

El CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, es una institución de investigación y capacitación agrícolas, sin ánimo de lucro, dedicada a incrementar la producción de alimentos en las regiones tropicales en desarrollo. El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GICIAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1988 tales donantes son: Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japon, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1988: 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.

ISBN 84-89206-82-1

64350

LA YUCA, Nuevo Potencial para un Cultivo Tradicional

James H. Cock



Centro Internacional de Agricultura Tropical

\

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-82-1
Tirada: 600
Impreso en Colombia
Febrero 1989

Versión autorizada en español de la primera edición en inglés de:
Cassava, new potential for a neglected crop
[ISBN 0-86531-356-3; ISBN 0-8133-0138-6 (IADS solamente)],
1985. Editada por el International Agricultural Development
Service, y publicada por Westview Press, Boulder, Colorado,
USA.

Traducción: J. Carlos Lozano y James H. Cock.

Cock, J. H. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional.
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Co-
lombia. 240 p.

1. Yuca. I. Centro Internacional de Agricultura Tropical. II. Tít.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE FIGURAS	11
PROLOGO A LA VERSION EN INGLES	13
PREFACIO	15
INTRODUCCION	17
Capítulo 1. LA YUCA: CARACTERISTICAS E IMPORTANCIA	19
Producción Mundial	20
Usos de la Yuca	23
Importancia en la Alimentación Humana	26
La Planta de Yuca y su Distribución	29
Descripción botánica	30
Origen y dispersión	31
Adaptación	34
Características especiales	38
Capítulo 2. LA YUCA EN LA ALIMENTACION Y EN LA INDUSTRIA	41
La Yuca en la Alimentación Humana	42
Valor nutricional	42
Toxicidad	44
Propiedades benéficas	46
Procesamiento para alimento humano	47
El empleo en el procesamiento de la yuca	50
Mercadeo de la yuca	52
El futuro de la yuca como alimento humano	53
La Yuca en la Alimentación Animal	60
La yuca como base para raciones alimenticias	61
Procesamiento de yuca en trocitos y 'pélets'	62
Futuro de la yuca como alimento animal	64

	Pág.
Usos Industriales de la Yuca	67
Almidón	67
Alcohol	70
Capítulo 3. LA PRODUCCION DE YUCA	75
Tamaño de las Fincas y Uso de Mano de Obra	75
Áreas de Producción	78
Áreas tropicales bajas con una estación seca pronunciada	78
Trópicos bajos calientes y húmedos	79
Sabanas ácidas infértiles	79
Áreas con una estación invernal fría	79
Áreas altas de los trópicos	80
Prácticas de Producción	80
Preparación del terreno	81
Variedades	81
Material de siembra*	84
Métodos de siembra	86
Suelos y su manejo	87
Yuca en cultivos asociados	89
Control de malezas	90
Manejo de las plagas y enfermedades	90
La cosecha	93
Capítulo 4. COMPONENTES DE LA NUEVA TECNOLOGÍA	95
Variedades Mejoradas	97
Potencial de rendimiento	100
Resistencia a enfermedades y plagas	103
Calidad de las raíces	107
Liberación de variedades	109
Propagación rápida	111

* Las palabras 'siembra', 'sembrar' y sus derivados o declinaciones se usan en esta obra aplicadas al caso de la yuca en lugar de plantación, plantar, etc., en atención al uso más popular de las primeras.

	Pág.
Fertilización y Correctivos para el Suelo	114
Nitrógeno	116
Fósforo	116
Potasio	117
Otros elementos	117
Control de Malezas	119
Control manual	119
Herbicidas	119
Control cultural	120
Control integrado de malezas	121
Control Integrado de Plagas	122
Resistencia varietal	123
Control biológico	125
Material de siembra sano	129
Prácticas fitosanitarias culturales	131
Prácticas Culturales	132
Material de siembra	133
Bancos de semilla	135
La siembra	136
Cultivo en asociación	137
La cosecha	139
Resultados con la Nueva Tecnología	141
Cuarentena y Trasferencia de Material de Siembra	142
Capítulo 5. AVANCES EN LA TECNOLOGIA POSCOSECHA	145
Almacenamiento de la Yuca Fresca	146
Almacenamiento de yuca para consumo fresco	147
Almacenamiento para el procesamiento	150
Trocitos y Pélets	151
El picado de la yuca	152
Secamiento	153
Producción de Harina y Almidón en Pequeña Escala	155
Alcohol	156
Capítulo 6. ALGUNOS ESTUDIOS DE CASOS EN EL DESARROLLO DE LA YUCA	159
En Kerala, India: Producción Mejorada para el Consumo Local	159

	Pág.
En Caicedonia, Colombia: Producción de Alimento para un Centro Urbano Grande	162
En Cuba: Intensificación de la Producción para Alimento Humano	166
En Tailandia: Un Cultivo de Exportación	168
En la Costa Norte de Colombia: Yuca Seca para la Industria de Concentrados	173
Discusión: las Bases del Exito	175
Capítulo 7. PROGRAMAS NACIONALES DE DESARROLLO INTEGRADO DE YUCA	179
Entidades Involucradas	180
Definición de los Marcos de Referencia	183
Estimación de los insumos requeridos y rendimientos	183
Estimación de la demanda potencial de yuca	187
Investigación para Mejorar la Producción de Yuca	189
La acción de los centros internacionales	190
La acción de los programas nacionales	192
Procesamiento y Utilización de la Yuca	197
Los Proyectos de Desarrollo en el Contexto Latinoamericano	199
Políticas Gubernamentales	204
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS PARA LOS CUADROS Y FIGURAS	207
BIBLIOGRAFIA COMENTADA	211
APENDICES	223
1. Estimación de los Costos de Producción de la Yuca y de su Competitividad con Otras Fuentes Energéticas	223
2. Dónde Conseguir Asistencia Técnica e Información sobre Yuca	226
INDICE	231

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1.1. Fuentes básicas de calorías para las dietas humanas en los trópicos y en todo el mundo.	19
1.2. Producción de yuca en países seleccionados de Africa, Asia y las Américas. Promedios de 1979-1981.	21
1.3. Utilización mundial de la yuca en 1975-1977.	24
1.4. Consumo de yuca en algunos países o regiones del mundo, y población de los mismos.	28
2.1. Contenido de materia seca, carbohidratos y proteína en algunos tubérculos y raíces.	43
2.2. Composición nutricional de 1 kg de yuca, en comparación con los requerimientos diarios de un hombre adulto.	43
2.3. Inversiones de los países en vías de desarrollo para la investigación sobre alimentos amiláceos, en 1975.	55
2.4. Consumo de yuca fresca y de harina de yuca (gaplek) según niveles de ingresos en Java, en 1976.	56
2.5. Consumo de yuca fresca y yuca seca (kokonte) según nivel de ingresos, en Ghana.	56
2.6. Costo relativo de la yuca en diferentes formas, con respecto al de otros alimentos básicos (arroz y maíz).	57

	Pág.
2.7. Relación de la energía neta (REN) en los alcoholes de caña de azúcar y de yuca, con diferentes métodos para el secado del producto y para la combustión en el proceso de destilación.	72
3.1. Trabajo utilizado para la producción de yuca en tres países, y eficiencia del mismo con respecto a la producción.	77
3.2. Comparación entre la yuca y otros cultivos, en términos de la cantidad de nutrimentos que extraen del suelo.	88
3.3. Distribución mundial de las principales plagas y enfermedades de la yuca.	92
4.1. Rendimiento máximo registrado (en peso seco y energía nutricional) en alimentos básicos tropicales.	96
4.2. Rendimiento del clon M col 1684 en lugares con diferentes condiciones ecológicas, en comparación con los producidos por las mejores variedades locales.	98
4.3. Características de una variedad ideal de yuca para usarla bajo buenas condiciones de cultivo y a una densidad de siembra de 10,000 plantas/ha.	102
4.4. Principales enfermedades y plagas de la yuca, y su control.	124
4.5. Tres mezclas de pesticidas para el tratamiento de las estacas antes del almacenamiento o de la siembra.	134
4.6. Rendimientos de la yuca asociada con leguminosas de grano, en comparación con los obtenidos en monocultivo, en tres países.	138
6.1. Promedio diario de la energía y de la proteína per cápita obtenidas de productos básicos en Kerala, India, en 1970-1971 y en 1976.	160

	Pág.
7.1. Rendimientos potenciales de las variedades mejoradas de yuca, con buen manejo y bajo diferentes condiciones ambientales.	186
7.2. Costos de producción de yuca en relación con el valor del jornal y el nivel de rendimiento.	187
7.3. Precios de la yuca por debajo de los cuales esta raíz puede sustituir a otros productos competitivos; estos precios se estimaron considerando los niveles de rendimiento y los salarios.	188
A-1. Algunos costos de producción y mano de obra por hectárea para la producción de yuca en una tierra de primera y en una tierra marginal.	224

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1.1. Distribución del cultivo de yuca en el mundo. Las áreas productoras están determinadas en gran parte por la lluvia y la temperatura.	35
1.2. Efecto de la sequía en el rendimiento de raíces.	36
1.3. Crecimiento y desarrollo de un cultivo típico de yuca. El índice del área foliar (IAF) es una medida de la frondosidad de los cultivos.	40
4.1. Interpretación fisiológica de una producción de follaje óptima para un rendimiento máximo.	101
4.2. Rendimientos simulados de raíces en una planta de yuca cercana al ideal y en una de variedad tradicional vigorosa, en función de la vida de la hoja.	107
4.3. Tres métodos de propagación en la yuca: tradicional (A), de estacas con dos nudos (B) y foliar (C)	113
4.4. El propágulo, un elemento básico en el sistema de propagación foliar.	114
4.5. La alta densidad de población ayuda a la yuca a competir con las malezas del cultivo en ausencia de otro sistema de control.	121
4.6. En asociación con leguminosas de grano, la yuca requiere menor control de malezas para producir buenos rendimientos.	122

	Pág.
4.7. La demora en la iniciación de la infección del añublo bacteriano, que se obtiene usando semilla limpia, puede incrementar los rendimientos.	130
5.1. El deterioro de la yuca cosechada se puede detener por 20 días aplicando fungicidas a las raíces y empacándolas en bolsas de polietileno, o podando las plantas tres semanas antes de la cosecha y aplicando fungicidas a las raíces.	150

PROLOGO A LA VERSION EN INGLES

El International Agricultural Development Service (IADS)¹ está muy complacido de tener el presente libro en su serie de literatura orientada hacia el desarrollo. Se trata de la primera obra amplia sobre yuca, uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo.

Hasta hace muy poco tiempo la yuca era un cultivo poco conocido fuera de los trópicos; como no era un producto importante de exportación ni se cultivaba en los países desarrollados, había atraído muy poca la atención hasta la década del 60, cuando se fundaron el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) en Colombia y el International Institute of Tropical Agriculture (IITA)² en Nigeria. Estos dos centros internacionales de investigación han adelantado extensos trabajos con yuca y han estimulado la investigación en esa especie en todo el mundo; como consecuencia, el conocimiento acerca del cultivo se ha difundido a una tasa no prevista.

Pero cuando los avances se producen tan rápidamente, rara vez los investigadores se detienen a sintetizar y a compendiar los nuevos conocimientos. Así, en el prólogo de uno de los primeros libros de la serie del IADS sobre literatura orientada al desarrollo, el fallecido Sterling Wortman escribió:

“La mayor parte de la literatura agrícola..... está en fragmentos, dispersos en una amplia gama de revistas y otras publicaciones. No se puede obtener una visión completa sin

1. Servicio Internacional de Desarrollo Agrícola.
2. Instituto Internacional de Agricultura Tropical.

recurrir al estudio de muchos artículos pequeños en numerosas publicaciones..... Hay cantidades de productos y problemas para los cuales se necesita presentación amplia de la información disponible, escrita en lenguaje comprensible para científicos y no científicos. (Robert F. Chandler, Jr. 1979. Rice in the Tropics. Westview Press. p. xv-xvi)''.

Este libro no sólo ejemplifica bien la clase de exposición que Sterling Wortman previó: práctica, autorizada y actualizada, sino que explora un tema de importancia agrícola vital; IADS agradece al CIAT la oportunidad que le dio al autor, James Cock, para escribirlo. El Dr. Cock es un fisiólogo vegetal que comenzó su carrera de investigación en trigos enanos y arroz, para vincularse luego al trabajo con yuca; él estableció el programa de yuca del CIAT y ha ganado fama como uno de los primeros investigadores de este cultivo en el mundo.

IADS expresa su gratitud a la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) por su financiación parcial para la realización del libro.

A. Colin McClung
Presidente del Servicio Internacional
de Desarrollo Agrícola

PREFACIO

Los crecientes déficits de alimentos son motivo de gran preocupación para quienes se interesan por el bienestar de millones de personas que viven en la miseria en los países del tercer mundo. En los intentos para resolver los problemas de la producción de alimentos se ha puesto gran énfasis en aumentar la producción y la productividad de los cereales, pero se ha prestado muy poca atención a cultivos que, como la yuca, se producen sólo en los trópicos.

Entre los cultivos tropicales, la yuca ocupa el cuarto lugar como fuente de calorías para humanos. Es particularmente importante por ser una fuente básica de energía (para la alimentación humana y animal y para usos industriales) que puede producirse en suelos agrícolas marginales.

La información sobre yuca está dispersa en una enorme cantidad de publicaciones, registros y documentos publicados en numerosos idiomas, hecho que hace difícil para los funcionarios oficiales y planeadores gubernamentales la obtención de una imagen clara sobre el potencial y los problemas del cultivo. Con el ánimo de contribuir a obviar esta dificultad, el International Agricultural Development Service (IADS)¹ me invitó a escribir el presente libro sobre el cultivo de la yuca, la tecnología disponible para su producción y procesamiento, usos del producto y condiciones esenciales para el éxito de programas de desarrollo con el mismo.

El Capítulo 1 describe el cultivo y cuantifica su importancia, y el Capítulo 2 trata lo relacionado con los usos de la yuca y los

1. Actualmente el IADS ha sido incorporado a la Fundación Winrock.

diferentes métodos de procesamiento de las raíces, después de la cosecha. Los Capítulos 3 y 4 presentan diferentes prácticas de producción y los componentes tecnológicos que se pueden usar para aumentar la productividad. El Capítulo 5 resume resultados de investigación obtenidos recientemente en cuanto al manejo de las raíces cosechadas. El Capítulo 6 analiza varios casos en los que la producción de yuca se ha incrementado, y describe un esquema para ejecutar exitosos proyectos de desarrollo con yuca. El Capítulo 7 describe las características críticas de los programas nacionales de desarrollo integrado de yuca, con énfasis especial en la investigación, en proyectos integrados y en materias de política.

Estoy muy agradecido con el IADS por la oportunidad que me brindó y en especial con Steven Breth, de esa institución, por su ayuda durante todo el proceso de producción del libro y de la edición de su versión final en inglés.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) me otorgó un año sabático, durante el cual escribí la mayor parte de la obra, y los jefes de las diferentes secciones del Programa de Yuca de este centro me proporcionaron información y asistencia en el desarrollo del libro. Estoy particularmente agradecido con John Lynam, quien me suministró la mayor parte de la información del Capítulo 7 y me ayudó a prepararlo.

El manuscrito original fue revisado por Barry Nestel, consultor privado; W.O. Jones, del Food Research Institute, Stanford University; y Bede Okigbo, del International Institute of Tropical Agriculture. Los valiosos comentarios de estos revisores, especialmente con respecto a la yuca en Africa, quedaron incorporados en la versión final.

Finalmente deseo expresar mi gratitud a J. C. Lozano, del Programa de Yuca del CIAT, por su valiosa colaboración en la traducción del libro al español, y al Programa de Capacitación y Comunicaciones de este centro por la edición y producción de la presente versión.

James H. Cock

INTRODUCCION

La yuca, el arroz, la caña de azúcar y el maíz son los cultivos tropicales más importantes como fuentes de calorías. A pesar de esto, quienes toman las decisiones concernientes a la agricultura en los países en desarrollo no han prestado atención a la yuca, y sólo han destinado fondos mínimos a su investigación y al desarrollo del cultivo, debido a conceptos erróneos ampliamente difundidos acerca de él. Este libro intenta demostrar que, mediante la investigación continua y el uso de métodos mejorados de producción, procesamiento y mercadeo, la yuca puede contribuir a favorecer la dieta alimenticia y el bienestar de millones de personas.

La yuca es cultivada principalmente por pequeños agricultores, con métodos tradicionales; aunque su consumo es más alto en las áreas rurales, no se debe considerar simplemente como un cultivo de subsistencia ya que la mayor parte de la producción se vende o mercadea fuera de las fincas que la producen. En los trópicos bajos, la yuca (especialmente seca) es frecuentemente la más barata fuente de calorías, y los nuevos métodos que están en desarrollo prometen reducir aún más los costos.

A veces se desacredita a la yuca calificándola como un alimento indeseable, que no contiene más que carbohidratos; sin embargo, en muchos países en desarrollo las calorías son precisamente las más deficitarias. El cianuro presente en la yuca sin procesar es una desventaja; sin embargo, entre los millones de consumidores de la raíz en el mundo sólo ocurren casos de intoxicación crónica en algunas áreas de Africa, donde dicha intoxicación parece estar asociada con severas

deficiencias alimentarias y con un procesamiento deficiente de la raíz. El remedio no consiste ciertamente en condenar la yuca, sino en mejorar la nutrición general y en efectuar un mejor procesamiento del producto.

El mayor problema para un cultivo perecedero como la yuca es el mercadeo, ya que su demanda como alimento se puede saturar si en la localidad aumenta repentinamente la producción y no existen usos alternos. El desarrollo de pequeñas empresas para secar la yuca con el propósito de usarla posteriormente en la alimentación animal, puede ayudar a estabilizar el precio y también a crear empleo y a ahorrar divisas.

Aunque ya se están reconociendo los méritos de la yuca, se teme a menudo que la expansión de su producción pueda degradar la fertilidad de los suelos, particularmente aquellos agrícolamente marginales. Sin embargo, la yuca no agota los suelos más que otros cultivos; además, tiene la habilidad de crecer en los ya desgastados, y esta característica representa una ventaja extraordinaria que, unida a su gran potencial de producción, destaca la brillante perspectiva del cultivo como fuente básica de energía para las regiones marginales de los trópicos.

Capítulo 1

LA YUCA: CARACTERISTICAS E IMPORTANCIA

La yuca es una especie vegetal de raíces amiláceas, que se cultiva únicamente en los trópicos. A pesar de que es uno de los cultivos alimenticios más importantes de los países tropicales (Cuadro 1.1), fuera de ellos es muy poco conocida; en el trópico se le considera a menudo como un cultivo de subsistencia de baja categoría.

Cuadro 1.1. Fuentes básicas de calorías para las dietas humanas en los trópicos y en todo el mundo.

Cultivo	Cantidades producidas (10 ⁹ kcal/día)	
	En trópicos	Mundiales
Arroz	924	2043
Azúcar (caña y remolacha azucarera)	311	926
Maíz	307	600
Yuca	172	178
Sorgo	147	208
Millo	128	204
Trigo	< 100 ^a	1877
Papa	54	434
Banano	32	44
Plátano	30	30
Batata	30	208

a. Se excluyen México, Brasil e India, ya que las principales zonas productoras de estos países están fuera de los trópicos.

FUENTE: FAO, 1980.

Producción Mundial

Entre 1979 y 1981, la producción mundial de yuca fue de aproximadamente 120 millones de toneladas anuales. Como las raíces de yuca tienen un 65% de agua, dicha producción representa alrededor de 42 millones de toneladas de materia seca; en términos energéticos, esta cifra equivale a 40-50 millones de toneladas de granos.

Debido a que la mayor parte de la yuca se produce en fincas de pequeños agricultores en áreas agrícolamente marginales, mucha de esa producción no se registra en las estadísticas sobre mercados comerciales, lo que hace difícil obtener datos aproximados de su producción. Actualmente las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) son la mejor guía disponible sobre producción mundial de yuca, pero los errores en las estimaciones para algunos países en particular pueden ser grandes; por ejemplo, sus cifras sobre la producción en Brasil son mayores que las obtenidas en los censos agrícolas brasileños.

De 1960 a 1980 el cultivo mundial de yuca aumentó a una tasa igual al aumento de la población. Todo el aumento se debió a la expansión del área sembrada; los rendimientos promedios han cambiado muy poco.

Africa, aunque tiene un poco más de la mitad del área yuquera mundial, responde sólo por un 37% de la producción total. La FAO estima que los rendimientos han estado casi constantes (en 6.4 t/ha) durante los últimos años; sin embargo, entre 1969-1971 y 1980 el área aumentó de 5.8 millones de hectáreas a 7.3 millones, y la producción anual se incrementó de 39.4 a 46.5 millones de toneladas. Zaire, Nigeria y Tanzania son los mayores productores de yuca en Africa; el promedio de producción en estos países varía de 9 t/ha en Nigeria, a menos de 5 t/ha en Tanzania (Cuadro 1.2).

Asia tiene el 27% del área mundial yuquera, pero responde por el 37% de la producción; sus rendimientos varían desde menos de 8 t/ha en Vietnam a más de 16 t/ha en la India. El aumento de la producción asiática durante los últimos 20 años

Cuadro 1.2. Producción de yuca en países seleccionados de Africa, Asia y las Américas. Promedios de 1979-1981.

Regiones y países	Area (10 ⁶ ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (10 ⁶ t)
Africa	7.32	6.4	46.44
Zaire	1.82	6.8	12.40
Nigeria	1.18	9.2	10.83
Tanzania	0.94	4.9	4.60
Mozambique	0.60	4.6	2.78
Angola	0.13	14.2	1.85
Ghana	0.23	8.0	1.80
Madagascar	0.28	6.0	1.67
Uganda	0.41	3.4	1.39
Burundi	0.08	15.4	1.18
Camerún	0.23	4.3	1.00
República Central Africana	0.33	3.0	0.99
Costa de Marfil	0.22	3.5	0.75
Kenia	0.08	7.9	0.64
Congo	0.08	6.6	0.53
Togo	0.03	16.2	0.45
Asia	3.80	11.6	43.97
Tailandia	1.00	14.4	14.54
Indonesia	1.42	9.6	13.67
India	0.35	16.7	5.90
Vietnam	0.46	7.3	3.38
China	0.24	13.0	3.06
Filipinas	0.20	11.5	2.28
Sri Lanka	0.06	9.5	0.52
Malaysia	0.04	10.1	0.37
América del Sur	2.55	11.7	29.90
Brasil	2.07	11.8	24.47
Colombia	0.21	9.8	2.07
Paraguay	0.13	14.9	1.97
Perú	0.03	11.4	0.40
Venezuela	0.04	9.5	0.36
Bolivia	0.02	12.4	0.22
América Central y el Caribe	0.15	6.0	0.90

FUENTE: FAO, 1981.

se ha debido principalmente a la expansión del cultivo en Tailandia; aquí la producción creció de menos de un millón de toneladas en 1957 a cuatro millones en 1972 y a una cantidad estimada en 17.9 millones para 1981.

El segundo mayor productor de yuca en Asia es Indonesia, donde anualmente se cosechan más de 13 millones de toneladas de raíces; el área sembrada en este país había declinado un poco en años recientes, pero se ha ganado en rendimiento con un promedio de aproximadamente 9.6 t/ha, lo cual ha compensado la disminución en la superficie cultivada.

Otro productor importante de yuca en Asia es la India. Durante los últimos años la producción se ha expandido considerablemente en el suroeste del país, el área actual más productora; ello se ha debido al aumento de los rendimientos, los cuales son de 16 a 17 t/ha, no obstante que los suelos son muy ácidos e infértiles.

En el hemisferio occidental, Brasil domina la producción de yuca, con cerca del 80% de la producción total de América Latina y del 20% de la producción mundial. La yuca se cultiva en todo Brasil en la caliente y húmeda selva amazónica, en las áreas secas del nordeste y en el sureste templado, incluyendo parte de Río Grande do Sul, en donde se presentan heladas y nevadas ocasionales; los brasileños cultivan la yuca para su propio alimento, para raciones animales, y para usos industriales. En los años 70 los rendimientos declinaron de 14 t/ha a menos de 12, y el total de la producción declinó a un poco menos de 25 millones de toneladas por año; esta caída en la producción pudo haberse debido a la enorme expansión en la siembra de soya y al desplazamiento del cultivo del café hacia áreas más norteñas; la soya y el café son cultivos de alto valor que tienden a desplazar la yuca de los suelos más fértiles.

Otros productores grandes de América Latina son Colombia, que produce 2.1 millones de toneladas anuales, y Paraguay que produce 2.0 millones. Los rendimientos en Colombia son de 10 t/ha y los de Paraguay son de 15 t/ha; en Paraguay, igual que en Brasil, los rendimientos son altos debido al ciclo de cultivo de 18 meses que usan muchos productores. Aunque Brasil, Colombia y Paraguay producen más del 90% de la yuca

en las Américas, el cultivo también tiene gran importancia en varios países más pequeños.

En Oceanía, el total del área yuquera es de 20,000 hectáreas. Papúa Nueva Guinea, y Fiji son los productores más importantes.

Usos de la Yuca

La yuca se usa principalmente como alimento humano y, debido a su volumen y perecibilidad, generalmente se consume in situ o cerca del lugar de producción. La única información global disponible sobre el consumo de yuca es la suministrada por la FAO en sus 'Hojas sobre Balance Alimenticio' (Food balance sheets), las cuales son, en el mejor de los casos, una aproximación a la situación real. Allí se indica que a mediados de los años 70, el 65% del total de la producción de yuca se usó como fuente básica de energía para dietas humanas (Cuadro 1.3); aproximadamente la mitad se consumió en forma fresca y la otra mitad en harina y harina integral.

