMF

Marcio Carvalho Marques Porto\*\*  
Coordinador Programa de Yuca  
EMBRAPA/CNPMF

Wania María Gonçalves Fukuda  
Investigador  
EMBRAPA/CNPMF

Clara Oliveira Goedert  
Investigador Científico  
EMBRAPA/CENARGEN

Helio Corrêa  
Profesor  
Escola Superior de Agricultura de Lavras

---

\* Las equivalencias de las siglas de las entidades representadas se encuentran en la parte final de este Apéndice.

\*\* Actualmente científico de enlace del CIAT, en el IITA (International Institute of Tropical Agriculture), en Ibadán, Nigeria.

**Almir Dias Alves da Silva**  
Pesquisador  
Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária  
IPA

**Murito Ternes**  
Coordinador Pesquisador Mandioca en Santa Catarina  
EMPASC

**CIAT**

**Fritz Kramer**  
**James H. Cock**  
**Aart van Schoonhoven**  
**Gerardo E. Häbich**  
**Clair Hershey**  
**Raúl Moreno**  
**J. Carlos Lozano**  
**Oswaldo Voysest**  
**Willian Roca**  
**María Cristina Amézquita**  
**Susan Harris**  
**John Lynam**  
**René Chávez**  
**Antony Bellotti**  
**Edward Carey**

**Colombia**

**José Moisés Luna Rondón**  
Coordinador Nacional Programa Yuca y Ñame  
ICA

**Nubia Stella Rodríguez**  
Profesional Sección Yuca  
ICA

**Costa Rica**

**José J. Galindo**  
Fitopatólogo  
CATIE

**Cuba**

**Sergio Rodríguez**  
Departamento de Genética y Protección de Plantas  
INIVIT



## *Apéndice*

### **Ecuador**

Flor María Cárdenas de Mera  
Profesional Agropecuario Investigador  
INIAP

Oswaldo W. Zambrano M.  
Jefe Departamento de Fitopatología  
INIAP

### **México**

Felipe de Jesús Legorreta  
Investigador del Programa de Yuca  
INIFAP

Jesús Acosta Espinosa  
Jefe del Programa de Innovación Tecnológica  
INIFAP-SARH

### **Panamá**

José Antonio Aguilar  
Coordinador del Programa de Raíces y Tubérculos  
IDIAP

Maximino Chávez  
Agrónomo, Investigador en Yuca  
IDIAP

### **República Dominicana**

Miguel Antonio Sosa Vásquez  
Encargado del Programa de Investigaciones Raíces y Tubérculos  
CESDA  
Secretaría de Estado de Agricultura

## **2. Participantes en Relación con la Batata**

### **Argentina**

Adolfo Eduardo Boy  
Director Estación Experimental  
INTA

### **Bolivia**

Ricardo La Fuente Cámara  
Jefe Nacional de Extensión Agrícola  
IBTA

**Brasil**

Félix Humberto Franca  
Coordinador Nacional de Pesquisa de Camote  
EMBRAPA

**CIP**

Oscar A. Hidalgo  
Director Regional (II)  
C/O EMBRAPA-CNPq, Brasil

Oscar Malamud  
Director Regional Latinoamérica Andina  
Bogotá

**Ecuador**

Carlos Nieto  
Jefe del Programa de Cultivos Andinos  
INIAP

**Haití**

Ives Polynice  
Profesor de Ecología Vegetal y de Botánica  
Facultad de Agronomía y de Medicina Veterinaria

**Jamaica**

Raymond Archibold Blake  
Agronomist  
Ministry of Agriculture, Crop Research

**Paraguay**

Milner Fidel Cardozo  
Técnico Programa Batata-Papa  
Servicio de Extensión Agrícola y Ganadera  
Ministerio de Agricultura y Ganadería

**Perú**

José Luis Burga Colan  
Director Adjunto  
Programa Nacional de Papa  
INIPA

**República Dominicana**

Pedro Gabriel Gómez Báez  
Encargado División Raíces y Tubérculos  
Secretaría de Estado de Agricultura

*Apéndice*

**Uruguay**

Francisco Vilaró  
CIAAB-MGAP  
Estación Experimental 'Las Brujas'

**Venezuela**

José Joaquín Marcano  
FONAIAP  
Estación Experimental Yaracuy Km. 3

**3. Instituciones Representadas**

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica)
CENARGEN	Centro Nacional de Recursos Genéticos (de EMBRAPA, Brasil)
CESDA	Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (República Dominicana)
CIAAB	Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boeger (Uruguay)
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical (Colombia)
CIP	Centro Internacional de la Papa (Perú)
CNPB	Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Bahia, Brasil)
CNPMP	Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (de EMBRAPA, Brasil)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPASC	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Brasil)
FONAIAP	Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Venezuela)
IAC	Instituto Agronômico de Campinas (Brasil)
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDIAP	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ecuador)
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (México)
INIPA	Instituto Nacional de Investigaciones y Promoción Agraria (Perú)

<b>INIVIT</b>	<b>Instituto Nacional de Investigaciones en Viandas Tropicales (Cuba)</b>
<b>INTA</b>	<b>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)</b>
<b>IPA</b>	<b>Instituto de Pesquisa Agropecuária (Pernambuco, Brasil)</b>
<b>SARH</b>	<b>Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (México)</b>











**Publicación CIAT No. 82**  
**Programa de Yuca y Unidad de Publicación**

---

**Edición:** Ana Lucía García de Román

**Producción:** Unidad de Artes Gráficas, CIAT  
Julio César Martínez (carátula)

---

ISBN 958-9183-16-6

Digitized by Google