Además de servir como alimento humano, la yuca se emplea para la alimentación animal y la extracción de almidones. Cerca de la quinta parte de la producción mundial se usa para la nutrición animal, generalmente en los países productores, y esa cantidad tiende a aumentar; casi todas las exportaciones en trozos se hacen a Europa, con destino a la alimentación animal. Alrededor de un 6% de la producción mundial se emplea para la extracción de almidón para procesos industriales y alimenticios.

La FAO considera que sólo se pierde un 10% de la producción total; sin embargo, si se tienen en cuenta las pérdidas que ocurren en el procesamiento, ese porcentaje es probablemente mucho mayor en la práctica. En el caso de la yuca las tasas de extracción (cantidad de producto procesado que se obtiene por cada unidad de raíces frescas usadas) son mucho más bajas que las teóricamente posibles.

La distribución del consumo de la yuca difiere considerablemente entre regiones. En Africa casi toda la producción se usa

Cuadro 1.3. Utilización mundial de la yuca en 1975-1977.

Región	Utilización (% de la producción total)						
	Alimento humano		Alimento animal ^a	Uso industrial y almidón	Exportaciones ^b	Desperdicio	Cambio en las reservas
	Fresca	Procesada					
El mundo	30.8	33.8	11.5	5.5	7.0	10.0	1.4
Africa	37.9	50.8	1.4	c	c	9.5	c
Américas	18.5	23.9	33.4	9.6	c	14.0	c
Asia	33.6	21.7	2.9	8.6	23.0	6.3	3.9
Asia sin Tailandia	45.7	27.9	3.9	11.7	2.3	8.6	c

a. No incluye los trocitos y 'pélets' exportados como alimento animal.

b. Incluye las exportaciones para uso en la alimentación animal.

c. Valores inferiores a 1%.

FUENTE: FAO, 1980 (con información adicional).

en la alimentación humana, y aunque se considera como un cultivo de subsistencia, también se comercializan grandes cantidades de ella; tanto la yuca como sus derivados se pueden encontrar en los mercados rurales y urbanos. En Nigeria, una harina fermentada conocida como gari se trasporta hasta 700 km, a los mercados urbanos, y entra al mercado de Lagos en una cantidad anual equivalente a 120,000 t de yuca fresca. Un estudio hecho en Ghana en los años 50 mostró que anualmente entraban a Accra 22,000 t de yuca fresca y 27,000 t de sus derivados, los cuales proporcionaban el 41% de las calorías introducidas a la ciudad; en Zaire se estima que el 55% del total de la producción se vende fuera de las fincas. Por lo tanto, aunque es imposible calcular con precisión la cantidad de yuca que se comercializa y la que consumen los mismos productores, es evidente que una proporción significativa de la producción africana entra a la economía del mercado.

En Asia, más de la mitad de la yuca que se produce se usa directamente en la alimentación humana; la mayoría del resto se exporta ya sea en trocitos secos o en forma de 'pélets'. Existe una considerable variación entre los países; en la India e Indonesia, la yuca que se produce se usa casi totalmente para consumo humano; en Malaysia se usa para extraer almidón y para la industria local de alimentos; en Tailandia, casi toda la producción es para la exportación. A pesar de estas diferencias, en Asia la yuca generalmente es producida por pequeños agricultores, quienes venden gran parte de su producción; inclusive en la India, donde el consumo per cápita es alto y el tamaño de las fincas muy pequeño, un 35-40% de la yuca se vende fuera de las fincas.

En las Américas, cerca del 40% de la producción se usa para alimentación humana y más de la mitad se consume en formas procesadas, tales como almidón, harinas y viandas. Una tercera parte de la producción se usa para la alimentación animal en los países productores; sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en Asia donde la mayor parte de la yuca se seca antes de usarla en la alimentación animal, en las Américas se usan cantidades considerables de raíces frescas para ese propósito, particularmente en Brasil y Paraguay. Existe poca información sobre la cantidad que se comercializa y la que se usa como

alimento de subsistencia en las Américas; una encuesta hecha en Colombia mostró que más del 90% del total de la producción se vendía fuera de las fincas. En Brasil, la cantidad de yuca procesada como 'farinha' o harina sugiere que una alta proporción de la producción de yuca se utiliza fuera de las fincas productoras.



En las pequeñas fábricas locales se procesa una cantidad de yuca equivalente a la mitad de la que se usa en la alimentación. (FUENTE CIAT.)

Importancia en la Alimentación Humana

La FAO, en su boletín sobre el balance alimenticio, presenta estimados sobre el consumo de la yuca en todos los países. Sin embargo, en un país dado, las maneras de usar la yuca pueden variar sustancialmente entre un área y otra; en el nordeste de Brasil, por ejemplo, la yuca tiene mayor significación para la dieta alimenticia que en el sur del país. De manera similar, en

la India los promedios nacionales sugieren que la yuca no es importante, mientras que en el sur del país proporciona más de 700 calorías por día para 20 a 30 millones de personas. En consecuencia, los promedios nacionales tienden a sobreestimar el número de personas que consumen yuca como artículo de importancia, mientras subestiman las cantidades consumidas por quienes realmente lo hacen. A pesar de esto, el mencionado boletín de la FAO indica que en 1975-1977, un total de 500 millones de personas de 24 países consumieron más de 100 cal diarias de yuca, con un promedio superior a las 300 cal (Cuadro 1.4).

En los países de Africa tropical la yuca proporciona un promedio de 230 cal/persona/día. En Zaire y Congo, sin embargo, el promedio de consumo es superior a 1000 cal/día, o sea cerca de 1 kg de yuca fresca; esta cantidad representa aproximadamente la mitad de la energía total consumida por la gente de estos dos países. Se estima que 70 millones de personas obtienen de la yuca alrededor de 500 cal/día.

El principal valor de la yuca está en sus raíces amiláceas, aunque las hojas también se usan como alimento en Africa. Las hojas de yuca, con aproximadamente 7% de proteína con base en el peso fresco (20 a 30% de proteína con base en el peso seco), se pueden comparar favorablemente con la soya en cuanto a calidad de la proteína, ya que tienen más lisina; sin embargo, son deficientes en metionina y posiblemente en triptófano. Las hojas se usan para hacer salsas y sopas, particularmente en el Congo, Tanzania y partes del Africa Occidental; los niveles de consumo se han estimado hasta en más de 500 g/día en Zaire, en 40 a 170 g/día en el Congo, y en 30 a 100 g/día en Camerun. El consumo de hojas de yuca a tales niveles puede representar una contribución significativa dentro del total de proteína ingerida.

En Asia la yuca es un producto alimenticio cotidiano solamente en Indonesia y el sur de la India, a pesar de que se cultiva ampliamente, especialmente en el suroeste asiático. En Indonesia, el promedio diario de consumo es de aproximadamente 200 cal/persona, y en algunos casos más de la mitad del total de las calorías consumidas proviene de la yuca. En Kerala,

Cuadro 1.4. Consumo de yuca en algunos países o regiones del mundo, y población de los mismos.

País	Consumo per cápita		Población 1980 (millones)
	Cantidad (cal/día)	Proporción ^a (%)	
Zaire	1287	56	29.0
Congo	1128	55	1.6
República Central Africana	839	39	2.2
Kerala (India)	744*	30	aprox. 25.0
Mozambique	697	36	10.0
Angola	660	32	6.7
Tanzania	503	24	19.0
Liberia	501	21	1.9
Gabón	439	18	0.6
Togo	402	20	2.5
Ghana	380	19	12.0
Paraguay	351	12	3.3
Burundi	316	14	4.5
Madagascar	312	13	8.7
Fiji	300	12	0.6
Nigeria	283	13	77.0
Costa de Marfil	245	10	8.0
Ruanda	238	10	5.1
Camerún	209	9	8.5
Brasil	203	8	122.0
Indonesia	202*	10	144.0
Guinea	201	10	5.0
Kenia	123	6	16.0
Colombia	114	5	27.0

a. En relación con el consumo diario de energía.

FUENTES: 1. Para los datos sobre consumo: FAO, 1980. Se exceptúan las cifras marcadas con un asterisco, las cuales provienen de otras fuentes.

2. Para datos de población: International Agricultural Development Service, 1981.

India, se estima un consumo per cápita de 744 cal/día para 20 a 30 millones de personas. No obstante que Tailandia es el mayor productor de la región, los tailandeses consumen poca yuca; la mayor parte de la producción se exporta.

En América Latina, la yuca es un alimento indispensable en Paraguay y Brasil; se estima que cerca de 125 millones de personas de esos países obtienen de ella más de 200 cal/día. En Brasil, el consumo es alto en las regiones rurales del nordeste (480 cal/día) y muy bajo en las ciudades del sur (menos de 20 cal/día).

La yuca también es alimento indispensable en las regiones selváticas de Bolivia, Perú y Ecuador, así como en la costa norte y el departamento de Santander, en Colombia, y en las áreas rurales de muchas islas caribeñas. La yuca es un importante artículo alimenticio en las regiones yuqueras de América del Sur, donde el consumo diario en los países tropicales es de 150 a 160 calorías por persona. En América Central, la yuca tiene poca importancia como alimento.

La Planta de Yuca y su Distribución

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pertenece a la familia Euphorbiaceae, en la que se incluyen el caucho (*Hevea brasiliensis*), el higuero (*Ricinus communis*) y *Manihot glaziovii* (caucho de Ceara), una fuente de caucho de menor importancia.

El género *Manihot* sólo se encontraba en las Américas antes del descubrimiento, entre 30° N y 30° S de latitud; este género tiene dos centros principales de diversidad genética, uno mayor en Brasil y otro secundario en América Central. La yuca se cultiva en la mayoría de las regiones en donde existen las especies de *Manihot*, pero no se encuentra en estado silvestre, y no se conocen sus progenitores silvestres, ni se ha determinado con certeza el área o las áreas en donde la yuca fue domesticada.¹

1. Recientemente algunos investigadores encontraron en Brasil lo que parece ser un tipo de yuca silvestre.



La yuca se cultiva por su raíz comestible, y se la propaga por medio de estacas. (FUENTE CIAT.)

Descripción botánica

La yuca es un arbusto leñoso perenne, que se cultiva comercialmente sembrando estacas tomadas de la parte más leñosa del tallo. Después de que la estaca se ha sembrado, se produce

el brote de una o más yemas axilares, y salen raíces principalmente de la base de la estaca. Los retoños muestran una gran dominancia apical que inhibe el desarrollo de retoños laterales; cuando el retoño principal entra en la fase reproductiva y comienza a florecer, se rompe la dominancia apical y comienzan a desarrollarse varias yemas axilares (dos a cuatro) próximas al ápice, dando a la planta su hábito típico de ramificación. El tiempo de la ramificación es extremadamente variable, y algunos clones nunca ramifican.

Durante los primeros meses, la planta produce sólo retoños y un sistema radical fibroso; sin embargo, al principio de su ciclo de crecimiento también empieza a almacenar pequeñas cantidades de almidón en sus raíces. A los tres meses, algunas raíces fibrosas comienzan a expandirse rápidamente, almacenando grandes cantidades de almidón. Las raíces engrosadas de almacenamiento tienen un centro pulposo, el cual representa un 85% del peso total, y una cáscara más fibrosa y correosa.

La forma de propagación de la yuca es poco común, por varias razones. Primero, para efectuarla no se usa la porción económicamente más útil de la planta (la raíz), como sí ocurre con otros cultivos alimenticios, como los cereales y la papa, en los cuales es necesario guardar parte de la cosecha para las nuevas siembras. Segundo, la tasa de multiplicación de la yuca es baja —de 3 a 30 veces por ciclo— dependiendo de las condiciones varietales y ecológicas. Tercero, a pesar de que la yuca se propaga por estacas tomadas del tallo, las cuales producen progenies o clones genéticamente idénticos, puede también reproducirse por semilla sexual o verdadera. La progenie obtenida por semilla sexual tiene una gran variabilidad genética que permite la selección de variedades superiores, las cuales se puede multiplicar luego por estacas para mantener estables sus características.

Origen y dispersión

Se cree que la yuca fue domesticada originalmente en Brasil, en donde existe el mayor número de especies de *Manihot* y la

mayor diversidad dentro de las diferentes especies. Sin embargo, existe poca evidencia arqueológica que confirme ese hecho, ya que la yuca es una especie que generalmente se cultiva en áreas en donde la estación lluviosa es más prolongada que la seca; bajo tales condiciones, el material leñoso raramente se conserva bien; adicionalmente, las raíces son perecederas, lo que permite poca evidencia directa acerca del cultivo inicial de la yuca. Un caso diferente ocurre con los cereales, los cuales se cultivan frecuentemente en regiones áridas y normalmente se secan y almacenan antes de su consumo; este hecho ha permitido hallar considerables evidencias acerca de su cultivo en diferentes sitios arqueológicos.

En México se han encontrado restos de hojas de yuca que parecen tener cerca de 2500 años, y se ha identificado almidón de yuca en coprolitos humanos que tienen de 2100 a 2800 años de edad.

Las llamadas especies amargas y dulces se encuentran distribuidas en regiones distintas de las Américas, lo que sugiere que fueron domesticadas en diferentes localidades. (No hay una diferenciación clara entre las yucas dulces y amargas, aunque casi siempre los tipos dulces tienen niveles más bajos de ácido prúsico que los amargos.) Algunos investigadores sugieren que la yuca amarga fue domesticada en el norte de América del Sur, probablemente al este de los Andes, y que la yuca dulce fue domesticada independientemente en América Central.

Después de su domesticación, la yuca se diseminó en las regiones tropicales de las Américas; cuando los conquistadores llegaron, la especie era un alimento cotidiano en las islas del Caribe, al igual que en el continente. Actualmente se cultiva más fuera de su área original de domesticación que dentro de ella.

La yuca se introdujo a la región del Congo hace más de 400 años; registros sobre el rico comercio portugués entre Brasil y la costa occidental de Africa incluyen evidencias respecto a la llegada de la yuca al Congo antes de 1588, y, más recientemente, a Asia y Oceanía; actualmente se cultiva por todo el

trópico. No se observa un patrón general para la introducción y diseminación de la yuca desde unos pocos centros de introducción; por el contrario, todo parece indicar que la introducción se hizo por múltiples lugares. En varias ocasiones entró por diferentes puertos de la costa occidental de África central y se diseminó rápidamente a lo que es hoy Angola, Zaire, Congo, Gabón y Camerún.

La yuca se había introducido independientemente a África oriental y a Madagascar a mediados del siglo XVIII. Cien años más tarde era alimento cotidiano en la franja costera y alrededor del lago Tanganika; aquí llegó por introducciones procedentes tanto de la costa oriental como de la occidental. Actualmente es un elemento importante de la dieta en la mayor parte de los trópicos bajos de África oriental y es un producto básico en Tanzania, Mozambique y Madagascar.

La yuca se diseminó a través de África occidental y, con el retorno de los esclavos liberados de Brasil, llegó allí la tecnología tradicional de producción de 'farinha', una harina elaborada de la raíz; en África, el proceso se modificó hacia el que se usa actualmente para la producción de gari. Desde 1900, tanto la producción de yuca como la de gari se han diseminado rápidamente, y actualmente la yuca es un producto importante en las regiones más húmedas de África occidental.

La introducción de la yuca a Asia no está muy bien documentada. Los portugueses pudieron haberla llevado a Goa, en la India subcontinental, hacia principios del siglo XVIII; probablemente durante este mismo tiempo se introdujo a Indonesia y a las Filipinas a partir de México. Existen evidencias de que la yuca se llevó de Indonesia a Mauricio en 1740, lo que indica que antes de esa fecha ya existía en Asia suroriental. En 1786 Sri Lanka importó oficialmente estacas de yuca de Mauricio y la India lo hizo directamente de América del Sur en 1794, y de las Indias Occidentales en 1840. El primer registro oficial sobre la introducción de yuca a Malaysia, hecho por el Jardín Botánico de Singapur, data de 1886; sin embargo, en ese tiempo la raíz ya se cultivaba ampliamente en Malaysia, probablemente después de haberla introducido de la India o de Indonesia.

En el siglo XIX la yuca se había establecido definitivamente como cultivo en el sur y el sureste asiáticos. En Malaysia los chinos habían desarrollado un comercio de tapioca (como se llama la yuca en muchas partes de Asia) con Europa y, en 1906, ya sembraron 100,000 ha. La yuca fue también un artículo importante en Indonesia, y se usó como sustituto del arroz en Java. Ahora se cultiva en todo el sur y el sureste asiáticos y en el sur de China, así: como un artículo alimenticio comercial en el sur de la India, parte de Birmania e Indonesia; como artículo industrial y como cultivo de subsistencia en las Filipinas, Malaysia y Taiwan, y como cultivo de exportación en Tailandia.

Adaptación

El cultivo de la yuca está limitado a las zonas más cálidas del mundo; sin embargo, dentro de estas zonas crece en áreas ecológicas con enormes diferencias climáticas y edáficas. Por ejemplo, en Colombia, un país con diversas condiciones ecológicas, la yuca se cultiva en regiones altas lluviosas de los Andes a 2000 m.s.n.m., en las áreas semidesérticas de la Guajira, en los ricos suelos de los valles del Cauca y Tolima, en los suelos ácidos e infértiles de los Llanos Orientales y en las lluviosas selvas tropicales del Putumayo. Aunque se utilizan cultivares y prácticas agronómicas diferentes, el hecho de que la especie se pueda cultivar bajo esta variedad de condiciones ecológicas demuestra su amplia adaptabilidad.

Clima. La yuca se cultiva casi exclusivamente en los trópicos bajos más calientes y nunca más allá de los 30° de latitud norte o sur. En las latitudes más extremas, ocurren heladas ocasionales; estas heladas pueden causar defoliación, pero cuando las condiciones ambientales se tornan cálidas de nuevo, la planta retoña desde la base y crece normalmente.

En regiones con grandes variaciones estacionales de temperatura, la yuca no crece si el promedio anual de temperatura es menor de 20 °C (Figura 1.1). En cambio, puede crecer en regiones altas cercanas al ecuador (por ejemplo: las zonas andinas de Colombia, Ecuador y Perú) con temperaturas anuales hasta de 17 °C, pero con fluctuaciones leves alrededor de este pro-

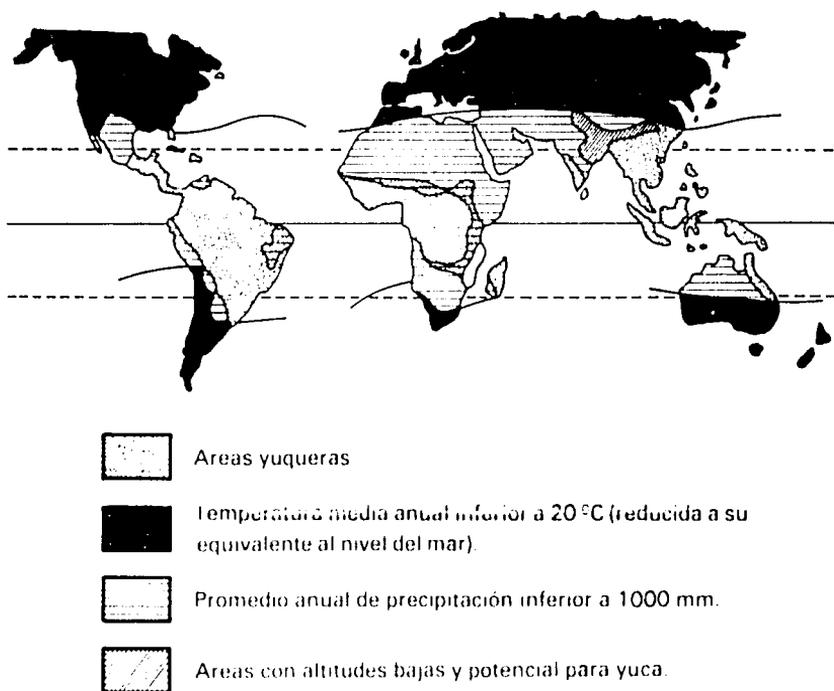


Figura 1.1 Distribución del cultivo de yuca en el mundo. Las áreas productoras están determinadas en gran parte por la lluvia y la temperatura.

medio; los cultivares que se siembran en estas áreas han sido seleccionados específicamente por los agricultores locales, y por lo tanto, están muy bien adaptados a este clima y no producen bien en áreas con temperaturas más altas; los cultivares de las tierras bajas tampoco se pueden introducir exitosamente en áreas con temperaturas bajas. Estos cultivares muy especiales de yuca, tolerantes al frío, se encuentran solamente en la zona andina donde se cultivan hasta a 2300 m.s.n.m., y no parecen haber sido introducidos a otras regiones altas, en donde probablemente tendrían éxito.

La yuca se cultiva en su mayor parte en regiones con un promedio de precipitación superior a 1000 mm/año; se adapta bien a precipitaciones de 1000 a 3000 mm anuales, pero necesita suelos bien drenados. Un día de anegamiento puede destruir el cultivo en suelos pesados, aunque hay varios informes

sin confirmar acerca de cultivares de la selva amazónica y de la costa pacífica de Colombia que pueden sobrevivir a varias semanas de inundación.

Mientras la yuca no resiste períodos prolongados de encharcamiento o de saturación de humedad en el suelo, es altamente tolerante a la sequía, y es un cultivo importante en regiones con estaciones secas de hasta seis meses o más. Al comienzo de la estación seca, la planta reduce su área foliar produciendo pocas hojas nuevas mientras que pierde continuamente las hojas viejas; los estomas de las hojas que quedan en la planta se cierran parcialmente, lo que disminuye la tasa de transpiración y conserva el agua. Si el período seco continúa, se caen más hojas, disminuyendo el área foliar a un nivel mínimo, y cesa tanto el crecimiento de las raíces como el del cogollo; esencialmente la planta entra en latencia. Cuando se reinician las lluvias, la planta usa las reservas de carbohidratos del tallo y las raíces para producir nuevas hojas, y se vuelve productiva de nuevo (Figura 1.2).

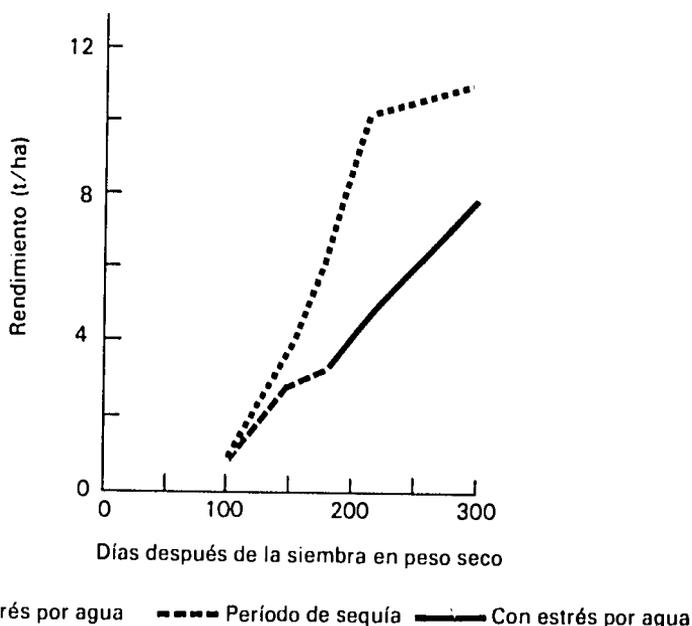


Figura 1.2. Efecto de la sequía en el rendimiento de raíces. (Adaptado de: Connor, Cock y Parra, 1981.)

A diferencia de otros cultivos, el de yuca no tiene períodos críticos en los que la ausencia de lluvias pueda causar una pérdida catastrófica; una temporada de sequía reduciría los rendimientos, pero las pérdidas sólo serán totales si la sequía es tan prolongada que cause la muerte de las plantas; esto casi nunca ocurre, ya que la yuca tiene mecanismos estomáticos que la protegen. Consecuentemente, la yuca está extraordinariamente bien adaptada a regiones en donde las lluvias son inciertas; además, como no tiene períodos críticos de vulnerabilidad por sequía, se puede sembrar durante un lapso de tiempo más largo que muchos otros cultivos; esto facilita el ajuste del cultivo de la yuca a diferentes sistemas de producción.

La yuca se puede cultivar en áreas con precipitación pluvial inferior a 1000 mm/año, tales como el nordeste de Brasil y el oriente africano; en estas áreas la lluvia es variable de un año a otro, lo que hace difícil establecer un límite mínimo de precipitación. De todas maneras, el cultivo es menos importante en áreas en donde el promedio anual de precipitación es inferior a 750 mm/año o donde frecuentemente hay menos de 600 mm/año de precipitación. Sin embargo, debido a su tolerancia a la sequía, el cultivo debe considerarse de gran potencial en zonas de lluvias esporádicas como el Sahel en Africa.

Suelos. La yuca se adapta bien a los suelos de baja fertilidad que predominan en los trópicos. Por lo tanto se cultiva usualmente en suelos deteriorados de los órdenes Oxisoles, Ultisoles y Alfisoles; se siembran pequeñas cantidades en Inceptisoles moderadamente deteriorados (particularmente en la India), y en Entisoles arenosos; también se siembra yuca en un vasto rango de otras clases de suelos, pero el área sembrada es relativamente insignificante.

Cuando se siembra en suelos de poca fertilidad, el crecimiento total de la planta sufre menos que la mayoría de otros cultivos; igualmente la producción de raíces, que es la que interesa a los agricultores, es muy eficiente en suelos de baja fertilidad. En un experimento hecho en Colombia, en el cual se aplicó fósforo a un suelo infértil, los científicos encontraron que a mayor tasa de fósforo aplicado mayor era el peso total de la planta; sin embargo, al aplicar cantidades mayores que la

mitad del nivel requerido para un máximo de crecimiento de la planta, la producción de raíces aumentó sólo levemente. Por lo tanto, cuando la yuca se siembra en suelos pobres, puede no alcanzar su máximo potencial para la producción total de fitomasa, pero una gran proporción del total de materia seca se encuentra en las raíces.

Las concentraciones altas de sales o un pH alto en el suelo afectan a la yuca mucho más que a otros cultivos; por otro lado, la planta crece muy bien en suelos con pH bajo asociado con altos niveles de aluminio, lo cual es característico de muchos suelos bien drenados del trópico, en donde la yuca se cultiva ampliamente.

La tolerancia de la yuca a la acidez de los suelos se hace evidente al encalar cuando el pH es hasta de 4.4, ya que no se encuentra efecto en el rendimiento si los niveles de aluminio no son excesivos; aun a niveles altos de aluminio, el efecto en el rendimiento no es grande. Cuando se cultiva la yuca bajo condiciones experimentales en soluciones con varias concentraciones de aluminio, su rendimiento se afecta sólo si los niveles de aluminio son muy altos; en experimentos comparativos, el rendimiento de muchos otros cultivos decrece significativamente al aumentar los niveles de aluminio.

No se ha observado reducción en los rendimientos de yuca en suelos con una saturación de aluminio de hasta el 80%, en condiciones de campo. En los Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia, en donde cultivos como maíz, sorgo, arroz y frijol no producen absolutamente nada, la yuca germina, crece y produce, aunque modestamente (de 5 a 6 t/ha) sin ninguna enmienda al suelo.

Características especiales

La yuca tiene características muy especiales que le han ganado la reputación de ser 'el cultivo reserva contra el hambre'; es decir, que se debe sembrar en el caso de que otros cultivos fallen. En la época colonial, los funcionarios distritales en Africa insistían en que se debían sembrar ciertas cantidades de yuca contra las posibles hambrunas; recientemente, duran-

te la guerra civil de Nigeria, cuando ocurrió una hambruna generalizada, se sembró yuca como alimento básico. Así mismo, en los programas de trasmigración de Indonesia y América del Sur, uno de los primeros actos de las comunidades recientemente instaladas es la siembra de yuca para asegurar el abastecimiento de alimento durante los primeros años de mayor riesgo.

La yuca puede servir como una reserva contra hambrunas por varias razones, además de su tolerancia a la sequía y a la infertilidad del suelo. Una de ellas es la gran flexibilidad en el tiempo de cosecha. La mayoría de los otros cultivos se tienen que cosechar durante un período específico, porque si la cosecha se retrasa, generalmente los productos se deterioran o caen al suelo y germinan o se pudren. La yuca, por su parte, puede permanecer en el campo hasta cuando se necesite y continúa creciendo, si bien las raíces se pueden volver más fibrosas, lo cual baja su calidad para el consumo. La yuca puede dejarse en el campo sin cosechar hasta por dos a tres años o puede cosecharse parcialmente, cuando se necesita para alimento; esto significa que se pueden cosechar una o dos raíces y dejar que la planta continúe su crecimiento.

En Africa, los ataques de langosta han hecho que los cultivos contra las hambrunas sean extremadamente importantes. La yuca no sólo está permanentemente disponible por no tener un período limitado para su cosecha, sino que es altamente tolerante al ataque de las langostas; aunque esta plaga ataca su follaje, las raíces permanecen sanas y las plantas forman rápidamente retoños nuevos, sin causar mayores pérdidas en los rendimientos. En áreas en donde ocurren huracanes y tifones frecuentemente, la yuca es también un cultivo seguro. Mientras las plantas no sean anegadas o arrancadas durante tales tormentas, ningún daño serio les ocurre; la pérdida del follaje y la rotura del tallo y de los retoños, no eliminan el cultivo.

El ciclo de producción de un cultivo típico de yuca es de un año. Las raíces comienzan a engrosar a los tres meses después de la siembra (Figura 1.3) y continúan incrementando su peso hasta los 9 a 15 meses, cuando generalmente se hace la cosecha. En otras palabras, la planta de yuca acumula carbohi-

dratos en sus partes útiles —las raíces— durante el 75% de su período de cultivo.

Este modelo es un poco diferente del que siguen los cereales, los cuales tienen un período largo para el desarrollo de las hojas, los tallos y las inflorescencias, seguido por un período corto durante el cual acumulan los carbohidratos en el grano. Un cultivo tropical de arroz, por ejemplo, alcanza su madurez en aproximadamente cuatro meses, mientras que la formación (llenado) del grano ocurre sólo durante el último mes; de esta manera, la planta almacena carbohidratos en sus partes útiles, los granos, durante solamente el 25% de su ciclo. Este contrastante modelo de producción es la razón fundamental por la cual la yuca tiene un potencial de rendimiento mayor que los cereales.

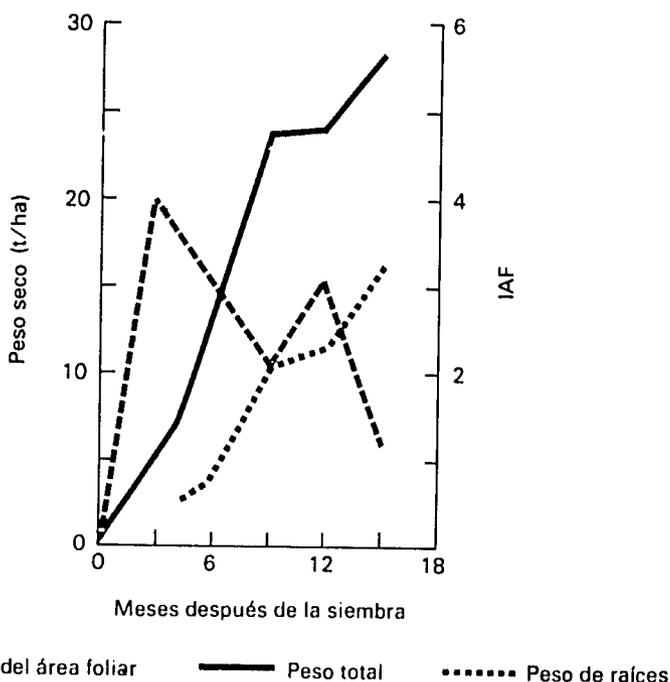


Figura 1.3. Crecimiento y desarrollo de un cultivo típico de yuca. El índice del área foliar (IAF) es una medida de la frondosidad de los cultivos.

Capítulo 2

LA YUCA EN LA ALIMENTACION Y EN LA INDUSTRIA

La yuca se cultiva principalmente para alimento humano, pero también es importante en la alimentación animal y tiene significativos usos industriales. Aparte de la actividad económica inherente al cultivo mismo, el procesamiento y el mercadeo de la yuca generan empleo y proveen oportunidades para el desarrollo de industrias rurales.

Como una de las fuentes más baratas de alimentos energéticos, la yuca debería jugar un papel más importante en los países en desarrollo en cuanto a la satisfacción de la creciente demanda de alimentos para humanos y animales. Muchos países, debido a su incapacidad para ampliar la producción de cereales a tasas suficientemente rápidas para satisfacer la demanda, gastan a menudo sus escasas divisas en la importación de cereales cuando la yuca puede ayudar a llenar ese vacío. Su cultivo puede aumentar la disponibilidad de alimentos, ya que se puede producir en tierras no apropiadas para cereales u otros cultivos alimenticios; adicionalmente, si se cultiva yuca como fuente de carbohidratos para la alimentación animal, el área dedicada a la producción de granos para ese fin se puede emplear en el cultivo de otras especies para alimentación humana.

En la actualidad, los países en desarrollo consumen 12 millones de toneladas de yuca por año para la alimentación animal, pero el potencial es mucho mayor. Para usos industriales, principalmente para la producción de almidón comercial, se consume cerca del 5% del total de la producción mundial.

La Yuca en la Alimentación Humana

A menudo la yuca se considera como un alimento pobre, con bajo valor nutritivo, que sólo consumen los agricultores tradicionales que no tienen mucho más qué comer. En realidad, la yuca es una excelente fuente dietética de energía y sería una miopía mirarla solamente como un cultivo de subsistencia o contra las hambrunas.

Valor nutricional

Las raíces de la yuca tienen 30 a 40% de materia seca, o sea una proporción más alta que la de otras raíces y tubérculos (Cuadro 2.1). El contenido de materia seca depende de factores tales como la variedad, la edad de las raíces al momento de la cosecha, el suelo, las condiciones climáticas y la sanidad de la planta. El almidón y los azúcares son los componentes predominantes (aproximadamente un 90%) de la materia seca, siendo el almidón mucho más importante. La energía metabolizable de la yuca seca, de 3500 a 4000 kcal/g, es similar a la de la harina de maíz.

El contenido de proteína cruda de las raíces de yuca, que generalmente se estima multiplicando el contenido de N por el factor 6.25, es de 2 a 3% con base en la materia seca; sin embargo, el contenido de proteína verdadera es menor, ya que hasta la mitad del N de las raíces no es nitrógeno proteínico. La calidad de la proteína es razonablemente buena, a pesar de que hay deficiencias de aminoácidos sulfurados; sin embargo, la preocupación sobre la calidad de las proteínas es algo académica, ya que los niveles de estas sustancias son tan bajos en las raíces frescas que al final del procesamiento para obtener 'gari' o 'farinha' (en los cuales dicho contenido baja aún más) tales niveles no tienen ninguna significación nutricional.

Las raíces contienen cantidades significativas de vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Cuadro 2.2). Una persona que consuma diariamente más de 250 calorías de yuca satisface los requerimientos diarios de vitamina C; sin embargo, el contenido de esta vitamina se reduce en 50 ó 70% al cocinar la

Cuadro 2.1. Contenido de materia seca, carbohidratos y proteína en algunos tubérculos y raíces.

Cultivo	Materia seca (%)	Carbohidratos (% materia seca)	Proteína (% materia seca)
Yuca	37.5	92.5	3.2
Patata	22.0	85.9	9.1
Batata	30.0	91.0	4.3
Ñame	27.6	87.3	8.7
Taro	27.5	84.4	6.9

FUENTE: Leslie, 1967.

Cuadro 2.2. Composición nutricional de 1 kg de yuca, en comparación con los requerimientos diarios de un hombre adulto.

Nutrientes	Contenido en la yuca ^a	Requeridos
Energía (cal)	1460	2500
Agua (g)	625	
Carbohidratos (g)	347	
Proteína (g)	12	65 ^b
Grasa (g)	3	
Calcio (mg)	330	500
Hierro (mg)	7	8
Vitamina A (UI)	trazas	2500
Tiamina (mg)	0.6	1.2
Riboflavina (mg)	0.3	1.2
Niacina (mg)	6	15
Vitamina C (mg)	360	25

a. Yuca fresca con un contenido de materia seca relativamente alto.

b. Las estimaciones actuales de los requerimientos de proteína son considerablemente inferiores a esta cifra. OMS-FAO sugiere 46 g de proteína de una calidad equivalente al 80% de la leche o los huevos.

FUENTE: Leslie, 1967.

yuca y en 75% o más al preparar productos tales como 'farinha', 'gari' o 'fufu'. De todas maneras, en áreas donde hay alto consumo de yuca, aunque ésta sea procesada, dicho consumo puede proveer suficiente vitamina C para satisfacer los requerimientos mínimos diarios.

En términos nutricionales, la yuca se debe considerar principalmente como una fuente energética que contribuye poco (excepto su aporte en vitamina C) a la nutrición de la gente que la consume. Debido a ese escaso valor nutricional, la yuca ha sido criticada y la expansión de su producción cuestionada; se la ha señalado como la mayor causa de la malnutrición en algunas partes de Africa. Es verdad que las personas que consumen grandes cantidades de yuca con poco suplemento proteínico tienen que estar malnutridas; sin embargo, la yuca tiene la gran ventaja de ser barata, y se puede usar para satisfacer los requerimientos energéticos de la dieta a bajo costo, dejando dinero disponible para comprar alimentos proteínicos más costosos.

Se ha demostrado en forma concluyente que cuando las dietas son deficientes en energía total, al aumentar el porcentaje de proteína no se alivia la deficiencia de ésta, porque el organismo malnutrido la utiliza parcialmente como una fuente energética (muy costosa); por otro lado, si se aumenta el suministro de carbohidratos a la dieta, se puede incrementar la eficiencia en la utilización de la proteína. Por lo tanto, el papel nutricional de la yuca consiste en ser una fuente energética de bajo costo, que se debe usar con otros alimentos que provean las proteínas, las vitaminas, las grasas, y los minerales necesarios.

Toxicidad

La yuca cruda contiene linamarina y lotaustralina, dos glucósidos que se convierten en ácido cianhídrico o prúsico al entrar en contacto con la linamarasa, una enzima que se libera cuando las células de las raíces de la yuca se rompen; el ácido prúsico es venenoso. A pesar de que ocasionalmente se han registrado muertes por el consumo de yuca cruda, los métodos

tradicionales para el proceso y cocción de la raíz reducen los niveles de cianuro; utilizando los procesos tradicionales de preparación no se presentan intoxicaciones agudas. En algunas localidades africanas en donde hay un alto consumo de yuca (hasta 1 kg diario o más de yuca fresca durante largos períodos) y un consumo extremadamente bajo de yodo y de proteína (especialmente de proteína animal), se han presentado algunas intoxicaciones crónicas; en Nigeria y Zaire se presentan dos trastornos que se han asociado con el alto consumo de yuca: una degeneración de los nervios conocida como neuropatía atáxica, y el bocio (el cual puede degenerar en cretinismo, en casos severos).

Cuando el cianuro entra a la corriente sanguínea, se convierte por acción de la enzima rodanasa en tiocianato, un compuesto azufrado que es excretado por la orina. De esa manera, el cianuro ejerce su acción tóxica al usar el azufre del organismo durante el proceso de desintoxicación, aumentando por lo tanto la demanda del organismo por los aminoácidos sulfurados, o interfiriendo con la tiroides en el uso del yodo; esto da como resultado la aparición del bocio. En ambos casos el alto consumo de yuca agrava los problemas asociados con los bajos niveles de aminoácidos sulfurados y yodo en la dieta.

La intoxicación crónica con cianuro no se ha registrado en áreas latinoamericanas o asiáticas con alto consumo de yuca, lo cual refuerza la hipótesis de que la neuropatía atáxica y el bocio son causados por una compleja interacción de factores. Aunque en América Latina los niveles de consumo de yuca son generalmente mucho más bajos que en Africa, el consumo diario per cápita entre algunas tribus indígenas de la selva amazónica es de más de 1 kg de yuca fresca cocida, y de 3 lt de cerveza de yuca fermentada o 'masato'; los estudios efectuados al respecto no han registrado el bocio ni la neuropatía atáxica (los síntomas del bocio son tan obvios que es difícil no reconocerlos). Las tribus mencionadas consumen cantidades considerables de proteína de carne y de pescado, lo que implica niveles también altos de aminoácidos sulfurados en la dieta.

Kerala, India, es otra zona con alto consumo de yuca sin efectos adversos; allí la yuca provee más de 800 calorías por

persona adulta por día, y el total de proteína ingerida es bajo —41.5 g/adulto/día—. Sin embargo, aún no hay registros de bocio o neuropatía atáxica atribuibles a ese consumo de yuca; adicionalmente Kerala presenta, entre los estados indios, una de las tasas más bajas de mortalidad infantil, y la mayor expectativa de longevidad; esto indica que los altos niveles de consumo de yuca debidamente preparada no ocasionan ningún detrimento a la salud.

Existen pocas dudas sobre el hecho de que la alta ingestión de yuca puede agravar los efectos de los niveles bajos de proteína en la dieta, particularmente cuando hay deficiencia de aminoácidos sulfurados y poco consumo de yodo. La solución del problema parece depender del uso de yodo, probablemente en forma de aceite yodado, y del suficiente consumo de proteína de carne o de pescado. Los requerimientos de yodo y aminoácidos sulfurados pueden incrementarse un poco cuando el consumo de yuca es alto.

Propiedades benéficas

Mucho se ha escrito acerca de las deficiencias de la yuca como alimento para los humanos, pero poco se ha registrado acerca de sus efectos benéficos para la salud. Ejemplos:

- El tiocianato se ha usado para el tratamiento de la ‘anemia de hematíes falciformes’, la cual es más común entre los descendientes de africanos. Puesto que la ingestión de yuca aumenta los niveles de tiocianato en la sangre, el consumo de la raíz puede ser un importante medio para aliviar la enfermedad en Africa.
- La esquistosomiasis es una enfermedad debilitante, ampliamente distribuida y común de los trópicos bajos. Se ha sugerido que la amigdalina, un glucósido cianogénico similar a la linamarina puede ser el medicamento contra esta enfermedad, y que la dieta a base de yuca puede tener efectos similares.
- El posible papel de los glucósidos cianogénicos contra el cáncer es extremadamente controvertido, pero se ha sugere-

rido que algunas células cancerosas son incapaces de desintoxicarse del cianuro porque no poseen la enzima rodanasa. Pruebas clínicas con amigdalina no mostraron eficiencia en el control del cáncer.

Estos posibles efectos benéficos de la yuca se basan en pocos resultados y mucha especulación, y se necesita mayor investigación para poder concluir acerca de su importancia real.

Procesamiento para alimento humano

La cocción y el procesamiento de la yuca ofrecen alguna solución para dos de las desventajas más importantes de esta raíz: su toxicidad y su perecibilidad. Generalmente la yuca no se consume cruda, debido a su toxicidad; sin embargo, en la región del Congo, Tanzania y Africa occidental se consume yuca cruda como bocadillo o refrigerio.

Todas las formas de procesamiento de la yuca bajan los niveles de glucósidos cianogénicos y de ácido prúsico en el producto final; el grado de reducción varía mucho según el tipo de procesamiento. Mediante el procesamiento de la yuca para secarla se reduce también la perecibilidad surgida del deterioro que normalmente sufre la raíz desde las 24 horas después de la cosecha.

Cocción de la yuca fresca. La forma más sencilla de preparar la yuca consiste en pelarla inmediatamente después de la cosecha y hervirla durante 10 a 40 minutos, hasta que se ablande; el tiempo de ebullición necesario depende de la variedad. Después de la cocción, la yuca se puede comer o cortar en trozos para luego freírla.

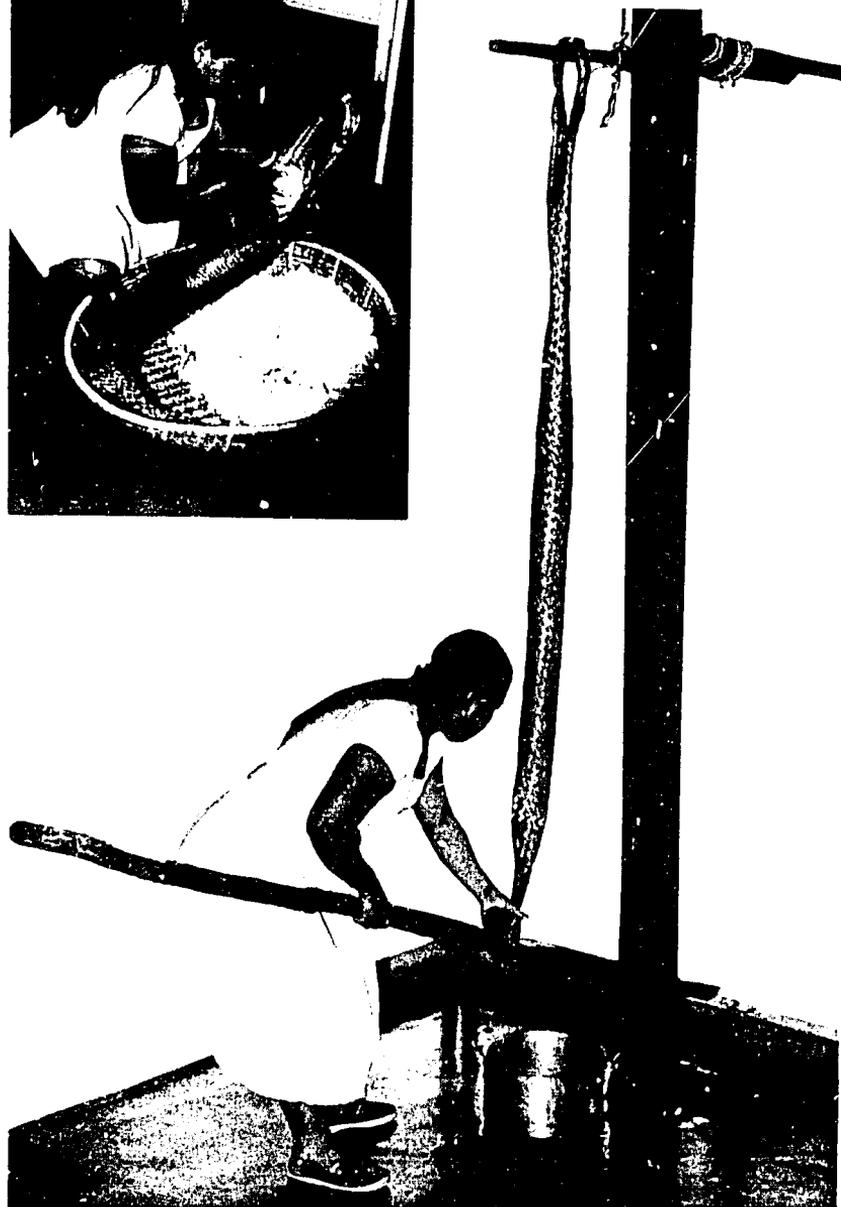
Sólo se debe utilizar yuca dulce, ya que la amarga conserva su sabor después de la cocción, y además es peligrosa por su toxicidad. Aunque la ebullición destruye la enzima linamarasa y elimina el ácido prúsico, no destruye la linamarina, cuya ingestión por períodos prolongados puede acarrear intoxicaciones crónicas de cianuro, si la dieta carece de suficiente proteína y yodo.

La yuca fresca, preparada normalmente en sopas o atoles (coladas), es un alimento típico de las áreas yuqueras tropicales, aunque su consumo es mucho mayor en las áreas rurales que en las urbanas, debido a su perecibilidad. La yuca procesada en harinas y otras formas se preserva mejor que la yuca fresca.

Harina de yuca. Las diferentes formas de harina de yuca se pueden clasificar a grandes rasgos en fermentadas y no fermentadas. La harina no fermentada se prepara moliendo las raíces peladas o cortándolas en trozos pequeños; luego el material resultante se seca y muele hasta formar la harina. El 'gaplek' en Indonesia consiste en trozos secos que luego se muelen; el 'kokonte' en Ghana se prepara de la misma manera, excepto que los trozos no se muelen inmediatamente después del secado. En Brasil, las grandes plantas procesadoras lavan, pelan y rallan mecánicamente la yuca; luego ésta se seca artificialmente con quemadores de leña o petróleo, y después se muele para producir la 'farinha de raspa'. En Africa, a menudo las raíces de yuca se sumergen en albercas con agua durante varios días, hasta que se ablanden; luego se pelan y secan al sol, antes de molerlas para producir la harina.

'Farinha d'agua' y 'farinha grossa'. La producción de 'farinha' es un proceso tradicional para producir harina de la yuca amarga. Los procesos para hacer 'farinha d'agua' y 'farinha grossa' son esencialmente los mismos, excepto que en el primero las raíces se sumergen en albercas con agua por varios días antes del pelado.

Las yucas peladas se railan, tradicionalmente en forma manual o modernamente en forma mecánica. Luego el producto del rallado se coloca dentro de un 'tipití' o 'matafrío', que es un tubo largo tejido como una canasta delgada; al estirar el tipití, se reduce su volumen interno exprimiendo el líquido de la masa de yuca que tiene dentro. El líquido, que contiene algo de almidón, se puede utilizar como base para sopas o estofados; también se puede dejar decantar para recuperar luego el almidón removiendo el líquido. La masa húmeda que queda en el tipití se coloca sobre bandejas grandes y planas, generalmente



Una vez lleno el tipiti con la yuca rallada (foto recuadro), se estira por medio de una palanca para extraer la mayor parte del agua de la masa. Este proceso permite eliminar parte del ácido prúsico. (FUENTE: CIAT.)

de cobre, y se tuesta, removiéndola, hasta que seque. La harina seca se puede empacar luego en bolsas, y almacenarse.

El 'gari'. La producción de 'gari' es una modificación del proceso para manufacturar farinha, que incluye fermentación y cocción del material; esto afecta su sabor. Las raíces se lavan, pelan y rallan. La masa resultante se coloca en bolsas y se exprime poniendo sobre éstas piedras y trozos de madera; en este proceso, que no es tan efectivo como el tipití, las bolsas permanecen presionadas por varios días durante los cuales la masa se fermenta. Esta masa se tuesta o se fríe en tientos pequeños, a menudo con aceite de palma, hasta que seca; luego se empaca en bolsas y se almacena. En los mercados de Africa occidental se encuentran diferentes tipos de 'gari'.

'Chickwague'. Este es un producto africano que no tiene un equivalente directo en América Latina. Las raíces se remojan en agua por varios días, hasta que ablandan; luego se pelan y maceran y, después de retirar las fibras de la pasta o amasijo resultante, se envuelve en hojas de banano. Este producto se puede comer directamente o después de cocinarlo.

Otros productos. Con la yuca se pueden preparar muchos otros productos, incluyendo cerveza, galletas y tortas. El 'cazabe' y el 'fufu' están entre los más importantes.

Para preparar el cazabe, en las islas del Caribe y en la costa atlántica de Colombia y Venezuela, la yuca se procesa de la misma manera como se hace para producir 'farinha', excepto que después de exprimir la pulpa se amasa hasta formar una torta plana que se asa a la plancha para obtener una especie de pan parecido a la tortilla; este pan se conoce como 'cazabe', y de aquí se originó el nombre 'cassava' (de la yuca) en inglés. En Africa, el 'fufu' se hace con la masa utilizada para hacer 'gari', la cual se fermenta bajo el agua y se seca luego.

El empleo en el procesamiento de la yuca

En casi todo el mundo la yuca se produce como un artículo básico de la dieta de los sectores pobres. Aproximadamente la mitad de la yuca que se usa como alimento humano ha sido



En las islas del Caribe y en algunas regiones de Colombia y Venezuela la yuca rallada y exprimida se asa en forma de cazabe, una especie de pan que se puede almacenar por largo tiempo. (FUENTE: CIAT.)

sometida a procesos especiales previos, generalmente hechos por la familia o a nivel de comunidad. El trabajo que se invierte en el procesamiento de la yuca es probablemente más grande que el que se utiliza para el cultivo y para la cosecha.

Los métodos tradicionales para el procesamiento de la yuca son tan laboriosos que hacen que el número de plantas mecanizadas aumente en muchas regiones. Los equipos que se usan en estos casos son tan sencillos que, exceptuando los motores, se construyen localmente creando así un estímulo a la pequeña industria.

La técnica de procesamiento más simple consiste en pelar las raíces y secarlas al sol, en bandejas. Este es un trabajo que generalmente hacen miembros de las familias en Zaire, India, Indonesia y Tanzania. En Zaire, el procesamiento y el almacenamiento de la yuca requieren hasta 20 días-hombre por tonelada de yuca fresca.

La labor necesaria para producir harinas especiales tales como la farinha y el gari puede ser enorme, y se realiza en su mayor parte en las fincas o en plantas de pequeñas poblaciones. A mediados de los años 70, la mayoría de las familias agrícolas del estado Centro Oriental de Nigeria procesaban manualmente la yuca, y enviaban a las plantas de los pueblos sólo el 24% de la producción para el rallado mecánico. El rallado manual de la yuca por sí solo requiere alrededor de 10 a 15 días-hombre por tonelada de yuca fresca. Adicionalmente, la yuca se tiene que pelar primero, y prensarla después para remover el agua; luego, se debe tostar y empacar. El uso de pequeños ralladores mecánicos reduce considerablemente la labor necesaria en el procesamiento. En muchos pueblos de Brasil son comunes las pequeñas unidades mecanizadas.

Se están estableciendo grandes fábricas para el procesamiento de la yuca en áreas que tienen un suministro permanente de raíces. Gran parte de la harina de yuca brasileña que se usa como un sustituto parcial del trigo en el pan se produce en fábricas que lavan y rallan la yuca mecánicamente, para secarla luego en hornos antes de molerla y empacarla. En Nigeria y Ghana se están construyendo grandes plantas mecanizadas para la producción de gari; como estas plantas necesitan entre 35 y 40 t de yuca fresca por día, se están integrando a plantaciones grandes.

Mercadeo de la yuca

Para el mercadeo de productos secos de yuca tales como farinha, gari y harina de yuca, se pueden utilizar los canales normales de artículos tales como el arroz y el maíz; sin embargo, la yuca fresca se debe comercializar rápidamente antes de que se deteriore. Debido a la perecibilidad del producto fresco, no es posible el arbitraje a grandes distancias, y precisamente por eso podrían esperarse fluctuaciones repentinas en los precios del producto. El hecho de que esto no ocurra con frecuencia sugiere que se han desarrollado sistemas de mercadeo de gran sofisticación.

La yuca fresca se debe vender al consumidor dentro de uno o dos días después de la cosecha, y se debe usar antes de la

primera semana. En áreas rurales o cercanas a los centros urbanos, la yuca se cosecha y un miembro de la familia la lleva directamente al mercado local para la venta. En Kerala, India, por ejemplo, es muy común que las mujeres lleven canastos con yuca sobre sus cabezas para las plazas de mercado, donde la venden directamente a los consumidores, o a tenderos o dueños de puestos de venta. Este sistema de mercadeo es común en los trópicos, donde el sitio de producción está cerca al de mercadeo. Debido al cercano contacto entre el productor y el consumidor, el agricultor puede regular la cosecha y mantener un balance en el suministro con respecto a la demanda existente.

En áreas donde el mercado está lejos de las zonas de producción se han desarrollado sistemas más sofisticados de mercadeo. En Africa occidental y en algunas regiones de América del Sur, la yuca fresca es transportada por intermediarios a grandes distancias hasta los centros urbanos populosos; estos intermediarios proporcionan el transporte y regulan el suministro de la yuca a los mercados.

El intermediario puede hacer contratos con los agricultores para que cosechen cierta cantidad de yuca para un día determinado cuando ellos la recogen, o pueden comprar un lote de yuca para luego cosecharlo con sus obreros, según la demanda del mercado. La diferencia entre el precio recibido por el productor y el que paga el consumidor puede llegar a ser considerable, debido a que la persona que comercia con un producto de tan alta perecibilidad debe aceptar un nivel de riesgo alto: no puede almacenar el producto si su transporte falla o si el mercado está saturado, y por lo tanto puede quedar con un cargamento de yuca podrida sin ningún valor comercial.

El futuro de la yuca como alimento humano

La población del mundo se duplicará en los próximos 50 años; la mayor parte de este aumento poblacional ocurrirá en los países en desarrollo, los cuales están concentrados en los trópicos. El Instituto Internacional sobre Políticas de Investigación en Alimentos ha estimado que para satisfacer las deman-

das del mercado, la producción global de alimentos debe aumentar aproximadamente un 3 ó 4% anual; si se van a satisfacer los requerimientos nutricionales mínimos de la población mundial, la producción de alimentos tendrá que incrementarse anualmente entre el 5.4 y el 6.3%. La inhabilidad de los países en desarrollo para mantener una producción que satisfaga esta demanda en aumento ha obligado a tales países a duplicar las importaciones de cereales, las cuales llegaron a 100 millones de toneladas durante los años 70.

Para aumentar la producción de alimentos, los planificadores nacionales y las personas que administran los programas agrícolas internacionales han enfocado sus esfuerzos hacia la investigación en cereales. Considerando la importancia actual de los cereales en los presupuestos nacionales para la producción de alimentos, la estrategia parece correcta; sin embargo, esta política ha tendido a promover la idea de que los cereales son la única solución al problema, en lugar de considerarlos como una solución potencial entre muchas otras existentes. En Asia, por ejemplo, en 1975 los gastos en investigación para cereales fueron mucho más altos que para los cultivos de raíces y tubérculos, en términos de porcentaje del valor total de la producción (Cuadro 2.3). Dentro del sistema de centros internacionales de investigación agrícola, el apoyo para la investigación en yuca durante 1982 fue de sólo el 2% del presupuesto total, mientras que el 5% del total de calorías que consumen los países con deficiencia alimentaria proviene de la yuca. La parcialidad hacia los cereales tiende a opacar la potencialidad de los cultivos de raíces para aliviar los déficits de alimento y energía básica de los países menos desarrollados.

Una razón para la actual falta de atención a los cultivos de raíces, especialmente la yuca, se basa en la creencia generalizada de que son alimentos poco preferidos, de tal manera que si se eleva el nivel de vida de las personas, la demanda y el consumo del producto decaen. Por lo tanto, se argumenta que la importancia de la yuca como cultivo para la alimentación humana disminuirá a medida que los países se desarrollen. A pesar de que esta hipótesis puede tener algo de validez para las harinas de yuca, bajo ningún punto de vista es válida para la yuca fresca y muchos otros de sus derivados.

Cuadro 2.3. Inversiones de los países en vías de desarrollo para la investigación sobre alimentos amiláceos, en 1975.

Producto	Valores del producto (US \$10 ⁶)	Costo de la investigación (US \$10 ⁶)	Relación costo:valor ^a (%)
Sorgo	1500	12	0.77
Maíz	3000-4000	29	0.75
Papa	1000	8	0.68
Trigo	5000-6000	35	0.65
Caña de azúcar	5000-6000	30	0.50
Arroz	Más de 12,000	34	0.26 ^b
Batata	3000-4000	3	0.09
Yuca	5000-6000	4	0.07

a. Proporción de los costos de la investigación con respecto al valor del producto.

b. En el arroz de aguas poco profundas, la relación es 0.40.

FUENTE: National Academy of Sciences, 1977 (adaptación).

Yuca fresca. Estudios realizados en Indonesia han demostrado que la compra de yuca fresca por persona tiende a incrementarse a medida que aumenta el nivel de ingresos, para estabilizarse cuando los niveles son altos (Cuadro 2.4). Resultados similares se han obtenido en Brasil, donde se encontró una positiva elasticidad de la demanda de yuca fresca, y en Ghana, donde la compra de yuca fresca no presentó tendencia a decrecer cuando los niveles de ingresos aumentaron (Cuadro 2.5). Sin embargo, no se pudo encontrar una tendencia similar en las zonas urbanas de Nigeria. Por otra parte, en Indonesia la elasticidad cruzada de la demanda de yuca y la del arroz fue muy alta, sugiriendo que si la introducción de técnicas mejoradas de producción y almacenamiento redujeran los precios al consumidor, el consumo de yuca se aumentaría sustancialmente.

La yuca fresca se mercadea principalmente en las áreas rurales de producción o en los centros urbanos cercanos a

ellas; este hecho no significa necesariamente una demanda baja de yuca en otras áreas. En Colombia, la yuca no se puede cultivar cerca a Bogotá —el centro urbano más importante del país— porque el clima de la región circunvecina es muy frío.

Cuadro 2.4. Consumo de yuca fresca y de harina de yuca (gaplek) según niveles de ingresos en Java, en 1976.

Niveles de ingresos (rupias/persona)	Consumo semanal (g/persona)	
	Yuca fresca	Gaplek
Menos de 1000	203	142
1000-1999	318	283
2000-2999	414	215
3000-3999	527	174
4000-4999	664	123
5000-5999	662	78
6000-7999	640	60
8000-9999	640	30
Más de 10,000	607	35

FUENTE: Jones, 1978

Cuadro 2.5. Consumo de yuca fresca y yuca seca (kokonte) según nivel de ingresos, en Ghana.

Ingreso mensual de la familia (chelines ganeses)	Consumo diario (cal/persona)	
	Yuca fresca	Kokonte
100-199	482	138
200-249	402	56
250-299	491	46
Más de 300	453	10

FUENTE: Kaneda y Johnston, 1961.

Sin embargo, existe un mercado de yuca considerable en esta ciudad, y los precios pueden llegar a ser tres veces más altos que los que reciben los cultivadores; adicionalmente, la yuca de alta calidad tiene un precio especial, 40 a 60% mayor. Estas observaciones indican que la yuca fresca de buena calidad es alimento preferido, por lo menos en Colombia.

La yuca fresca es a menudo la fuente más barata de calorías de las áreas rurales (Cuadro 2.6). Sin embargo, en los centros urbanos es muchas veces un artículo de lujo, debido al alto margen de mercadeo; el volumen de la yuca y su extrema perecibilidad hacen que su transporte sea muy costoso y su manejo muy arriesgado. Las raíces comienzan a deteriorarse dentro de las primeras 24 horas después de la cosecha, y por lo tanto, el intermediario tiene que comprarlas y venderlas rápidamente. Adicionalmente, frecuentemente cuando la yuca

Cuadro 2.6. Costo relativo de la yuca en diferentes formas, con respecto al de otros alimentos básicos (arroz y maíz).

País y año	Forma de la yuca	Calorías de yuca que se pueden comprar por el valor de 1 cal de otro alimento	
		Arroz	Maíz
India (1970-71)	Indeterminada	2.23	-
Indonesia (1976)	Gaplek	2.27	1.32
	Fresca	1.51	0.87
Ghana (1955)	Kokonte ^a	3.18-1.96	1.12-1.33
	Fresca	1.94	0.81-1.11
Nigeria (1973)	Gari	2.42	1.08
Nigeria (1975/76)	Fresca	-	1.23
Brasil (1975)	Farinha	2.10	1.75
	Fresca	0.91	0.76

a. Raíces secas.

FUENTES: Para India: United Nations, 1975; para Indonesia: Jones, 1978; para Ghana: Poleman, 1961; para Nigeria 1973: Goering, 1979; para Nigeria 1975/76: Ezeilo, 1979; para Brasil: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1978.

fresca llega a los mercados urbanos, ya ha comenzado a deteriorarse y los consumidores no sólo se ven forzados a comprar un producto de baja calidad sino a gastarlo inmediatamente después de su compra (a menos que puedan refrigerarlo). Por otra parte, el contenido bajo de carbohidratos está normalmente asociado con la resistencia al deterioro, y esto hace que los productores para los mercados urbanos prefieran seleccionar variedades con poco contenido de almidón, el cual también está relacionado con la baja calidad del producto.

Por lo tanto, debido a la alta perecibilidad de la yuca, su precio en las áreas urbanas es alto, su calidad es baja y los consumidores que no tienen refrigerador no pueden consumirla diariamente. Si se disminuyera la perecibilidad de la yuca, se bajarían los precios al consumidor (suponiendo un ajuste en el margen de mercadeo), se mejoraría la calidad y se incrementaría la demanda en las áreas urbanas.

La harina de yuca. La harina de yuca es una fuente de calorías extremadamente barata (Cuadro 2.6), pero no es un alimento preferido; estudios sobre el kokonte en Ghana y el gaplek en Indonesia han mostrado que su consumo decrece cuando aumentan los niveles de ingresos (Cuadros 2.4 y 2.5). Investigadores de Brasil y Nigeria han encontrado que cuando los ingresos aumentan, el consumo de yuca seca decrece pero el de yuca fresca aumenta. En general, en los países en desarrollo, el consumo de harina de yuca declina al incrementarse los ingresos.

La urbanización también tiene sus efectos. Exceptuando posiblemente lo que ocurre en algunas partes de Africa occidental, en las áreas urbanas el consumo de harina de yuca tiende a ser más bajo que en las áreas rurales. Como en muchos países se registra un aumento en la proporción de la población urbana, la demanda por los productos tradicionales a base de harina de yuca parece decrecer. Consecuentemente, aunque el crecimiento de la población puede implicar un aumento en la demanda total de harina de yuca, ese aumento no será tan rápido como el incremento de la población si los niveles de ingresos aumentan y si una mayor proporción de la población vive en las ciudades. El efecto neto de estas tenden-

cias contrarias, en cuanto a los productos tradicionales a base de harina de yuca, será un cambio relativamente pequeño en la demanda total en las áreas con un incremento grande en la población y un desarrollo lento; en países con un bajo crecimiento de la población y un rápido desarrollo, la demanda podrá decaer drásticamente.

La situación puede ser diferente si una gran proporción de la población tiene pocos recursos. Entre la gente muy pobre el consumo de harina de yuca tiende a aumentar a medida que aumentan los ingresos; esto sugiere que si los ingresos aumentan, o si el precio de la yuca decrece, el consumo de harina de yuca podría crecer sustancialmente. Por otra parte, la demanda de yuca depende de su precio relativo con respecto a otros productos alimenticios tradicionales; en Indonesia, donde el producto alimenticio tradicional es el arroz, un aumento en el precio de éste conduce a un consumo más alto de gaplek.

Estas observaciones sugieren que el consumo de la harina de yuca se incrementaría si se desarrollara una nueva tecnología para bajar los precios sustancialmente en relación con otros alimentos tradicionales. Este resultado sólo es probable cuando la gente es tan pobre que compra las calorías más baratas sin importarles la forma como ellas estén disponibles. De todas maneras, es importante no subestimar el papel potencial de la yuca como la fuente más barata de calorías para aliviar las deficiencias energéticas de gran número de personas extremadamente pobres que viven en los trópicos bajos.

Nuevos usos de la harina de yuca. En la mayoría de los países en desarrollo la demanda por pan está aumentando rápidamente, pero sólo unos pocos pueden cultivar exitosamente el trigo en gran escala; por lo tanto, la mayoría de esos países importan el trigo y lo venden a precios subsidiados. Esta política no sólo perjudica las reservas monetarias de los países y resulta costosa para el tesoro nacional, sino que también desestimula el uso de sustitutos producidos localmente.

Muchos estudios han demostrado que es posible incorporar harina o almidón de yuca en el pan hasta niveles de 10 y 20%, con muy poca alteración de la calidad.

La mayor parte de la investigación acerca de la incorporación de yuca en el pan se ha hecho usando el almidón, en cantidades que han llegado hasta el 40%, y se ha conservado una calidad aceptable mediante el uso de dilatadores. Sin embargo, es preferible usar harina de yuca en lugar del almidón ya que éste es más costoso que la harina debido a su alto costo de procesamiento. El pan hecho de harina de yuca tiene una calidad inferior a la del pan elaborado con mezclas de almidón; sin embargo, con niveles de harina de yuca de hasta 30% se han obtenido mezclas satisfactorias, y usando entre un 10 a 15% de harina se ha producido un pan virtualmente indistinguible del elaborado con harina de trigo sola. En el nordeste de Brasil y en Senegal se ha usado hasta más de 25% de harina de yuca en el pan.

Si las autoridades gubernamentales fomentaran la incorporación de yuca en las mezclas para preparar pan y eliminaran los subsidios a la importación de trigo, el resultado sería un gran aumento en la demanda de harina de yuca (y posiblemente de yuca fresca). Brasil ha anunciado un plan para eliminar gradualmente todos los subsidios a la importación de trigo, con el fin de fomentar el uso de productos locales y reducir los gastos en divisas extranjeras.

Además de la fabricación de pan, la harina de yuca se puede usar en muchos otros productos, tales como tortas y galletas. En la India se usa la yuca para preparar espaguetis y fideos; en Indonesia el gaplek se usa algunas veces para aumentar la harina de trigo en la preparación de fideos; el almidón de yuca se utiliza también como producto para la alimentación humana, especialmente para producir el refrigerio llamado 'krupuk'; en Tailandia, el mayor uso doméstico de la yuca es en la confitería.

La Yuca en la Alimentación Animal

En los últimos 20 años la yuca se ha convertido en un alimento animal de gran importancia. La evidencia más patente es la exportación de trozos secos de yuca desde Tailandia especialmente hacia la Comunidad Europea; las exportaciones tailan-

desas aumentaron de 150,000 t en 1958 a 6 millones de toneladas dos décadas más tarde. De un total estimado de 25 millones de toneladas de yuca fresca utilizada en la alimentación animal en 1978, cerca de la mitad se consumió en los países en desarrollo, especialmente de las Américas. Brasil, cuya producción total de yuca para la alimentación animal se estima oficialmente en 9 millones de toneladas pero es probablemente de alrededor de 4 millones, es el país que más utiliza la yuca en la alimentación animal.

La yuca como base para raciones alimenticias

Las investigaciones iniciales sobre las raíces de yuca como fuente energética para animales de engorde mostraron que, inclusive con complementos proteínicos, los cerdos y los pollos que se alimentaban con yuca tenían una tasa de crecimiento y una eficiencia en la conversión de alimentos más bajas que aquellos animales alimentados con dietas basadas en el maíz. Más recientemente, la suplementación con metionina ha resultado ser muy importante. La metionina es un aminoácido esencial que además juega un papel importante en la desintoxicación por cianuro.

Mediante la adición de proteína, metionina y niveles adecuados de minerales y vitaminas, es posible reemplazar el maíz con niveles bajos de yuca en las dietas para cerdos y pollos sin que se afecte su comportamiento. Al usar niveles altos de yuca pueden haber problemas, principalmente para lograr que los animales consuman las cantidades adecuadas del alimento; la naturaleza polvorosa de la yuca, y su tendencia a formar una pasta en la boca de los animales, dificulta su ingestión. Estos problemas se pueden evitar granulando la yuca.

En raciones peletizadas cuidadosamente balanceadas se puede usar hasta el 60% de harina de yuca en el caso de pollos de engorde, y hasta un 50% en el de ponedoras; para engordar cerdos desde 17 a 35 kg de peso vivo, se puede utilizar yuca hasta en un 50% de la dieta; para cerdos más pesados, se puede incrementar la harina de yuca hasta el 70%. Estos datos demuestran el tremendo potencial que existe para usar la yuca

en la dieta animal en los países tropicales, reduciendo por lo tanto las importaciones de cereales.

Las raíces de yuca dulce, ya sea seca o fresca, son una excelente fuente energética para los rumiantes. Experimentos sobre dietas para vacas lecheras, complementadas con yuca, han demostrado consistentemente incrementos en la producción de leche. La yuca se puede utilizar sin problema alguno para reemplazar los cereales en ganado de engorde.

En algunas áreas de Brasil, toda la planta se usa como forraje para el ganado después de molida y seca. Las hojas, con su alto contenido de proteína (del 20 al 30% base seca), se han usado exitosamente como suplemento proteínico en las dietas para ganado de carne. Investigaciones hechas en Venezuela y Colombia han demostrado el potencial que tienen los tallos verdes y las hojas de yuca como cultivo forrajero de alto contenido proteínico; los rendimientos anuales han llegado hasta cuatro toneladas de proteína cruda por hectárea.

El uso de toda la planta de yuca como un forraje completo tiene sus inconvenientes. En Tailandia se consideró la exportación de hojas secas, pero se observó que siendo las hojas una forma de devolver nutrientes al suelo, su venta forzaría a los cultivadores a comprar fertilizantes costosos para mantener la fertilidad del suelo. Por lo tanto, el uso de las hojas de yuca como alimento para animales solamente podría ser práctico en las fincas en donde se puede usar el estiércol para abonar el campo.

Procesamiento de yuca en trocitos y 'pélets'

En Tailandia, Malaysia, Sumatra e Indonesia, la producción de trocitos secos de yuca (pedazos irregulares pequeños en Tailandia, tiras o tajadas en Malaysia, y de diferentes formas en Indonesia) se ha incrementado tremendamente durante los últimos 10 años. La industria más grande es la de Tailandia, donde se han instalado pequeñas plantas de secado en los poblados de las áreas productoras; una planta pequeña procesa cerca de 16 t de yuca por día.



Con las picadoras de yuca y pisos de cemento para el secado, se puede producir yuca seca a bajo costo. (FUENTE: CIAT.)

Las raíces se depositan manualmente o por medio de transportadores en las pequeñas trozadoras construidas localmente. Para secar los trozos se esparcen en patios de cemento, labor que antes se realizaba en forma manual pero que actualmente se hace con maquinaria; la yuca picada se voltea periódicamente (cada hora o más en el día), durante dos a cuatro días consecutivos; cuando está suficientemente seca se almacena en bodegas. Si llueve antes de que los trozos sequen, éstos se amontonan en pilas y se cubren con una lona plástica hasta cuando la lluvia cese.

Estas actividades emplean mucha gente. En Tailandia, una planta con 70 trabajadores procesa 40 t de yuca fresca por día; por lo tanto, la labor de procesamiento utiliza cerca de 2 días-hombre por tonelada de yuca fresca. Estas cifras sugieren que en Tailandia, donde se procesan cerca de 12 millones de toneladas de yuca fresca durante el año, se emplean 100,000 o más personas en la industria del secado de la yuca.

Malaysia tiene un sistema un poco similar, pero frecuentemente se usan tractores para esparcir y recoger la yuca. Un estudio hecho allí mostró que una unidad que procesaba de 12 a 15 t por día de raíces frescas empleaba 16 a 20 personas; sin embargo, otra unidad con dos tractores procesaba de 18 a 26 t por día con sólo 12 personas. El uso de tractores para esparcir los trozos de yuca se está haciendo muy común en Tailandia.

Después de secada la yuca los tailandeses la peletizan. Hasta hace poco, gran parte del equipo de las plantas peletizadoras se importaba, pero ahora la mayor parte de ellas usan equipo fabricado localmente para producir lo que se llama 'pélet nativo'. En esta forma, la creciente industria yuquera de Tailandia proporciona considerable empleo, tanto en la producción a nivel de fincas, como en los pueblos en las plantas de secamiento y peletización, y estimula, a la vez, el desarrollo de fábricas locales de maquinaria.

Futuro de la yuca como alimento animal

La Comunidad Económica Europea (CEE) es el más grande consumidor de yuca para la alimentación animal, como resultado de los altos aranceles que impone a la importación de granos y alimentos concentrados con el fin de proteger a sus cultivadores de cereales. Bajo el Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT por su nombre en inglés), la yuca, que no era un alimento de importancia para el ganado cuando se hizo el convenio, fue objeto de un arancel especial; éste era de sólo el 6%, o del 18% del impuesto a la cebada según resultara más bajo; estas tarifas bajas hicieron de los trocitos secos de yuca una alternativa económicamente más atractiva para los mezcladores europeos de alimento para animales que la que ofrecían los cereales.

En 1980 el mercado de exportación de yuca estuvo dominado por Tailandia, país que exportó el 80% del total, y por Indonesia que exportó el 12%. Tailandia ha desarrollado un puerto de aguas profundas con facilidades de almacenamiento, específicamente para la exportación de yuca, y hace grandes economías de escala al embarcar lotes hasta de 100,000 t. Sería muy

difícil para cualquier país desplazar a Tailandia de su posición dominante en el mercado de exportación, a menos que el precio de su materia prima fuera sustancialmente más bajo o la calidad sustancialmente mejor.

La industria tailandesa de trozado, secado y embarque está basada en una tecnología de bajo costo; esta situación trae como resultado un producto barato pero de baja calidad, que algunas veces es adulterado con arena y otros materiales como aserrín de madera. La proyección del país para expandir la exportación a Europa es poco promisoría. Debido a que las importaciones de yuca han disminuido la demanda de cebada, hay considerable presión de parte de los agricultores europeos para que se aumenten las tarifas a la yuca; sin tarifas especiales, la yuca no podría ser competitiva en Europa. Hasta ahora no han habido cambios, pero Tailandia ha aceptado voluntariamente restringir sus exportaciones y está recibiendo ayuda foránea para desarrollar sistemas de cultivos como alternativa para las áreas de mayor producción de yuca en el nordeste del país.

Otros países podrían entrar al mercado de la yuca si dispusieran de mejores métodos de secado que les permitieran ofrecer un producto de mejor calidad y obtener precios más altos, y si se desarrollaran otros mercados como los de Japón y Corea del Sur. Japón importa anualmente cerca de nueve millones de toneladas de maíz y cinco millones de toneladas de sorgo, productos que se podrían reemplazar, por lo menos en parte, con productos de yuca. Debido a que Japón tiene una balanza comercial positiva con muchos de los países mayores productores de granos en el mundo, se le facilita importar granos de ellos; Corea del Sur importó 30,000 t de trozos de yuca seca en 1982.

El bloque soviético también importa grandes cantidades de granos; en años recientes sus importaciones de maíz superaron los 13 millones de toneladas anuales. Estos países tratan de aumentar la producción de carne, y para tal fin requieren grandes cantidades de energía a bajo costo para las raciones de los animales. La URSS ha satisfecho esos requerimientos importando granos de países tradicionalmente exportadores,

pero en el futuro la demanda se podría satisfacer, al menos en parte, con grandes importaciones de trocitos de yuca seca o de pélets.

Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo son importadores de fuentes básicas de energía tales como los cereales, y probablemente sea más lógico para ellos satisfacer primero sus demandas internas con productos como la yuca antes de ir al mercado de exportación, que es altamente competitivo.

Desde 1960, el surgimiento de las industrias porcina y avícola en los países en desarrollo ha causado incrementos dramáticos en las importaciones de sorgo, maíz y soya para concentrados. Como la demanda de carne continúa incrementándose, los países en desarrollo tendrán que aumentar la importación de granos, expandir la producción de cereales o encontrar fuentes alternativas de energía para la alimentación de sus animales. El incremento de las importaciones debilitará la balanza de pagos del mundo en desarrollo y no ayudará a los países a crear bienestar y empleo dentro sus propias fronteras. La expansión de la producción de granos para la alimentación animal, particularmente del sorgo, ha reducido en muchos países su dependencia de los cereales importados para ese propósito; sin embargo, dicha producción utiliza con frecuencia tierras y recursos como el riego, que se podrían utilizar en la producción de alimentos para humanos.

Un cultivo sustitutivo, que se pueda sembrar con pocos insumos comprados en tierras sin uso, o que tenga sólo una utilidad marginal para la producción de alimento para humanos, podría ser más eficiente. La yuca tiene potencial para esta sustitución. Estudios realizados en Colombia han demostrado que, inclusive con niveles de producción tan bajos como 10 t/ha, la yuca puede competir con cereales tales como el sorgo.

México, que importa de 4 a 5 millones de toneladas de cereales por año, de los cuales 1 a 2 millones se destinan para dietas balanceadas para porcinos, se ha embarcado en un ambicioso proyecto para producir yuca en los suelos más pobres del sureste del país. Se espera que este proyecto no sólo reduzca la dependencia de la importación de granos sino

que también contribuya a aumentar los ingresos en una de las áreas mexicanas menos desarrolladas.

Malaysia importa cantidades considerables de cereales —más de 400,000 t de maíz por año, de 1979 a 1981— pero el incremento en la producción de yuca está reemplazando tales importaciones; se estima que en 1970 se incorporaron aproximadamente 28,000 t de trozos secos y pélets de yuca a las raciones para animales; en 1980, más de 30 fabricantes locales de alimentos para animales usaban productos de yuca en sus raciones.

Usos Industriales de la Yuca

La yuca es de las materias primas más comunes para la producción de almidón. El almidón de yuca se usa en la industria de alimentos, en la fabricación de papel, como lubricante en la perforación de pozos petroleros, y en la industria textil. Se usa también como sustrato para la producción de dextrinas, las cuales se usan en pegantes. En Brasil y Australia se produjo alcohol de yuca durante la segunda guerra mundial; este uso declinó al disponer de suministros más baratos a base de petróleo, pero el interés en él se ha renovado cuando el precio del petróleo crudo se ha incrementado.

Almidón

En las áreas productoras de yuca de las Américas y de Asia hay pequeñas fábricas de almidón localizadas cerca de las fincas que suministran la materia prima. Estas fábricas usan intensivamente la mano de obra pero sólo manufacturan una fracción pequeña del almidón disponible; su rendimiento típico diario es de aproximadamente 1 t de almidón seco por 5 t de yuca fresca que procesan, para lo cual emplean entre cinco y ocho personas. Las raíces se pelan manualmente, pero el resto del proceso es semi-mecanizado, lo que permite a una persona procesar aproximadamente 1 t de yuca fresca por día. Debido a la baja calidad del almidón, estas pequeñas fábricas difícilmente pueden competir con otras muy mecanizadas, las cuales hacen un uso menos intensivo de la mano de obra.

Desde los 'ralladeros' de Colombia que producen diariamente hasta 1 t de almidón de yuca hasta las fábricas mecanizadas de Tailandia y Malaysia que producen más de 100 t, el proceso de la extracción es esencialmente el mismo. Las raíces se lavan, se pelan y maceran finamente; el líquido que contiene el almidón se separa de la fibra filtrándolo de alguna manera, y luego el almidón se separa del agua por sedimentación o centrifugación; después del secado natural o artificial, el almidón se muele para convertirlo en polvo fino.

En algunas partes de Colombia y Brasil se produce un almidón agrio; para procesarlo, se deja fermentar el almidón húmedo hasta por 20 días para luego secarlo normalmente. El almidón agrio tiene un sabor distinto; al mezclarlo con queso, huevos y agua se produce el pan tradicional llamado 'pan de yuca' o 'pão de queijo'.

El almidón de yuca se produce en la mayoría de los países productores de esta raíz en Asia y en las Américas, así como en Togo, en Africa. Sin embargo, muchos de los países productores también importan almidón periódicamente. En 1974 Brasil importó productos amiláceos de Estados Unidos por US\$1.4 millones. Durante los primeros nueve meses de 1976 Indonesia importó 59,000 t de almidón de yuca, aunque lo exportó durante 1979 y 1980; desde 1982 importó otra vez almidón de Tailandia. Filipinas y Guyana también importan pequeñas cantidades de almidón de yuca, aunque estos países tienen la posibilidad de ser autosuficientes en la producción de almidón.

Los más grandes importadores de almidón de yuca son Estados Unidos y Japón, aunque en años recientes las importaciones de Estados Unidos se han reducido. El mercado del almidón de yuca ha estado plagado de problemas relacionados con su suministro errático y su baja calidad. Tailandia es el más grande exportador de almidón de yuca y sus modernos molinos producen una cantidad estable de almidón de alta calidad.

El mercado internacional del almidón es muy complejo y, con el rápido desarrollo de los almidones modificados, los países desarrollados pueden ser mercados difíciles de penetrar. Sin embargo, el almidón de yuca se prefiere para la preparación de ciertos alimentos y para la fabricación de papel y cartón. Esto



La fermentación del almidón húmedo es una práctica frecuente en algunas pequeñas rallanderías de América Latina, destinada a obtener un producto (almidón agrio) para la fabricación de ciertos tipos de pan. (FUENTE: CIAT)

indica que probablemente exista una demanda de exportación continuada pero pequeña.

El almidón es importante en la industria textilera como lubricante y para engomar; en los países en desarrollo, que tienen grandes industrias textiles, la demanda potencial por este producto puede ser alta. Por otra parte no se han examinado en detalle las posibilidades para usar el almidón de yuca como dulcificante. En los países desarrollados hay un uso creciente de almíbares de fructuosa para reemplazar el azúcar; como el almidón es la materia prima para la preparación de jarabes de fructuosa, la yuca se podría usar como base para esta industria. Indonesia, que importó 782,000 t de azúcar en 1981, ha construido varias plantas para producir almíbares de fructuosa con el fin de reemplazar sus importaciones.

Alcohol

En los años 70 cuando la compañía brasileña de petróleo, PETROBRAS, hizo planes para reemplazar con alcohol la mayor parte de la gasolina que usaba, hubo mucho escepticismo. Sin embargo, los crecientes precios de los productos derivados del petróleo han demostrado que el enfoque brasileño para resolver la crisis energética tenía considerable potencial. A medida que el suministro de productos derivados del petróleo sea más difícil, la demanda de sustitutos tales como el alcohol se incrementará y será difícil de satisfacer.

Las agencias gubernamentales de Colombia, Tailandia, Filipinas, Zambia, Papúa Nueva Guinea y Zimbabwe han estudiado la posibilidad de producir alcohol de yuca como un sustituto del petróleo. La yuca es una fuente particularmente atractiva para ese propósito porque se puede producir en suelos marginales y no necesita competir por la tierra utilizada para cultivos alimenticios. Sin embargo, debido a la caída del precio del petróleo, en la década de los ochenta el interés en el uso de alcohol carburante ha mermado.

Brasil produjo en 1980 suficiente alcohol para reemplazar el 20% de la gasolina necesaria para sus automóviles. La mayor

parte de este alcohol se obtenía por fermentación del azúcar de la caña, lo cual era posible por el bajo precio del azúcar en los mercados mundiales y por la superproducción brasileña de ese producto. Sin embargo, en el futuro quizás no sea posible aumentar el suministro del alcohol de caña de azúcar (pues el cultivo requiere suelos muy buenos) sin perjudicar la capacidad del país para producir alimento humano. Consecuentemente, los planes de Brasil se dirigieron hacia la expansión de la producción de alcohol a partir de yuca cultivada en áreas agrícolamente menos favorecidas. Sin embargo estos planes no prosperaron.

El mayor interrogante que se plantea en la producción de alcohol de yuca relaciona con el balance energético del sistema; cuando se utiliza la caña de azúcar para hacer alcohol se emplea el bagazo como combustible, pero no se ha desarrollado hasta el momento ninguna tecnología para utilizar los tallos de yuca en forma comparable, aunque el uso de éstos mejoraría mucho la relación energética. En Brasil, donde las destilerías de yuca usan leña, se analizó el sistema total de producción de yuca, bosques y producción de alcohol, y se encontró una relación energética cercana a 9:1. Sin embargo, otros cálculos no fueron tan favorables, ya que algunos bajaron hasta 1.2:1.

El uso de energía en el proceso de destilación es considerable (Cuadro 2.7), pero los avances tecnológicos podrían reducir considerablemente los requerimientos. Las levaduras tolerantes al alcohol, por ejemplo, pueden incrementar el contenido de etanol (alcohol) en la fermentación del líquido desde 6 hasta 12%, y reducir en un 30% los requerimientos de energía durante la destilación. Por otra parte, la mayoría de las estimaciones para yuca se basan en datos de rendimientos más bien conservadores, relacionados con los niveles usados en los cálculos para insumos agrícolas, como fertilizantes. A medida que la tecnología de producción aumente los rendimientos, se podría mejorar la relación energética del alcohol de yuca; inclusive ahora la relación energética es positiva, aunque a veces es relativamente pequeña. El desarrollo de tecnología mejorada para la conversión del alcohol deberá también mejorar la relación energética.

Cuadro 2.7. Relación de la energía neta (REN) en los alcoholes de caña de azúcar y de yuca, con diferentes métodos para el secado del producto y para la combustión en el proceso de destilación.

Materia prima	Métodos		Energía que producen (kcal/ha)	Energía que se consume (kcal/ha)			REN ^a
	Secado	Combustión		Trasporte agrícola	Destilación	Total	
Caña			5,590,000	640,000	20,000	660,000	8.47
Yuca	Sol	Tallos	5,570,000	700,000	420,000	1,120,000	4.97
	Mecánico	Tallos	5,570,000	760,000	680,000	1,440,000	3.87
		Petróleo		5,570,000	480,000	4,110,000	4,590,000

a. Por metro cúbico de alcohol absoluto.

FUENTE: Phillips, 1978.

No obstante, la producción de alcohol de yuca no se puede recomendar indiscriminadamente como una solución a los problemas energéticos de los países en desarrollo. En la asignación de recursos, seguramente dicha producción estará siempre en un segundo lugar después de la producción de alimentos. Como resultado, la producción de alcohol de yuca será posible solamente cuando aumente el precio de los combustibles, y en países que posean grandes áreas de tierra que no necesiten para la producción de alimentos y que tengan un potencial de producción de yuca superior a su demanda directa como alimento. Por otra parte, con la tecnología actual, las destilerías requieren una fuente barata de energía como combustible, con el fin de que el proceso sea rentable.

Capítulo 3

LA PRODUCCION DE YUCA

La mayor parte de la producción mundial de yuca está en manos de pequeños agricultores quienes emplean sistemas tradicionales de producción y obtienen rendimientos bajos pero estables. En general, las áreas productoras tienen pocas carreteras u otro tipo de infraestructura, y sus suelos son generalmente pobres. Los cultivadores usan prácticas agronómicas que demandan el uso intensivo de mano de obra, ya que sólo la preparación del suelo se hace a menudo en forma mecanizada.

Tamaño de las Fincas y Uso de Mano de Obra

En Asia, las fincas de los cultivadores de yuca son pequeñas; inclusive en Tailandia, en donde la raíz se produce casi exclusivamente para la exportación, tales fincas tienen sólo 3.3 ha, en promedio. En la India, en donde la yuca se produce más que todo para el consumo local, las fincas tienen menos de 1 ha y hay muchos solares cultivados en las áreas urbanas; Indonesia tiene algunas plantaciones grandes de yuca, pero la mayoría de las fincas productoras son pequeñas. Tanto en las Filipinas como en Malaysia, la yuca se cultiva en los solares; hay algunas plantaciones que pueden tener 20 ha o más, pero constituyen sólo una pequeña proporción de la producción total.

La información acerca del tamaño de las fincas productoras de yuca en Africa es escasa. En el sur de Nigeria, en donde se

15

cultiva la mayor parte de la yuca de ese país, el 75% de las fincas tienen menos de 1 ha; la falta de mecanización y el predominio de un tipo de agricultura migratoria sugiere que este tamaño pueda ser típico del continente.

En América del Sur las fincas tienden a ser un poco más grandes. Del área sembrada con yuca en los tres países más productores del continente —Brasil, Paraguay y Colombia— el 40 al 50% corresponde a fincas de 10 ha o menos; sin embargo existe una gran variabilidad en el tamaño de las fincas, inclusive entre regiones de un mismo país. Una encuesta hecha en Ecuador mostró que dos terceras partes del total de productores de yuca siembran menos de 6 ha, pero que el tamaño de las fincas variaba desde menos de 1 ha hasta más de 900 ha; la mayor parte de las fincas en una de las zonas estudiadas tenía menos de 2 ha, mientras en otra la mayoría estaba constituida por fincas de más de 10 ha.

A pesar del mayor tamaño de sus fincas, los cultivadores de América del Sur no son necesariamente más prósperos que los cultivadores de otros lugares. En su mayor parte, las tierras que usan para yuca tienen una fertilidad extremadamente baja y se consideran como marginales para la producción agrícola; la mayoría de los productores tienen muy pocos recursos para trabajar.

La mayor parte de la yuca se cultiva manualmente, excepto en el caso de la preparación del terreno que es mecanizada en algunos países. Una encuesta en Colombia mostró que algo más del 50% de los agricultores araban con tractores y que esta proporción estaba en aumento. También en Tailandia y Malasia la mayor parte del terreno que se siembra con yuca se prepara mecánicamente; en la India e Indonesia, sin embargo, la mayor parte de la labranza se hace en forma manual o con tracción animal. En África, el terreno se prepara normalmente a mano porque en las áreas en donde se cultiva predominantemente la yuca no hay animales de tracción a causa de la enfermedad del sueño transmitida por la mosca tsetse.

La preparación manual del terreno es lenta y laboriosa; en un lugar de Colombia se requirieron 33 días-hombre/ha para el desmonte y la preparación, mientras que el requerimiento

promedio para todo el país fue de 25 días-hombre; en Zaire se necesitaron cantidades similares de tiempo (Cuadro 3.1). Existen considerables diferencias en el tiempo requerido para las distintas operaciones de cultivo. En el sistema de tumba y quema en Zaire la siembra es la operación que consume más tiempo, probablemente por el poco trabajo que se le hace previamente al suelo; sin embargo, debido a que los agricultores limpian el terreno quemando la vegetación para eliminar las malezas, el control de éstas aquí requiere menos mano de obra que en Colombia o Tailandia. En estos dos países el control de malezas es casi totalmente manual, siendo la actividad más laboriosa en el proceso de producción de yuca.

La cosecha y el empaque de las raíces requieren también una considerable cantidad de jornales; así, en Zaire se necesitan hasta 50 días-hombre/ha mientras en Tailandia, donde los rendimientos son ligeramente mayores, se necesitan 20 días-

Cuadro 3.1. Trabajo utilizado para la producción de yuca en tres países, y eficiencia del mismo con respecto a la producción.^a

Concepto	Colombia		Tailandia	Zaire	
	A	B	A	BC	BD
Trabajo (días-hombre/ha)					
Preparación del suelo		25	10	25	16
Siembra	9	11	10	35	35
Deshierba	47	44	33	10	10
Cosecha y empaque	31	25	20	50	50
Total	87	105	73	120	111
Productividad					
Rendimiento (t/ha)	11	11	15	10	10
Eficiencia (días-hombre/t)	8	10	5	12	11

a. A - Con preparación mecánica del suelo, B - preparación manual, C - después de limpiar el bosque, D - después de limpiar el rebrote del bosque

FUENTES. Para Colombia: Díaz et al., 1975, para Tailandia: Phillips, 1977, para Zaire: Jonhson, 1958

hombre. El trabajo requerido para la cosecha y el empaque está muy influenciado por la facilidad de cosecha que tenga la variedad, por el tipo de suelo y la manera de empacar las raíces.

Los resultados de estudios sobre el uso de mano de obra en tres países, que se resumen en el Cuadro 3.1, muestran que los requerimientos son un poco semejantes para la preparación mecánica del terreno y para la preparación manual. Otros estudios, sin embargo, han encontrado un mayor uso de la mano de obra en otras partes: 200 días-hombre/ha en Nigeria, 300 días-hombre/ha en Indonesia y en promedio para toda Africa, y 100 días-hombre/ha en las Filipinas sólo para la cosecha. Existe poca información que explique cifras tan altas. Parece, sin embargo, que en general se requieren de 70 a 90 días-hombre para una hectárea preparada mecánicamente, y de 100 a 200 días-hombre si el terreno se prepara manualmente.

La yuca requiere más trabajo por hectárea que la mayoría de otros cultivos productores de almidón. Sin embargo, cuando se hace la comparación en términos de trabajo empleado por caloría producida en los sistemas agrícolas tradicionales, los requerimientos de la yuca no son excesivos.

Areas de Producción

Aunque la yuca se cultiva bajo condiciones diversas en los trópicos, se pueden considerar varias categorías amplias que cubren una vasta mayoría de las áreas productoras.

Areas tropicales bajas con una estación seca pronunciada

Cerca de la mitad del área yuquera está en regiones tropicales bajas que tienen una estación seca pronunciada; el nordeste de Brasil, la costa norte de Colombia, India, Tailandia, Java y partes de Zaire y Tanzania son algunos ejemplos. Estas áreas reciben entre 800 y 2000 mm de lluvia/año y tienen un período seco de tres a seis meses cuando sólo cae el 10% de la lluvia total anual. Las temperaturas anuales son mayores de

22 °C en promedio. Los suelos son generalmente de textura ligera, baja fertilidad inherente y ácidos, con valores de pH a veces menores de 4.5.

Trópicos bajos calientes y húmedos

Como trópicos bajos calientes y húmedos se clasifican las áreas yuqueras de la parte sur de África occidental, partes de Zaire, la jungla amazónica y las regiones menos pobladas de Indonesia.

Su precipitación pluvial anual es de más de 1500 mm, y la estación (o estaciones) seca es normalmente menor de tres meses. El promedio de temperatura es de 22 °C o más, con poca variación estacional. La vegetación natural, que consiste en bosque tropical lluvioso o rastrojo, se debe eliminar antes de la siembra.

Sabanas ácidas infértiles

Existen en los trópicos vastas áreas subutilizadas de suelos ácidos infértiles, la mayoría de las cuales están cubiertas de junglas o vegetación de sabana; estos suelos, clasificados como Oxisoles y Ultisoles, ocupan cerca de 1600 millones de hectáreas en 48 países en desarrollo. Las áreas de sabana tienen un tremendo potencial para el cultivo de especies que estén bien adaptadas a esas condiciones; su clima se caracteriza por una pronunciada estación seca de tres a seis meses; sus suelos, con valores de pH hasta de menos de 4.0, presentan a menudo niveles de aluminio intercambiable suficientemente altos para ser tóxicos a muchos cultivos. En Colombia, Venezuela, Brasil y Bolivia las sabanas son áreas yuqueras tradicionales.

Áreas con una estación invernal fría

La yuca se cultiva hasta latitudes de 30° norte y sur. Las áreas cercanas a estas latitudes tienen un invierno frío —ocurren heladas en situaciones extremas y cae nieve ocasionalmente— aunque el promedio de temperatura es usual-

mente superior a 20 °C; durante el verano las temperaturas son siempre altas. La precipitación pluvial anual es de 1000 mm o más, y la mayor parte de las lluvias ocurren durante los meses cálidos de verano. Bajo estas condiciones se cultiva la yuca en el sur de Brasil, en Paraguay, norte de Argentina, Cuba, sureste de los Estados Unidos (Florida), Taiwan y sur de China.

Áreas altas de los trópicos

La producción de yuca en alturas de 1500 a 2300 m.s.n.m. ocurre sólo en los Andes de Perú, Ecuador, y Colombia y en las regiones montañosas de África tropical. La precipitación anual en estas tierras altas es superior a 1500 mm, pero con distribución relativamente uniforme durante el año. El promedio anual de temperatura es de 17 a 22 °C.

Prácticas de Producción

El amplísimo conjunto de condiciones ecológicas y sociológicas bajo las cuales se cultiva la yuca da como resultado una gran diversidad de prácticas y sistemas de producción; sin embargo, algunas de las prácticas de producción son de uso extensivo. En lotes experimentales se ha logrado producir más de 70 t/ha de yuca fresca por año, y en muchas estaciones experimentales de diferentes partes del mundo son comunes rendimientos de más de 40 t/ha/año. En Colombia, algunos cultivadores han obtenido rendimientos superiores a 40 t/ha, y en algunos años el promedio de rendimiento de los mejores cultivadores de la región de Caicedonia se ha estimado en 35 t/ha.

Entre los países con más de 50,000 hectáreas sembradas de yuca, Angola (con 14.2 t/ha) y la India (con 16.7 t/ha) tienen los más altos rendimientos. El promedio de rendimiento mundial, sin embargo, es de menos de 9 t/ha, y cerca del 25% de los países obtienen rendimientos inferiores a 4 t/ha. De esta manera, los rendimientos de la mayoría de los países son sólo una fracción del potencial de producción, y hasta los más altos rendimientos nacionales son mucho menores que los obtenidos en parcelas experimentales.

Para analizar las causas de los bajos rendimientos obtenidos por los productores en comparación con los obtenidos en las estaciones experimentales, se han hecho estudios y establecido ensayos en fincas de cultivadores. En los estudios llevados a cabo en Tailandia, Nigeria, Colombia y Ecuador se ha destacado la importancia que tienen las plagas y enfermedades, la deficiente fertilidad del suelo, la asociación de cultivos, la deficiente calidad del material de siembra, el uso de prácticas agronómicas subóptimas y la carencia de variedades altamente rendidoras y resistentes a enfermedades y plagas; estos factores son los que mantienen tan bajos los rendimientos a nivel de finca.

Preparación del terreno

La yuca se siembra como cultivo migratorio en la mayor parte de Africa y en algunas partes de Asia y de las Américas. Los agricultores cortan el bosque o la vegetación de sabana y la queman antes de preparar el terreno con azadón. Luego hacen los hoyos, colocan materia orgánica en ellos y amontonan el suelo haciendo montículos sobre los cuales se siembran la yuca y otros cultivos. En algunas regiones de Colombia, en donde la erosión es un problema, los agricultores no preparan el terreno totalmente sino que aran los sitios (áreas pequeñas, de aproximadamente 50 x 50 cm) en los cuales siembran la yuca.

La preparación de todo el campo se puede hacer a mano, con animales de tracción o por medio de tractores; cuando la preparación es mecánica, el terreno se ara normalmente y se rastrilla con rastra o disco. En áreas en donde el drenaje es un problema, el terreno se prepara formando caballones o lomos sobre los cuales se siembra la yuca.

Variedades

La producción de yuca no se ha beneficiado con décadas de investigación como ha ocurrido en el caso de los cereales; la mayoría de las variedades de yuca son clones tradicionales



A causa de su rápido deterioro, la yuca se tiene que llevar cada día al mercado, apenas acabada de cosechar. (FUENTE: CIAT)

seleccionados por los mismos agricultores. En Africa y Asia la yuca es una especie introducida, y por lo tanto los agricultores han tenido que hacer sus selecciones a partir de una base genética limitada. Esa falta de variabilidad genética en *M. esculenta* ha hecho que los científicos de Africa, India e Indo-

nesia tengan que recurrir a los cruces interespecíficos, como una forma de aumentar dicha variabilidad.

En Indonesia, un agricultor llamado Mukibat desarrolló una técnica de injerto que ahora tiene su nombre, y que usa la 'yuca de árbol' (*Manihot glaziovii*) como injerto y la yuca como patrón. Este sistema, y otros basados en injertos múltiples, se usan en muchas fincas de este de Java. Aunque se duda acerca de la conveniencia del injerto en plantaciones grandes, la técnica permite rendimientos muy altos en las pocas plantas que los agricultores cultivan alrededor de sus casas. El crecimiento vigoroso proporciona sombra a la vivienda.

Un número pequeño de clones domina en las áreas de producción de Asia, así: en la India está el M-4 introducido de Malaysia; en Malaysia están 'Black twig' y 'Green twig'; en Tailandia, Rayong 1. En Africa Occidental y en la cuenca del Congo hay un mayor rango de variabilidad genética, y los cultivadores a menudo siembran varios clones en el mismo campo. En América Latina se dispone de mucha más variabilidad que en los otros continentes, y hay dentro de sus regiones un gran número de clones locales, cada uno con características especiales. Los agricultores generalmente siembran varios clones y conservan los híbridos que se producen naturalmente por germinación de semillas sexuales; ellos prueban y observan estas colecciones, y las pueden usar eventualmente en sus áreas de cultivo.

El potencial para incrementar los rendimientos por medio del mejoramiento genético es enorme. En ensayos llevados a cabo por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) bajo un amplio rango de condiciones ecológicas, las mejores líneas sobrepasaron los rendimientos de las líneas locales en más del 50%, inclusive con niveles mínimos de fertilizantes y fungicidas. Igualmente, el Central Tuber Crops Research Institute en la India y el International Institute of Tropical Agriculture en Nigeria han obtenido rendimientos altos con los nuevos híbridos.

Las nuevas variedades aún no se han distribuido ampliamente, hecho que también contribuye a la brecha en los rendimientos.

Debe tenerse cuidado, sin embargo, en la multiplicación y distribución masiva de nuevas variedades. Las experiencias ganadas en la India y Colombia, donde el mercado de la yuca fresca es importante, han destacado la importancia que tiene una calidad de las raíces conforme al gusto de los consumidores. Variedades con altos rendimientos pueden no ser las más ventajosas para el agricultor, si ellas no gozan de buena aceptación por parte del consumidor, ya que los rendimientos altos no compensan los bajos precios que aquél obtiene cuando la calidad de la raíz no es la deseada.

Por otra parte, muchos clones no se adaptan fácilmente a condiciones ecológicas nuevas. Por ejemplo, en Colombia, se seleccionó un clon de alto rendimiento en un sitio localizado a baja altitud sobre el nivel del mar y se recomendó para una región cercana, sin evaluarlo previamente allí. En esta última región, localizada a una altitud diferente, el nuevo clon sucumbió ante una enfermedad que no estaba presente en el sitio inicial, cuya temperatura era más cálida.

Las anteriores palabras de precaución tienen el fin de explicar el por qué las variedades con altos rendimientos no se usan comúnmente, sin pretender subestimar la posibilidad de que ellas lleguen a ser ampliamente adoptadas. En el sur de Brasil el híbrido-variedad Mantiqueira, desarrollado en el Instituto Agronómico de Campinas, se siembra en una amplia área del país y sus rendimientos son altos. Dicha variedad también se cultiva comercialmente en Cuba, República Dominicana y Colombia.

Material de siembra

El material de siembra de la yuca está constituido por tallos de plantas maduras (de por lo menos ocho meses de edad), que los cultivadores separan durante la cosecha, con destino a la siembra siguiente.

La 'semilla' se toma de la parte más leñosa del tallo, y se puede usar inmediatamente o se puede almacenar hasta por seis meses, si el período de cosecha no coincide con el tiempo



Las estacas para la próxima siembra se toman de plantas maduras, antes de la cosecha (FUENTE CIAT)

de siembra. Si se va a almacenar, se cortan estacas de un metro de largo y se guardan a la sombra, generalmente en atados y con la parte basal enterrada en el suelo, al pie de un árbol. Las estacas almacenadas producen retoños en el extremo superior, los cuales se podan antes de la siembra.

En el sur del Brasil, donde las estacas se tienen que guardar durante el frío invierno, el almacenamiento algunas veces se hace en depósitos subterráneos para evitar daños por congelamiento.

Generalmente es difícil para los cultivadores determinar la calidad del material de siembra; ellos prestan mucha atención a la germinación y al vigor inicial de las nuevas plantas, pero normalmente no conocen el estado nutricional y fitosanitario de las estacas originales. Aunque diferentes materiales de siembra tengan porcentajes de germinación o de retoñamiento similares, y aunque todas las plantas nuevas parezcan igualmente sanas, los rendimientos pueden diferir mucho de

acuerdo con el estado nutricional y sanitario de las plantas que originaron las estacas. La clave para seleccionar un buen material de siembra, que produzca rendimientos satisfactorios es: selección cuidadosa de las estacas de lotes que han dado buena producción, tratamiento con fungicidas y pesticidas, y almacenamiento apropiado.

Métodos de siembra

Inmediatamente antes de la siembra, los tallos destinados a ese propósito se cortan en trozos de 10 a 30 cm de largo, aunque ocasionalmente pueden ser más largos. Las estacas se pueden sembrar en posición horizontal, vertical, o inclinada; en la siembra horizontal, la estaca se entierra a 5 ó 10 cm por debajo de la superficie del suelo; en la siembra vertical o inclinada, sólo se entierra la mitad de la estaca o dos tercios de su longitud. Cuando la siembra se hace en caballones o montículos, la estaca se coloca sobre la parte superior. En algunas regiones de Cuba, en donde se riega después de la siembra, las estacas se colocan hacia la base del caballón. Sin embargo, este sistema de siembra está desapareciendo por los bajos rendimientos obtenidos y la ocurrencia frecuente de pudriciones radicales.

La densidad de siembra varía entre 7000 y 20,000 estacas por hectárea; las poblaciones altas se usan cuando la fertilidad del suelo es baja, cuando la yuca se siembra como monocultivo o cuando la variedad es erecta y de baja ramificación. La población más común es de 10,000 plantas por hectárea.

Aunque la yuca es relativamente tolerante a la sequía después de que se ha establecido, requiere una adecuada humedad en el suelo durante los dos a tres meses después de la siembra. En regiones con períodos secos prolongados, la yuca se siembra normalmente al principio de las lluvias; sin embargo, a menudo se hacen siembras secundarias dos o tres meses antes del comienzo de la estación seca.

Suelos y su manejo

La yuca se cultiva generalmente sin aplicación de fertilizantes en suelos con poca fertilidad inherente. Además, frecuentemente es el último cultivo en el proceso de rotación antes del período de descanso, debido a que, en comparación con otros cultivos, puede crecer y producir bien en suelos pobres. Los agricultores saben muy bien sobre la habilidad de la yuca para crecer en suelos agotados; los indios Campa de Perú, por ejemplo, siembran la yuca en monocultivo en el terreno más inclinado y menos fértil de su sistema agrícola de 'desmonte y quema'. En los suelos más planos y fértiles, ellos asocian la yuca con el maíz en la primera siembra y, cuando la fertilidad declina por las siembras sucesivas, disminuyen la población del maíz y aumentan la de yuca.

Los agricultores que no usan fertilizantes deben dejar descansar el terreno periódicamente. En un sistema de cultivo de rotación y descanso la producción de yuca está muy relacionada con la duración del descanso y con el número de cultivos que han precedido al de la yuca desde el último descanso. Sin embargo, la presión demográfica en muchos países ha llegado a ser demasiado grande para permitir que terrenos grandes permanezcan en descanso por un tiempo suficiente (o que reviertan a la vegetación de bosque o de sabana) para recuperar su fertilidad. Consecuentemente, la producción de yuca declina.

En algunos países los pequeños agricultores que tienen poca tierra y no pueden mantener el sistema de descanso por períodos largos, están comenzando a aplicar fertilizantes a la yuca. En las plantaciones grandes de Malaysia, la yuca se ha cultivado continuamente hasta por 15 años, y los rendimientos se han mantenido constantes en ausencia de problemas de enfermedades y con la aplicación de fertilizantes químicos.

Algunos cultivadores no usan fertilizantes en yuca pero fertilizan otros cultivos comerciales que preceden a la yuca en la rotación; la yuca usa entonces el fertilizante residual. Esa práctica es común en algunas regiones de Brasil y Perú, en donde la yuca se cultiva después del tabaco.

Se ha creído desde hace mucho tiempo que la yuca 'agota' o 'consume' el suelo. Por esta razón el Servicio Colonial Británico intentó restringir su cultivo en Malaysia, a principios de este siglo, limitando el área que se podría dedicar a él. Recientemente, el Ministerio de Agricultura de Tailandia estuvo muy preocupado acerca de las críticas hechas a la yuca e intentó, infructuosamente, limitar su cultivo en este país.

Muchos experimentos han mostrado que la yuca no extrae cantidades excesivas de nutrimentos del suelo. Por cada unidad de materia seca que ella produce, extrae nutrimentos en cantidades que, a excepción de la del potasio, no son más grandes que las que extraen muchos otros cultivos (Cuadro 3.2). Este hecho sugiere que la reputación de la yuca respecto al agotamiento del suelo es inmerecida, y que probablemente tal reputación proviene de la habilidad de la yuca para crecer en suelos ya agotados, en donde otros cultivos no pueden crecer. En tales circunstancias, no se debe a la yuca per se que otros cultivos no puedan crecer en suelos donde ella se ha cultivado y cosechado.

Cuadro 3.2. Comparación entre la yuca y otros cultivos, en términos de la cantidad de nutrimentos que extraen del suelo.

Cultivo	Nutrimentos (kg/t de mat. seca cosechada)				
	N	P	K	Ca	Mg
Yuca (raíces)	6	1	11	1.6	0.6
Cebada (grano)	21	5	6	0.9	1.4
Maíz (grano y tuza)	15	3	6	0.5	1.7
Papa (tubérculos)	10	2	22	0.8	1.3
Arroz (grano con cáscara)	13	3	4	0.4	1.6
Sorgo (grano)	20	4	4	0.5	1.9
Trigo (grano)	18	4	6	0.6	1.8

FUENTES: Nijholt, 1935; National Academy of Sciences, 1970; National Academy of Sciences, 1969.

Sin embargo, es imposible esperar que la yuca alcance su potencial de rendimiento en suelos agotados, a menos que se apliquen fertilizantes. La falta de una fertilización, aunque sea moderada, es uno de los factores que más influyen para que los rendimientos permanezcan por debajo de su potencial, a nivel de las fincas.

En las estaciones experimentales se obtiene a menudo una respuesta a la aplicación de fertilizantes mayor que la obtenida por los productores en sus fincas. Eso se debe a que los científicos normalmente cultivan sus ensayos bajo condiciones óptimas. La aplicación de fertilizantes puede incrementar la incidencia de enfermedades y la competencia de malezas, y por tal razón es importante no considerar esa práctica como una labor aislada; por el contrario, se debe considerar como parte integrante de la tecnología mejorada que se puede usar para reducir esas diferencias entre rendimientos. En regiones en donde la yuca se cultiva intensivamente, como en Cuba, el sur de Brasil y Australia, la fertilización es común; esto sin duda contribuye a los altos rendimientos que se logran en estos lugares.

Yuca en cultivos asociados

La siembra de la yuca con otros cultivos reduce sus rendimientos. Por ejemplo, en ensayos efectuados en Colombia, las siembras asociadas redujeron los rendimientos en un promedio estimado de 1.9 t/ha; en la India, en donde la yuca se cultiva bajo las palmas de coco, los rendimientos se reducen considerablemente.

Las diferencias entre los rendimientos de los agricultores y las estaciones experimentales se deben en parte a los cultivos asociados. A pesar de que el 30 al 40% de la yuca cultivada en el mundo se siembra en asociación con otros cultivos, casi todos los datos sobre el rendimiento en las estaciones experimentales se refieren a yuca en monocultivo.

La reducción en los rendimientos de la yuca a causa de su sistema de cultivo intercalado, sin embargo, no debe ser motivo de preocupación, ya que la producción total de alimento por hectárea puede aumentarse con este sistema.



En general la yuca se ajusta bien a los sistemas de cultivo en asociación, permitiendo así a las familias campesinas que los practican la obtención de mayor variedad de productos para su dieta

Control de malezas

Esta es una práctica importante durante los primeros estados de crecimiento de la yuca, porque es un cultivo lento para establecerse y cubrir la superficie del suelo. El control de malezas es a menudo la labor más intensiva en la producción de yuca. Inicialmente la preparación del terreno provee un control de las malezas, pero más tarde se pueden necesitar hasta seis a siete deshierbas con azadón o machete. Una vez que el cultivo se establezca bien, la sombra que producen sus hojas evita que las malezas le causen alguna competencia seria.

Manejo de plagas y enfermedades

Generalmente se cree que la yuca es muy tolerante al ataque de enfermedades y plagas, concepto que se originó principalmente en su tolerancia al ataque de las langostas en Africa. En

un gran número de experimentos se ha demostrado que otras plagas y enfermedades rara vez causan la pérdida completa del cultivo, pero sí pueden reducir los rendimientos muy severamente. Sorprendentemente, ataques más conspicuos de plagas como el gusano cachón, que causa esporádicamente defoliaciones completas, no produce pérdidas tan grandes en el rendimiento. Por el contrario, son más devastadores aquellos insectos y enfermedades que se presentan durante todo el ciclo del cultivo, tales como el mosaico africano, el añublo bacteriano de la yuca, la cercosporiosis y los ácaros.

Las pérdidas varían mucho de región a región. En América Latina, el centro de origen de la yuca, existen todos los problemas bióticos exceptuando las langostas y el mosaico africano. El estrecho contacto que históricamente ha tenido Africa con las Américas, especialmente por el comercio de esclavos, indujo no sólo el intercambio de clones de yuca sino también la transferencia de las enfermedades y plagas que la atacaban. Asia, por su parte, ha estado relativamente aislada de América Latina, y ha tenido menor incidencia de enfermedades y plagas de este continente (Cuadro 3.3).

Existe poca información acerca de las pérdidas que causan las enfermedades y las plagas en los cultivos de los agricultores. Las estimaciones surgidas de una encuesta realizada en Colombia indican que tanto el superalargamiento como las manchas foliares por *Cercospora* pueden reducir los rendimientos en 3 t/ha o más. En Nigeria, las pérdidas debidas al añublo bacteriano se han estimado en un 75%, y en Zaire una epidemia de esta enfermedad causó una reducción severa en los rendimientos, a mediados de los años 70. Por otra parte, la introducción de estacas infectadas del patógeno disminuyó los rendimientos en aproximadamente un 50% en una plantación grande de Brasil.

En Africa y la India, donde la enfermedad del mosaico africano es endémica, la reducción en los rendimientos se ha estimado hasta en un 90%, pero ciertamente el promedio es mucho menor. Esta enfermedad es diseminada por la mosca blanca, pero el hombre es también vector importante cuando usa estacas infectadas. Hay cierta evidencia respecto a la

erradicación del mosaico africano de algunas áreas yuqueras mediante el uso de material de siembra sano; sin embargo, a excepción de la India y Zanzíbar, no existen programas para producir estacas libres de mosaico con destino a los cultivadores.

Cuadro 3.3. Distribución mundial de las principales plagas y enfermedades de la yuca.

Pestes	Presentes en:		
	América Latina	Africa	Asia
Plagas			
Trips	X	X	
Acaros	X	X	X
Gusano cachón	X		
Mosca de la fruta	X		
Mosca del cogollo	X		
Mosca blanca	X	X	X
Barrenador del tallo	X	X	
Chizas	X	X	X
Gusano cortador	X		
Mosquitas de agallas	X		
Chinche de encaje	X		
Saltamontes	X		
Piojos	X	X	
Escamas	X	X	X
Hormigas cortadoras de hojas	X	X	
Grillos	X	X	
Termitas	X	X	X
Enfermedades			
Añublo bacteriano de la yuca	X	X	X
Superalargamiento	X		
Cuero de sapo	X		
<i>Phoma</i> spp.	X	?	?
<i>Cercospora</i> spp.	X	X	X
Antracnosis	X	X	
<i>Erwinia</i>	X		
Mosaico africano		X	Sólo en India
Pudriciones de la raíz	X	X	
Patógenos del mat. de siembra	X	X	

FUENTES: Bellotti y Schoonhoven, 1978; Lozano y Booth, 1974.

En las Américas, en donde la yuca se domesticó, los depredadores y parásitos naturales de las plagas de la yuca han evolucionado y se presentan en un delicado balance con las plagas. Adicionalmente, los agricultores han seleccionado líneas tolerantes a muchas plagas y a menudo siembran varias líneas o clones diferentes en una misma plantación para disminuir los riesgos de daños causados por ellas. Bajo el sistema tradicional de producción de las fincas, en el cual nunca se usan pesticidas, el balance se mantiene bien; sin embargo, con el uso indiscriminado de pesticidas, las pérdidas se pueden incrementar dramáticamente.

En Africa y Asia las plagas y enfermedades nuevas pueden causar más daños que en su centro de origen, porque a menudo no existen depredadores y parásitos naturales, y porque los agricultores no han seleccionado líneas tolerantes a esos problemas. Por ejemplo, en Africa, epifitias del ácaro verde y del piojo harinoso causan pérdidas severas; estas dos plagas se introdujeron recientemente a Africa, donde la escasa presencia de enemigos naturales les permitió aumentar rápidamente su población y causar daños severos a los cultivos. En las Américas ambas plagas son problema, pero no en la misma magnitud que en Africa.

No es fácil medir el efecto combinado que diferentes enfermedades y plagas tienen en los rendimientos de yuca. Sin embargo, es cierto que las enfermedades y las plagas constituyen la mayor razón para que los rendimientos en las fincas de los productores sean más bajos que en las estaciones experimentales. El uso de variedades resistentes y de material de siembra sano, y un manejo integral de las pestes podrían reducir las pérdidas sustancialmente.

La cosecha

A diferencia con cultivos tales como el arroz y el trigo, la yuca se puede cosechar más o menos cuando sea necesario. La cosecha se puede iniciar a los siete meses después de la siembra en áreas cálidas, y prolongarse hasta los 18 meses de edad o aún más. Los períodos prolongados de cultivo son

comunes en áreas que tienen inviernos fríos y en tierras altas con promedios bajos de temperatura. Como el contenido de almidón de las raíces tiende a ser más alto a temperaturas bajas, la yuca comúnmente se cosecha durante los meses más fríos; al comienzo de las lluvias después de un período de sequía prolongado, el contenido de almidón cae drásticamente.

Para efectuar la cosecha la mayoría de los cultivadores cortan la parte superior de la planta, dejando un estacón de aproximadamente 30 cm de largo del cual halan después para arrancarla; si el suelo está duro, amarran un palo al estacón y lo usan como palanca.

Existen cosechadoras mecánicas y otras ayudas para cosechar la yuca, pero su uso es limitado.

Capítulo 4

COMPONENTES DE LA NUEVA TECNOLOGIA

La yuca se ha considerado como un cultivo rústico, fuerte, tolerante a problemas causados por patógenos y plagas y producido principalmente por agricultores tradicionales. Esta reputación ha influido para que, con las excepciones de Brasil y la India, los países le hayan prestado poca atención al cultivo en el pasado.

En Brasil, el Instituto Agronómico de Campinas sostuvo un programa de investigación en yuca entre los años 40 y 50; las prácticas agronómicas mejoradas y las variedades resultantes influyeron en los altos rendimientos (19 t/ha en promedio en el estado de São Paulo, donde el Instituto está localizado). En la India, el Central Tuber Crops Research Institute ha estado desarrollando prácticas agronómicas durante los últimos 25 años. Estas prácticas, junto con la introducción de la variedad M-4 desde Malaysia, han incrementado los rendimientos en el estado de Kerala de 5 t/ha a más de 15.

Por otra parte, es notable la investigación en yuca que realizaron los holandeses en Indonesia antes de la segunda guerra mundial, la que hicieron los franceses en Madagascar y la de los británicos en Kenia. Estos primeros esfuerzos de investigación formaron las bases para el desarrollo de la tecnología nueva mejorada.

En 1967, De Vries, Ferwerda y Flach publicaron su ahora clásico artículo sobre el potencial de los diferentes cultivos en los trópicos y concluyeron que los cultivos de raíces y tubérculos, particularmente la yuca, tenían un potencial extraordinario

para producir calorías (Cuadro 4.1). En la misma época, un grupo de científicos, principalmente de las Indias Occidentales, formaron la International Tropical Root and Tuber Crops Society, la cual ha estimulado el interés científico sobre estos cultivos, mediante sus simposios trianuales.

En 1971 comenzaron a trabajar en yuca dos centros internacionales: el International Institute of Tropical Agriculture, en Nigeria, que tiene un programa sobre mejoramiento de cultivos de raíces tropicales, y cuya investigación en yuca se concentra en las condiciones africanas, y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, en Colombia, cuyo programa de yuca desarrolla sistemas de producción y procesamiento para las Américas y Asia. Durante las últimas dos décadas se han establecido programas nacionales de yuca en muchos países en desarrollo; adicionalmente, varias agencias de países desarrollados han contribuido a resolver los problemas relacionados con la producción de yuca y su utilización.

Ha surgido una nueva tecnología, no como resultado de hallazgos sobresalientes, sino de la integración de información obtenida por muchos investigadores durante muchos años en paquetes de producción. La composición exacta de cada paquete de producción difiere entre sí de acuerdo con las

Cuadro 4.1. Rendimiento máximo registrado (en peso seco y energía nutricional) en alimentos básicos tropicales.

Cultivo	Rendimiento máximo (t/ha/año)	Energía nutricional (kcal/ha/día)
Yuca	71	250
Maíz	20	200
Batata	65	180
Arroz	26	176
Sorgo	13	114
Trigo	12	110
Banano	39	80

FUENTE: De Vries, Ferwerda y Flach, 1967.

condiciones locales; por lo tanto, se requiere una investigación adaptativa cada vez que un paquete tecnológico se introduce a nuevas áreas de cultivo.

La nueva tecnología evoluciona rápidamente, y el esfuerzo mundial de investigación se amplía a medida que en las agencias nacionales e internacionales se incrementa el interés en el desarrollo del cultivo. Algunos componentes de la tecnología mejorada están actualmente muy bien probados, pero otros están aún en revalidación, sobre todo respecto a las nuevas variedades. Ello se debe a que el mejoramiento, la selección y la prueba de variedades requieren un tiempo considerable. De todas maneras, muchos de los componentes de la nueva tecnología están actualmente disponibles y otros están en estado avanzado de desarrollo, y muestran que muy pronto tendrán su impacto favorable en el logro del objetivo de incrementar la productividad.

Variedades Mejoradas

La mayoría de las variedades de yuca son el resultado de la selección hecha por generaciones de agricultores, de tal manera que están adaptadas a las condiciones ecológicas de la localidad en donde se cultivan. Particularmente en América Latina, en donde la yuca se originó, existe una enorme colección de variedades que prosperan en las localidades donde fueron seleccionadas; sin embargo, cuando estas variedades se sacan de su área de origen, a menudo fallan completamente.

Sólo unas pocas variedades rinden bien bajo condiciones ecológicas diversas. Un ejemplo de ellas es M Col 1684, un clon recolectado en Leticia (en la región amazónica de Colombia) que ha mostrado un potencial de rendimiento extraordinario en un amplio rango de condiciones ecológicas de varios países (Cuadro 4.2). Aunque esta variedad se comporta deficientemente en climas fríos y en áreas donde los trips son un problema, se ha demostrado la posibilidad de obtener variedades que pueden rendir bien bajo varias condiciones ambientales.

Cuadro 4.2. Rendimiento del clon M Col 1684 en lugares con diferentes condiciones ecológicas, en comparación con los producidos por las mejores variedades locales.

Lugar ^a	Condiciones del lugar			Rendimiento por variedad (t/ha)	
	Suelo	Período seco (duración)	Prom. de temp. (°C)	M Col 1684	Mejor var. local
Caicedonia (Col.)	fértil	corto	22	57.1	45.2
Carimagua (Col.)	infértil, ácido	medio	26	36.1	10.1
Media Luna (Col.)	infértil	largo	27	40.7	8.8
Santa Clara (C.R.)	moderadamente fértil	corto	22	35.0	19.7
Pichilingue (Ec.)	fértil	corto	25	42.4	18.0
San Cristóbal (R.D.)	moderadamente fértil	corto	25	39.9	24.6

a. Col. = Colombia; C.R. = Costa Rica; Ec. = Ecuador; R.D. = República Dominicana.

FUENTE: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1979.

af

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) están ofreciendo a los científicos de programas nacionales germoplasma y variedades superiores para su posible uso en programas de mejoramiento, selección y prueba. Hasta ahora no se ha encontrado la variedad de yuca 'milagro', que permita un dramático incremento en el potencial de rendimiento, comparable al que ofrecen las variedades enanas de trigo y arroz. Sin embargo, existe germoplasma de yuca con alto potencial de rendimiento, seleccionado del germoplasma latinoamericano, el cual se está incorporando a los programas de mejoramiento de las Américas y Asia. Este mismo germoplasma se ha cruzado en el IITA con líneas resistentes a enfermedades, y las progenies se han distribuido en África.

Parece poco probable que una variedad sirva para todas las áreas yuqueras del mundo, y más bien, se deben seleccionar variedades para las condiciones específicas bajo las cuales se van a cultivar.

Para obtener variedades mejoradas, el CIAT y el IITA siguen un proceso de selección similar, descentralizado. Esta estrategia de mejoramiento comprende la producción de material genético élite para cada una de las principales zonas climáticas y edafológicas en las cuales se cultiva la yuca. Las accesiones del germoplasma y los híbridos promisorios se siembran en estas zonas, y los clones que muestran allí caracteres deseables —como resistencia a enfermedades y plagas, alto contenido de almidón y buen potencial de rendimiento— se cruzan luego en las sedes (del CIAT o del IITA). Las progenies de estos cruces se seleccionan después en los sitios originales o se distribuyen a los programas nacionales de mejoramiento que están trabajando para condiciones similares. En esta forma, las dos instituciones ponen a disposición de los programas nacionales un gran número de semillas sexuales y un número menor de clones, de donde pueden seleccionar líneas bien adaptadas a suelos específicos y a las condiciones climáticas locales.

Un programa de mejoramiento de yuca es un proceso lento, que toma por lo menos 10 años desde el cruzamiento hasta la

liberación de la variedad o su prueba completa. Actualmente hay una gran cantidad de material promisorio con alto potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades y plagas, el cual estaría listo para su liberación en los años venideros.

Potencial de rendimiento

Aun después de que las raíces de la yuca comienzan a llenarse, la planta continúa produciendo hojas, las cuales convierten la energía solar en energía química, en forma de carbohidratos. Consecuentemente, para un desarrollo máximo de la raíz debe haber un adecuado balance entre la producción de hojas y tallos que las soportan por un lado, y el crecimiento de raíces por el otro. La planta debe tener suficiente área foliar para producir carbohidratos, pero la producción de hojas y tallos no debe ser tan grande que no deje carbohidratos disponibles para llenar las raíces.

El balance mencionado se ilustra esquemáticamente en la Figura 4.1, en donde se relaciona el peso de diferentes partes de la planta con el índice del área foliar, IAF. (El IAF es la relación entre el área total del follaje y el área de terreno que éste cubre.) Vale la pena anotar que el máximo crecimiento de las raíces ocurre cuando los IAF son considerablemente más bajos que los requeridos para una producción máxima de materia seca total o fitomasa.

El estudio de las bases fisiológicas de la producción ha permitido la formulación de un tipo ideal de planta para un rendimiento máximo. Este tipo de planta debería alcanzar un índice de área foliar de aproximadamente 3, y mantenerlo durante el resto de su ciclo de cultivo. La planta de yuca puede aumentar rápidamente su área foliar mediante la formación de hojas grandes, y puede mantener su IAF en 3 durante los últimos estados de crecimiento mediante una vida foliar individual larga y una ramificación tardía (Cuadro 4.3).

El parámetro más fácil de usar por parte del mejorador para medir la integración de la mayoría de estos factores en las plantas individuales es el índice de cosecha, o sea la relación entre el peso de las raíces y el peso total de la planta. El

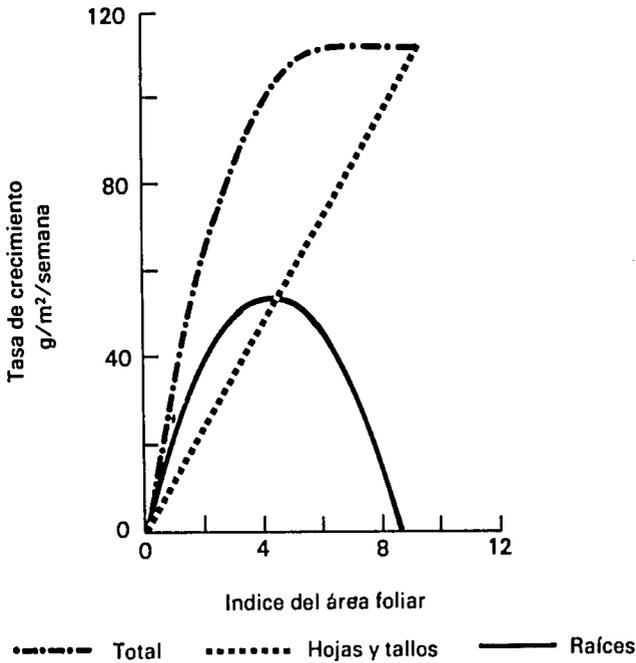


Figura 4.1. Interpretación fisiológica de una producción de follaje óptima para un rendimiento máximo.

rendimiento de una planta aislada no está correlacionado con el rendimiento de la misma cuando hace parte de una población; no obstante, el índice de cosecha de la planta tiene una relación útil, aunque imprecisa, con la producción del conjunto. Los rendimientos máximos se obtienen con tipos de plantas cuyo índice de cosecha fluctúe entre 0.5 y 0.7.

Un modelo de computador que describe el crecimiento del tipo ideal de planta, bajo buenas condiciones nutricionales y con niveles moderados de radiación solar, sugiere que el potencial anual de producción de yuca es de 90 t/ha de raíces frescas, o de 30 t/ha de raíces secas. En el CIAT, Colombia, se obtuvo un rendimiento de 28 t/ha de raíces secas por año en pequeñas parcelas con una línea híbrida que tenía características parecidas a las del tipo ideal de la planta descrito anteriormente. Igualmente, muchos híbridos han producido más de 20 t/ha de raíces frescas por año. Por lo tanto, bajo

Cuadro 4.3. Características de una variedad ideal de yuca para usarla bajo buenas condiciones de cultivo y a una densidad de siembra de 10,000 plantas/ha.

Característica	Descripción
Ramificación	Ramificación tardía, a los 6 a 9 meses después de la siembra. Sin chupones o ramas laterales.
Tamaño de la hoja	Tamaño máximo (aproximadamente 500 cm) a los 4 meses después de la siembra.
Duración de la hoja	Aproximadamente 100 días.
Índice de cosecha	Mayor que 0.5.
Índice del área foliar	Entre 2.5 y 3.5 para la mayor parte del ciclo de cultivo.
Cantidad de raíces	Nueve o más raíces por planta, usando densidades de 10,000 plantas/ha.
Número de brotes	Cada planta debería tener dos brotes principales de la estaca original.

FUENTE: Cock, Franklin, Sandoval y Juri, 1979.

buenas condiciones de crecimiento, un potencial de producción de 30 t/ha de raíces secas por año parece razonable.

El uso del índice de cosecha ha permitido a los mejoradores identificar clones con muy altos rendimientos. Sin embargo, los agricultores no han sembrado grandes extensiones con los primeros clones seleccionados en esta forma, debido a la baja calidad de sus raíces, la cual está generalmente relacionada con un bajo contenido de almidón o niveles altos de cianuro. De todas maneras, estos clones han demostrado que se puede hacer la selección por altos rendimientos, y existen clones nuevos que están ahora en un estado avanzado de evaluación, y que no tienen esas deficiencias de calidad.

Para desarrollar variedades con alto potencial de rendimiento en diferentes condiciones ecológicas, el programa de yuca del CIAT selecciona los materiales para los cruces en sitios representativos de las principales áreas yuqueras del mundo. Luego se efectúan los cruces en el centro experimental del

La resistencia horizontal, aunque no confiere inmunidad, no se rompe. Los fitomejoradores que confían en la resistencia vertical están continuamente forzados a investigar para encontrar nuevos genes de resistencia, e incorporarlos cuando la fuente de resistencia previamente usada pierde efectividad.

Probablemente la enfermedad más importante del cultivo de la yuca en varias zonas es el añublo bacteriano, ampliamente distribuido en las Américas, Asia y África. Sus síntomas típicos se caracterizan por manchas angulares pardas, las cuales se desarrollan formando áreas necrosadas grandes de color marrón y apariencia acuosa. Cuando la infección es aguda, los tallos y peciolo exudan una sustancia gomosa y los retoños y cogollos pueden sufrir muerte descendente. El añublo bacteriano es particularmente severo cuando las lluvias son frecuentes y existen fluctuaciones amplias en las temperaturas día-noche. Se disemina principalmente por la salpicadura del agua durante las lluvias y por el uso de estacas infectadas.

Se ha encontrado muy buena resistencia a esta enfermedad, y gran parte del trabajo de mejoramiento en el IITA y el CIAT se dirige a producir líneas resistentes a ella. Tanto el IITA como el CIAT han encontrado que las líneas resistentes mantienen su resistencia en otras áreas, y que plantas provenientes de semilla sexual producidas por cruces entre padres resistentes presentan una alta frecuencia de resistencia a la enfermedad.

El mosaico africano causa pérdidas severas en África y en India, y sorprende que no se haya encontrado en las Américas, que son el centro de origen de la yuca. La enfermedad, que se caracteriza por mosaico foliar y deformación de las hojas, es causada por un virus diseminado por la mosca blanca, por las estacas afectadas, y posiblemente por los machetes contaminados que se usan en la preparación del material de siembra.

Los cruces, efectuados en Tanzania hace muchos años, entre la yuca y la yuca de árbol (*Manihot glaziovii*) produjeron las líneas Amani con altos niveles de resistencia. Este material se está aprovechando ampliamente en los programas de mejoramiento de África e India. El IITA lo ha usado y ha efectuado nuevos cruces para producir un gran número de

CIAT, donde la floración es profusa. Los cruces se hacen específicamente para producir híbridos para cada una de las mayores áreas de cultivo del mundo. Los materiales obtenidos de los cruces se envían luego, para su posterior selección, a varios sitios así: a la costa norte de Colombia, representativa de los trópicos bajos, con una época de sequía pronunciada; a los Llanos Orientales de Colombia, que representan las sabanas ácidas e infértiles; a la selva lluviosa tropical en tierras bajas de Colombia, al este de los Andes; a áreas altas de Colombia; a Cuba, en donde existen marcados cambios estacionales de temperatura y fotoperíodo.

En el proceso de selección no se usan fungicidas, pesticidas ni riego; la cal agrícola y los fertilizantes se aplican a bajos niveles, pero sólo en los suelos ácidos e infértiles de los Llanos. Los rendimientos varían mucho entre sitio y sitio: desde más de 50 t/ha en las áreas más fértiles de la costa norte hasta 20-30 t/ha en los Llanos Orientales, donde los suelos son infértiles y donde hay alta presión de enfermedades y plagas.

Resistencia a enfermedades y plagas

Debido a que la yuca es una especie de período vegetativo largo, que se cultiva como fuente de calorías a bajo costo, no es económico para el agricultor usar fuertes aplicaciones de fungicidas y pesticidas para controlar las enfermedades y plagas. De ahí la gran atención que ponen los mejoradores en la incorporación de resistencia a esas pestes en las líneas nuevas que se producen.

El hecho de que la yuca normalmente crezca y se siembre durante todo el año, sin que una interrupción en el ciclo de cultivo permita disminuir las poblaciones de plagas y patógenos, ha tenido consecuencias evolutivas. La yuca ha evolucionado en las Américas, su centro de origen, como un cultivo con altos niveles de resistencia a los patógenos y a las plagas presentes en el ecosistema donde crece. El tipo de resistencia que ha desarrollado es generalmente horizontal o de campo, en lugar de ser del tipo vertical controlada por un solo gene, la cual frecuentemente se rompe cuando aparecen patotipos nuevos.

líneas resistentes al añublo bacteriano y al mosaico africano. Las líneas producidas se han distribuido en forma de semilla sexual en Africa e India, y han permitido la selección de clones resistentes adaptados a varias condiciones ecológicas.

El superalargamiento se describió por primera vez en los años 70, en las Américas, donde está ahora ampliamente distribuido; es una enfermedad que puede causar pérdidas severas en cultivos afectados al principio de las lluvias. Sus síntomas son un alargamiento exagerado de los entrenudos y deformación de las hojas. Se disemina por medio de estacas afectadas y esporas, las cuales pueden viajar a distancias largas, pero la infección sólo se presenta bajo condiciones de humedad. En el CIAT se han identificado variedades resistentes y se están haciendo esfuerzos para combinar esta resistencia con la del añublo bacteriano, ya que éstas son las dos enfermedades más importantes en las Américas.

Las plagas más destructivas de la yuca son los ácaros y los piojos harinosos. Los ácaros atacan principalmente durante la estación seca, y producen síntomas que varían de acuerdo con la especie del ácaro. El ácaro verde de la yuca (*Mononychellus tanajoa*) se introdujo desde el hemisferio occidental a Africa oriental en la década de los 60. En ausencia de enemigos naturales y ante grandes extensiones cultivadas con variedades susceptibles de yuca, el insecto se ha diseminado rápidamente y causa actualmente extensos daños desde Tanzania, en el este africano hasta la costa de Guinea, en Africa occidental. En el este africano y en América del Sur se han encontrado diferencias en la resistencia varietal a los ácaros, pero tomará algún tiempo a los mejoradores incorporar esta resistencia a líneas altamente rendidoras.

El piojo harinoso causa daños severos en Africa y en el nordeste de Brasil, donde hay pocos enemigos naturales y donde la mayoría de los clones locales son altamente susceptibles al insecto. Las especies predominantes son diferentes en estos dos sitios: están *Phenacoccus manihoti*, que se encontró en el sur de América del Sur y se introdujo al Africa recientemente, y *Phenacoccus herreni*, también nativo de las Américas, que parece haber sido introducido al nordeste del Brasil en

años recientes. Aunque se han identificado sólo pocas líneas resistentes, los niveles de resistencia probablemente se pueden incrementar en los programas de mejoramiento.

Los trips están ampliamente distribuidos en las Américas y, al igual que los ácaros, son comunes durante los períodos de sequía. Esta plaga baja los rendimientos de la yuca al deformar las hojas jóvenes y reducir su tamaño, inducir enanismo en los brotes nuevos de la planta y dañar el meristema apical, el cual puede morir en ataques severos. Se han encontrado muchos clones resistentes a esta plaga, y como resultado, la mayoría de los programas de mejoramiento están produciendo líneas resistentes para las áreas en donde ella es un problema.

Se conocen muchas otras enfermedades y plagas de la yuca, pero en general son menos importantes, o tienen significado sólo en ciertas localidades. La mancha de anillo (*Phoma*), por ejemplo, es la enfermedad más seria en las áreas altas ecuatoriales, pero existen altos niveles de resistencia, y se están seleccionando líneas especiales para esta área yuquera que es más bien limitada.

A pesar de las numerosas enfermedades y plagas que atacan la yuca, el largo ciclo de crecimiento del cultivo le permite tolerar aun la destrucción esporádica de sus hojas; una defoliación completa sólo reduce sus rendimientos en cerca del 20%. Sin embargo, las enfermedades y plagas endémicas pueden reducir severamente los rendimientos.

Usando un modelo de crecimiento simulado, se comparó el tipo tradicional de la planta de yuca con mucho follaje con un tipo de planta cercano al ideal, en términos del efecto causado por un ataque continuado de una enfermedad, tal como la causada por *Cercospora* spp., que acorta la vida de la hoja (Figura 4.2). Para el tipo de planta tradicional con mucho follaje, cuyo potencial de rendimiento es bajo, una disminución en la vida de la hoja causa poco impacto en la producción. El tipo de planta cercano al ideal es mucho más sensible a esa reducción (y por lo tanto a la enfermedad), aunque su potencial de rendimiento es mayor en todos los niveles del daño causado por la enfermedad. Este hecho sugiere que, aunque la yuca es generalmente fuerte, el control de las enfermedades y plagas

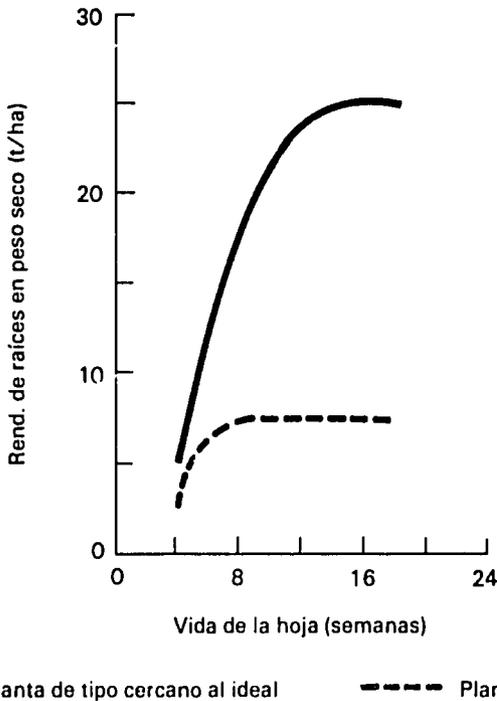


Figura 4.2. Rendimientos simulados de raíces en una planta de yuca cercana al ideal y en una de variedad tradicional vigorosa, en función de la vida de la hoja. (Los ataques de plagas o enfermedades acortan la vida de las hojas.)

en las variedades nuevas y con alto potencial de rendimiento tiene mayor importancia para la estabilidad de los rendimientos que en las variedades tradicionales.

Calidad de las raíces

El criterio acerca de la calidad de las raíces varía considerablemente de región en región. En América Latina los consumidores de algunas regiones prefieren las raíces de yuca con cáscara blanca, mientras que otros, inclusive dentro del mismo país, prefieren las raíces con cáscara marrón y coloración rosada bajo la epidermis. Tales preferencias de color han surgido generalmente porque son características particulares del clon local que posee una buena calidad culinaria.

Es probable que si se introducen líneas nuevas de yuca con alta calidad culinaria, sean aceptadas aunque tengan diferente color de piel. En una región donde la variedad local preferida tenía color rosado bajo la epidermis, la estación experimental comenzó una serie de ensayos con un tipo de yuca cuyas raíces tenían cáscara blanca pero buena calidad culinaria. El robo de ellas a la estación llegó a ser un problema severo y la yuca con cáscara blanca apareció en los mercados locales; inicialmente esta yuca se vendió a un precio bajo pero luego, a medida que su calidad se reconoció, se vendió al precio de la mejor yuca conocida.

La buena calidad de la raíz tiende a estar asociada con un bajo contenido de cianuro, alto contenido de almidón y resistencia al deterioro. Se cree en general que la yuca amarga, con niveles altos de cianuro, rinde más que los tipos dulces. Aunque esto pudo haber sido cierto antes, en las líneas que se están produciendo ahora no hay evidencia de que los tipos dulces tengan un potencial de rendimiento inferior. No se ha encontrado ningún tipo de yuca sin cianuro, pero se están desarrollando, por selección, clones que contienen niveles bajos de esa sustancia.

Las líneas con alto contenido de almidón y otras características deseables, tales como resistencia a enfermedades y alto potencial de rendimiento, están ahora en estado avanzado de evaluación en muchos países. Desafortunadamente las variedades con alto contenido de almidón tienden a tener propiedades indeseables en cuanto al almacenamiento de sus raíces. No es conveniente, por lo tanto, que los programas de yuca concentren sus actividades en el mejoramiento para contenido alto de almidón (o de materia seca) y presten poca atención a la solución de los problemas de almacenamiento.

En varias ocasiones, los mejoradores han intentado producir variedades con contenidos altos de proteína, y se han creado expectativas por informes de éxito al respecto. Sin embargo, los resultados de experimentos con líneas de alto contenido proteínico se deben interpretar cuidadosamente. El contenido de proteína en las raíces de yuca es a menudo alto antes de que ellas engruesen, por lo que las variedades que se cosechan

temprano o que tienen un bajo rendimiento inherente tienden a presentar niveles altos de proteína. Hay una buena razón para creer que la selección por contenido alto de proteína debe conducir a un potencial de rendimiento más bajo, ya que para la síntesis de la proteína se requiere casi el doble de los productos fotosintéticos primarios requeridos para la síntesis de un peso similar de almidón.

Liberación de variedades

Los productores pequeños de áreas yuqueras tradicionales siembran a menudo dos o más variedades en el mismo campo y constantemente prueban nuevos materiales. En la región amazónica de Colombia, los agricultores observan el comportamiento de las plantas que crecen de semilla sexual, y seleccionan las que muestran características deseables, para multiplicarlas.

De hecho, estos agricultores están llevando a cabo sus propios programas de mejoramiento; sin embargo, en este caso las recombinaciones provienen de cruces no controlados, y en un número muy bajo, lo que limita las oportunidades de los agricultores de obtener nuevas líneas superiores. Los programas de mejoramiento pueden reunir una cantidad de genes diferentes mucho mayor, y pueden hacer cruces dirigidos para combinar en una línea varios caracteres deseables diferentes. La prueba de un gran número de progenies aumenta considerablemente la probabilidad de un desarrollo exitoso de variedades mejoradas.

Una vez que un programa de mejoramiento ha identificado líneas particulares como promisorias, éstas se prueban durante varios ciclos para verificar tanto la estabilidad de su rendimiento y demás características de calidad, como su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ecológicas.

En la mayoría de los cultivos, esos propósitos se logran estableciendo un número grande de ensayos replicados. Sin embargo, en el caso de la yuca en las áreas tradicionales, los materiales promisorios se pueden distribuir a los agricultores aun antes de que hayan sido completamente evaluados para su

liberación formal. Los agricultores pueden cultivar y probar esos materiales y seleccionar los mejores para su multiplicación posterior, obteniendo una información que ayudará a los mejoradores a decidir sobre las variedades que se deben liberar. En esta forma los riesgos para los agricultores son mínimos.

En cultivos con una tasa rápida de propagación es peligroso dar a los agricultores o a las compañías productoras de semilla un material que no haya sido probado. Si se hiciera así, tal material se podría establecer ampliamente antes de que se pudiera reconocer algún defecto serio en él, lo cual podría conducir a un desastre para los agricultores. En el caso de la yuca, en cambio, la tasa de propagación es muy baja (a menos que se adopten técnicas especiales), y antes de que una variedad pueda ser ampliamente adoptada cualquier defecto que ella tenga, por pequeño que sea, alcanza a ponerse en evidencia, y los agricultores no difunden el cultivo de la misma. La entrega de materiales en período de prueba a los agricultores también tiene la ventaja de que éstos multiplican los clones, y cuando la variedad se libera oficialmente, hay suficiente material de siembra disponible.

En resumen, en las áreas yuqueras tradicionales el riesgo de que una nueva variedad se llegue a cultivar ampliamente y que luego falle, es mínimo. Si una variedad tiene serias deficiencias, los agricultores la rechazan mucho antes de que sus fallas causen problemas generalizados.

Sin embargo, la situación es un poco diferente si se trata de una área nueva a la cual se introduce la yuca para su cultivo en gran escala. Cuando se introduce a una región cualquier cultivo nuevo, o cuando el área sembrada se incrementa rápidamente, el cultivo tiende a permanecer relativamente libre de enfermedades y pestes por unos pocos años. Sin embargo, con el tiempo, y a medida que el área sembrada se extiende, los problemas sanitarios comienzan a aparecer. En cultivos cuyo valor comercial es alto se pueden utilizar productos químicos para el control de enfermedades e insectos; pero con cultivos como la yuca, cuyo valor comercial es bajo, este curso de acción es impráctico y oneroso. Por lo tanto, debe tenerse el

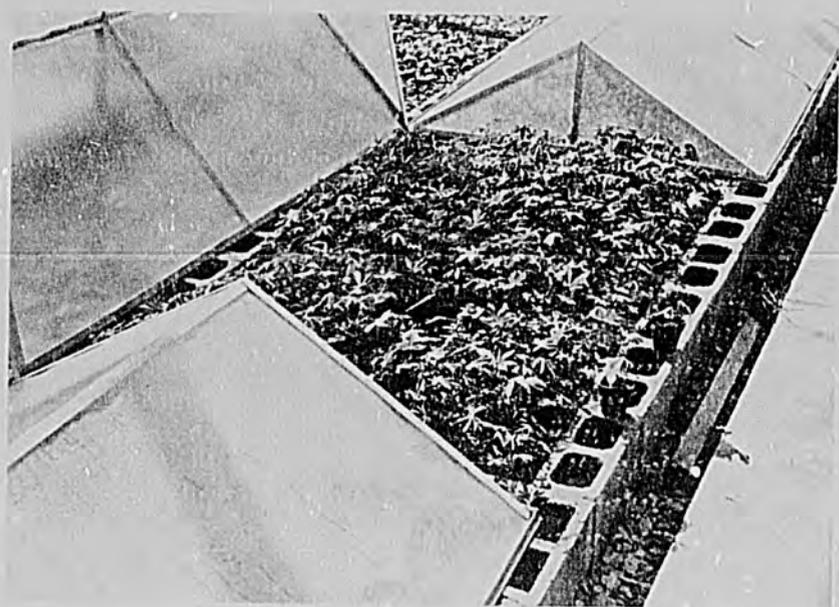
cuidado de obtener variedades que sean tolerantes a las plagas y enfermedades que puedan ocurrir cuando el cultivo se incrementa en el área.

El propósito anterior se puede alcanzar mejor haciendo un seguimiento cuidadoso de las nuevas variedades con respecto a la incidencia de plagas y enfermedades, y seleccionando aquéllas que se conozcan como tolerantes al complejo de plagas existentes en áreas con clima y suelos similares. Se deben recomendar para una misma área varias variedades con diferente composición genética, de tal forma que si una falla, otras queden disponibles. Adicionalmente, se deben establecer facilidades para la propagación rápida de materiales, de manera que, cuando surja un problema, se puedan multiplicar rápidamente las líneas nuevas tolerantes que reemplacen a las susceptibles.

Propagación rápida

En condiciones de campo, la yuca se puede multiplicar normalmente a una tasa de 3 a 30 veces por año, dependiendo de la variedad y de las condiciones ecológicas. Esta tasa de multiplicación es mucho más baja que la de muchos otros cultivos, particularmente de aquellos que se reproducen sexualmente. En años recientes, sin embargo, se han desarrollado dos técnicas simples para la propagación rápida de la yuca, con las cuales se puede producir más de un millón de estacas en menos de dos años, a partir de una estaca original. Puesto que tales técnicas requieren mucha mano de obra, la limitación actual para la propagación rápida de la yuca es más económica que biológica.

El método más simple se basa en los hechos de que los retoños muy jóvenes de yuca se pueden enraizar en agua, y que las yemas axilares brotan cuando se rompe el dominio apical. El método consiste en usar estacas de dos nudos, provenientes de plantas maduras de yuca, sembrándolas en cámaras especiales de propagación en donde se mantienen a temperatura y humedad altas. Allí las estacas brotan, y cuando los retoños tienen 10 cm de largo, se cortan cerca de la base para



En las condiciones de alta humedad de las cámaras de propagación, las plantas producen rápidamente brotes múltiples.

enraizarlos en agua; algunas yemas axilares quedan en la base del brote adheridas a la estaca original. Una vez que los retoños separados de la estaca han producido raíces, se pueden trasplantar directamente al campo; las yemas axilares que han quedado en la estaca original retoñan nuevamente, por lo que el proceso se puede repetir varias veces. Se puede esperar que cada estaca de dos nudos produzca un promedio de 8 a 10 retoños para enraizar. El proceso se muestra esquemáticamente en la Figura 4.3.

El segundo método de propagación requiere más cuidado, y no ha tenido mucho éxito en áreas con períodos fríos de invierno, aunque en otras áreas ha sido confiable y rápido. Este método involucra la obtención de propágulos a partir de plantas de tres meses de edad, cultivadas en el campo. El propágulo consiste en una hoja con su pecíolo, la yema localizada en la axila del pecíolo, y una pequeña porción de tejido caulinar. Una vez obtenido el propágulo se le corta la mitad de la lámina foliar (Figura 4.4) para reducir la transpiración, y se coloca en una

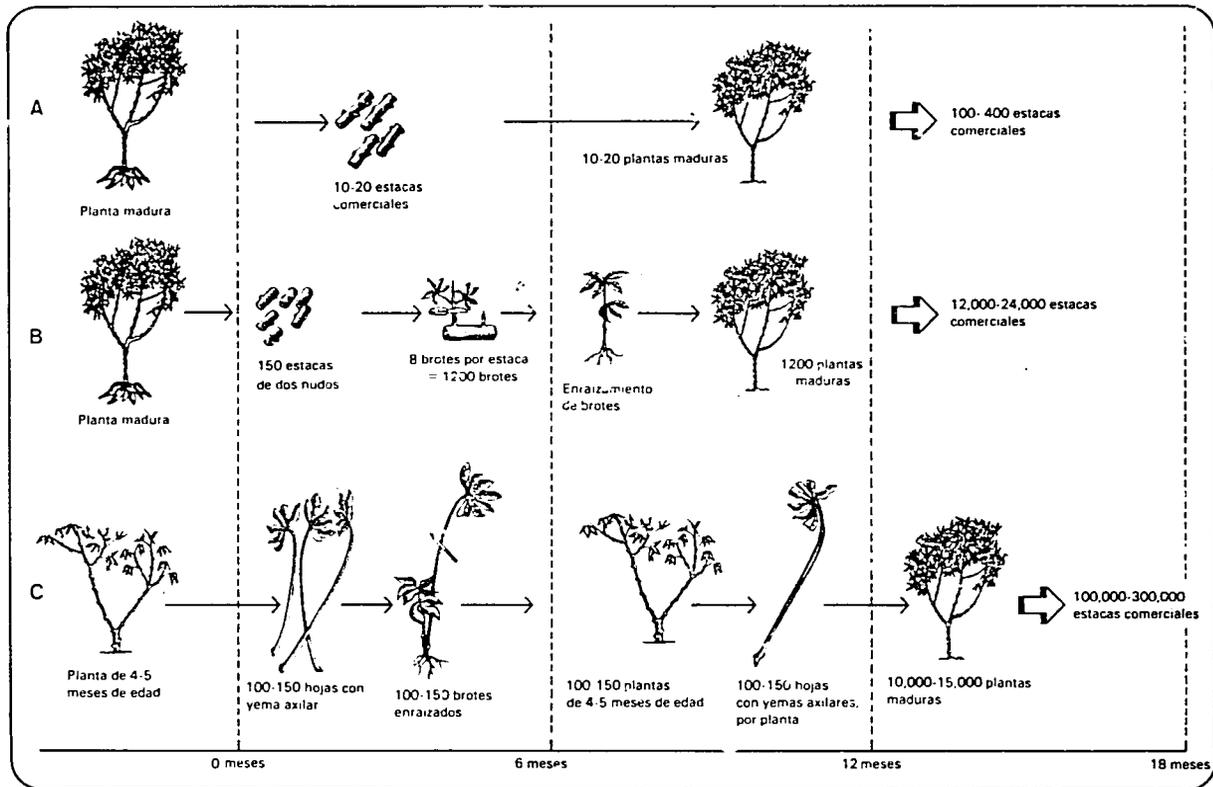


Figura 4.3. Tres métodos de propagación en la yuca: tradicional (A), de estacas con dos nudos (B) y foliar (C).

-
119

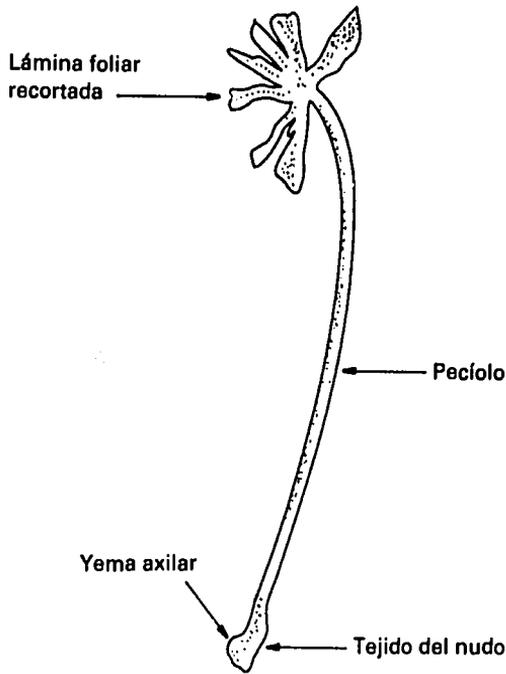


Figura 4.4. El propágulo, un elemento básico en el sistema de propagación foliar.

cámara húmeda. Después de aproximadamente dos semanas, el propágulo brota y produce raíces, y entonces se puede transferir a un pote con turba; pasadas 2 a 3 semanas, se puede trasplantar directamente al campo. Tres meses más tarde, se puede repetir todo el proceso.

Fertilización y Correctivos para el Suelo

La yuca es capaz de producir rendimientos modestos en suelos con fertilidad baja y con poco o ningún fertilizante, o sea en condiciones bajo las cuales sólo unos pocos cultivos crecerían. Sin embargo, la yuca responde a la fertilización, y en muchas regiones ésta puede aumentar considerablemente sus rendimientos.

Es importante determinar experimentalmente los requerimientos de fertilizantes de la yuca en diferentes suelos.

Muchas especies muestran síntomas bien definidos de deficiencias de nutrimentos mayores (por ejemplo, la deficiencia de nitrógeno en los cereales produce amarillamiento foliar), pero la yuca sólo muestra síntomas en casos extremos. Usualmente esta planta ajusta su crecimiento aéreo en relación con la disponibilidad de los nutrimentos mayores, de tal manera que mantiene un alto estado nutricional en las hojas, las cuales se ven normales y sanas. Por esta razón en un cultivo de yuca es difícil determinar visualmente su status nutricional; un cultivo aparentemente sano puede tener una severa limitación en su potencial de rendimiento por una carencia nutricional.

El nivel de fertilización apropiado para un rendimiento máximo de raíces es más bajo que el requerido para el crecimiento máximo de la planta; así, las aplicaciones altas de fertilizantes, particularmente de nitrógeno, pueden estimular el crecimiento aéreo a tal punto que pueda disminuir el rendimiento de las raíces, aunque el peso total de la planta aumente. En el caso de la yuca, a diferencia de lo que ocurre con las variedades modernas de trigo y arroz, no hay evidencia de que esta tendencia en los rendimientos a decrecer con el uso de altos niveles de fertilización desaparezca con el desarrollo de variedades altamente rendidoras, resistentes al volcamiento. Consecuentemente, para un rendimiento máximo de raíces la yuca tiene requerimientos relativamente bajos de nutrimentos, en oposición a lo que ocurre con el peso total de la planta.

Hacer recomendaciones de fertilización para sistemas de cultivo que involucran descanso del terreno por períodos variables, es muy complejo. Generalmente, a medida que aumenta la densidad de la población también aumenta la presión por la tierra y, por lo tanto, los períodos de descanso se acortan; esto trae como consecuencia una disminución en la fertilidad del suelo. De todas maneras, cuando la yuca se siembra después de un período de descanso, frecuentemente produce rendimientos altos y no responde económicamente a la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, después de varios cultivos sucesivos sin fertilizantes, los rendimientos declinan y la fertilización no logra incrementarlos hasta los niveles que

tenían inmediatamente después de un descanso. No obstante, si se hacen pequeñas aplicaciones de fertilizantes anualmente, los rendimientos se pueden mantener a niveles cercanos a los obtenidos después de un descanso del terreno. El problema para los extensionistas radica en que para mantener los rendimientos altos por varios años consecutivos, ellos deben recomendar la aplicación de fertilizantes en el primer año después del período de descanso, aunque no haya una respuesta económica en el mismo año.

Nitrógeno

Ya que el incremento en la productividad agrícola mundial como un todo se ha asociado con el incremento en el uso de nitrógeno como fertilizante, es quizás sorprendente encontrar que la yuca requiere relativamente poca cantidad de ese nutrimento para producir altos rendimientos. En suelos diferentes a los turbosos, la yuca raramente responde a más de 100 kg/ha de nitrógeno, y los rendimientos a menudo declinan cuando los niveles de este elemento aumentan.

Fósforo

En vastas regiones con suelos ácidos infértiles, que tienen un tremendo potencial para la producción de yuca, la deficiencia de fósforo es la mayor limitación para la producción. En esos suelos se obtienen incrementos en los rendimientos de yuca con aplicaciones de hasta 400 kg/ha de fósforo, y frecuentemente se recomiendan niveles de 100 a 150 kg/ha.

De acuerdo con estudios hechos por el Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes en cooperación con el CIAT, esa fertilización tan alta se puede abaratar usando roca fosfórica. Ordinariamente el fósforo de la roca fosfórica no está en forma fácilmente asimilable por las plantas, pero en los suelos ácidos, en los que la yuca crece satisfactoriamente, su disponibilidad aumenta. Si antes de aplicar la roca fosfórica se la trata con una solución ácida (acidificación parcial) para aumentar la disponibilidad de fósforo, se obtiene una respuesta en el ren-

dimiento de la yuca comparable a la obtenida con la aplicación de superfosfato triple, a sólo una fracción del costo de éste. Como las aplicaciones iniciales de roca fosfórica tienen un efecto residual a largo plazo, es posible disminuir la cantidad de aplicaciones posteriores.

Experimentos con soluciones nutritivas muestran que la yuca tiene un requerimiento más alto de fósforo que la mayoría de los cultivos. Sin embargo, este requerimiento a menudo no es evidente en el campo, porque las raíces de la yuca normalmente hospedan micorrizas que aumentan la absorción de ese elemento. En suelos degradados, en los que las poblaciones de micorriza nativa pueden ser muy bajas o donde las cepas presentes pueden ser poco efectivas, los rendimientos son deprimidos. Algunas pruebas preliminares sugieren que tales rendimientos se pueden aumentar inoculando el material de siembra con cepas efectivas de micorrizas; sin embargo, aún están por desarrollarse los métodos prácticos de campo para la producción del inóculo.

Potasio

La yuca extrae del suelo más cantidad de potasio que de cualquier otro elemento; un buen cultivo extrae 100 kg/ha de potasio o más, y para mantener la producción en cultivos sucesivos es esencial aplicarlo. La deficiencia de potasio también afecta la calidad de la yuca; si el potasio es deficiente, el contenido de materia seca y de almidón de las raíces decrece y el de cianuro aumenta. La aplicación de potasio es importante particularmente en suelos arenosos, ácidos e infértiles.

Otros elementos

La fertilización de yuca con azufre ha recibido poca atención a pesar de que en los suelos pobres y alejados de los centros industriales, donde generalmente se efectúa el cultivo, ese elemento puede estar deficiente. (En las cercanías de los centros industriales el suelo aprovecha el azufre que éstos liberan al aire y que luego se precipita en forma de lluvia ácida.)

En los Llanos Orientales de Colombia se ha obtenido una marcada respuesta a la fertilización con este elemento, el cual se puede tomar de fuentes de potasio o de calcio en forma de sulfatos.

El calcio se aplica normalmente a la yuca por medio de la cal que se usa como enmienda para elevar el pH del suelo. Frecuentemente, la respuesta al encalamiento puede corresponder más a una corrección de la deficiencia de calcio que a un incremento en el pH del suelo, ya que la yuca es extremadamente tolerante al pH bajo en la solución del suelo. La yuca rara vez responde a la aplicación de más de 2 t/ha de CaO, inclusive en suelos extremadamente ácidos e infértiles; la mayor respuesta en el rendimiento se obtiene con aplicaciones entre 0.5 a 1 t/ha. Hay algunas evidencias, sin embargo, de que se pueden necesitar niveles más altos de cal para alcanzar los rendimientos máximos posibles cuando se aplican cantidades grandes de nitrógeno, fósforo o potasio. Es preferible usar roca calcárea dolomítica para incorporar magnesio, cuya deficiencia es también común en suelos ácidos.

En los cultivos de yuca se presentan con frecuencia deficiencias de zinc, las cuales son agravadas por el encalamiento exagerado. Al contrario de lo que ocurre con las deficiencias de nutrimentos mayores, las cuales generalmente no producen síntomas claros en la yuca, los síntomas causados por las deficiencias de elementos menores, particularmente el zinc, son muy característicos: las hojas de las plantas presentan un moteado amarillo o blanco, a menudo en forma de espina de pescado. La deficiencia se puede corregir sumergiendo previamente el material de siembra en una solución diluida de sulfato de zinc, o con aplicaciones foliares de la misma sustancia.

La yuca es un cultivo que tolera niveles altos de aluminio y un pH bajo, lo cual es característico de muchos suelos tropicales. No se presentan efectos adversos si el nivel de aluminio es tal que la capacidad de intercambio de cationes sea menor del 80% de saturación. Cuando los niveles de aluminio son más altos, se puede encalar para reducir la saturación hasta niveles aceptables, lo cual da como resultado incrementos considerables en los rendimientos.

En resumen, la yuca es bastante tolerante a la baja fertilidad, a la acidez del suelo y a los altos niveles de aluminio; sin embargo, responde bien a la aplicación de fertilizantes y tiene requerimientos particularmente altos de fósforo y bastante bajos de nitrógeno. La fertilización con potasio es necesaria para mantener la fertilidad del suelo, e importante para obtener buenos rendimientos y alta calidad.

Cuando la yuca se cultiva continuamente en el mismo suelo, es esencial la aplicación anual de elementos mayores para mantener la fertilidad y los rendimientos. En suelos ácidos, se pueden obtener respuestas positivas al encalamiento, pero debe tenerse cuidado de no exagerar, porque se pueden inducir deficiencias de elementos menores. La deficiencia de zinc, el problema más común entre los elementos menores, se puede solucionar fácilmente tratando las estacas antes de la siembra.

Control de Malezas

Inicialmente la yuca es vulnerable a la competencia de malezas, debido a que crece muy despacio. Según sean las condiciones del cultivo, las malezas se deben controlar durante los primeros 3 ó 4 meses después de la siembra, hasta cuando las plantas cubran la superficie. Sin un buen control de malezas es imposible obtener buenos rendimientos en yuca.

Control manual

En el caso de la yuca se necesitan de dos a seis deshierbas según sean la severidad del ataque de las malezas y el tiempo que tome el cultivo para cubrir el suelo. El control manual de malezas es efectivo y se puede utilizar cuando la mano de obra es abundante y barata; si ésta es escasa, y la deshierba se demora, los rendimientos pueden reducirse considerablemente.

Herbicidas

Existen en el mercado muchos productos químicos que pueden controlar las malezas adecuadamente en los campos

de yuca durante los primeros dos meses después de la siembra. El diuron trabaja bien contra las malezas anuales y el alaclor contra las gramíneas; una mezcla de los dos, aplicada antes de que las plantas emerjan, es particularmente efectiva. Pasados los dos meses después de la siembra, la aplicación de la mezcla se debe suplementar con deshierbas manuales o con aplicaciones directas de un herbicida de contacto.

Una nueva mezcla preemergente, de oxifluorfen con alaclor, puede eliminar la necesidad de cualquier deshierba manual; esta mezcla puede dar un control parcial del coquito (*Cyperus rotundus*), una de las malezas más difíciles de eliminar.

Control cultural

Las variedades vigorosas cubren rápidamente el área sembrada y tienden a reprimir las malezas requiriendo, por lo tanto, menos control de las mismas. Desafortunadamente, estas variedades tienen muchas hojas y un potencial de rendimiento bajo, y aunque pueden producir bien con poco control de malezas, sus rendimientos nunca serán iguales a los de aquellos tipos menos vigorosos cultivados bajo un buen manejo. Sembrando densamente variedades poco vigorosas se puede lograr un cubrimiento rápido del terreno y, por lo tanto, mejorar la habilidad del cultivo para competir con las malezas (Figura 4.5).

El tiempo de siembra puede influir en la intensidad del control necesario de las malezas. Si la yuca se siembra al principio de la estación lluviosa, cuando las malezas son abundantes, el agricultor tiene que intensificar el control de las mismas, al igual que en otros cultivos sembrados. Si la yuca se siembra un poco antes del comienzo de un período corto de sequía, cuando la demanda de mano de obra en la finca es menor, se puede desherbar una o dos veces, o asperjar con una mezcla de herbicida preemergente, hasta que la estación seca comience; al final de la sequía las malezas no serán un problema serio. Cuando se reinicien las lluvias, la yuca cubrirá la superficie antes de que las malezas germinen y compitan.

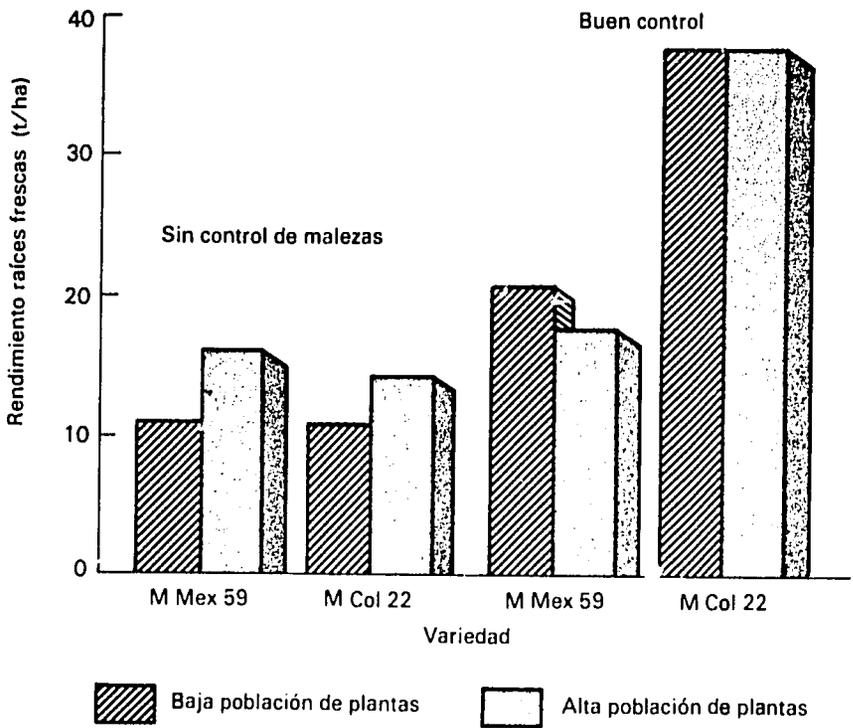


Figura 4.5. La alta densidad de población ayuda a la yuca a competir con las malezas del cultivo en ausencia de otro sistema de control. (FUENTE: CIAT, 1980.)

Otra forma de controlar las malezas durante los primeros días de crecimiento de la yuca consiste en intercalar leguminosas de grano de porte bajo (ver la sección 'Cultivo en asociación' en este mismo capítulo). Como la yuca no intercepta mucha luz durante los primeros meses de crecimiento, las leguminosas de grano no reciben demasiada sombra y crecen rápidamente, asfixiando las malezas que compiten con la yuca. El cultivo de leguminosas se puede cosechar cuando la yuca comienza a cubrir el área sembrada. Por lo tanto, se pueden obtener rendimientos buenos de leguminosa y yuca con un mínimo de control de malezas (Figura 4.6).

Control integrado de malezas

Es probable que el agricultor use una combinación de métodos de control de malezas, en lugar de usar uno solo. El

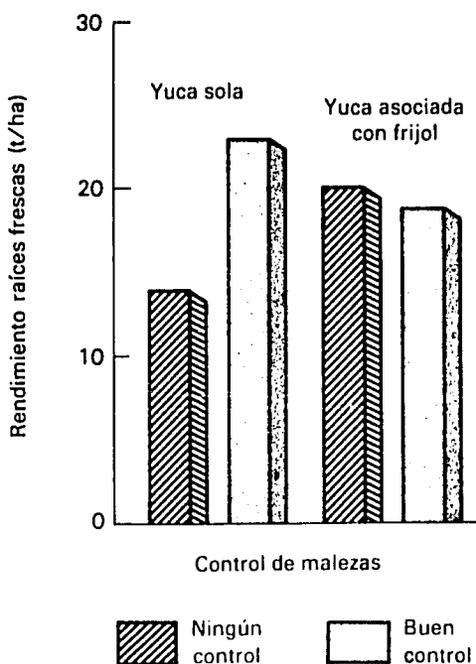


Figura 4.6. En asociación con leguminosas de grano, la yuca requiere menor control de malezas para producir buenos rendimientos. (FUENTE: CIAT, 1979.)

cultivo intercalado reduce la incidencia de malezas, pero aun así es necesario efectuar cierto control efectivo de las mismas para obtener rendimientos óptimos. Aunque la deshierba manual es a menudo un sistema barato, puede que haya déficit de mano de obra cuando las malezas estén creciendo vigorosamente; consecuentemente, el agricultor debe usar herbicidas, ya que la oportunidad es crucial para un buen control de malezas.

Control Integrado de Plagas

Como resultado de su continua exposición a patógenos y plagas durante su largo período de crecimiento, no sólo la yuca evolucionó hacia un nivel de resistencia generalmente alto contra esas pestes: también evolucionaron gran número de depredadores, parásitos y patógenos de las plagas de la yuca.

Existe un delicado pero dinámico balance ecológico entre la planta de yuca, sus enfermedades y plagas, y los factores que las controlan. La finalidad de los sistemas de manejo integrado de pestes es favorecer la yuca sin destruir este balance.

Un sistema integrado de manejo de pestes consiste en emplear diversas medidas de control compatibles entre sí para reducir las enfermedades y las plagas a un nivel en el cual el daño al cultivo sea mínimo. La reducción no implica necesariamente una completa eliminación de la enfermedad o plaga, sino más bien mantener su daño al cultivo en un nivel aceptable. Los investigadores en yuca han puesto mayor énfasis en la resistencia estable de la planta huésped, en las prácticas de control biológico, cultural y fitosanitario y, como un último recurso, en el uso limitado de productos químicos. En el Cuadro 4.4 se presentan las más importantes enfermedades y plagas de la yuca, junto con algunas sugerencias para su control.

Resistencia varietal

En el desarrollo de la resistencia varietal, los fitomejoradores se concentran en la resistencia horizontal o de campo. Este tipo de resistencia en las plantas no les confiere inmunidad pero limita la multiplicación de las plagas o patógenos en ellas, al igual que el daño que les causan. Las pérdidas se pueden reducir luego en muchos casos combinando la resistencia varietal con medidas preventivas tales como el uso de material de siembra sano.

Para los pequeños agricultores, con recursos limitados, la resistencia varietal es el método de control más adecuado. Los mayores costos son cubiertos por las agencias de investigación y desarrollo que producen las nuevas variedades. El único costo para los agricultores lo constituye la compra de una pequeña cantidad de 'semilla' básica que ellos pueden usar tanto para producir nuevo material de siembra como para la producción de raíces.

Aparte de la multiplicación y distribución iniciales de las nuevas variedades, la introducción de variedades resistentes

Cuadro 4.4. Principales enfermedades y plagas de la yuca, y su control.

Peste	Pérdidas	Distribución	Métodos de control
Añublo bacteriano	Hasta 100%	Amplia	Semilla limpia, prácticas agronómicas, variedades resistentes ^a
Mosaico africano	Hasta 90%	Amplia en África e India	Semilla limpia, raleo, variedades resistentes
Superalargamiento	Hasta 100%	Limitada, las Américas	Tratamiento de estacas, resistencia varietal ^a
Cuero de sapo	Hasta 100%	Muy limitada, las Américas	Desinfección de herramientas, material de siembra limpio
Mancha de anillo	Hasta 100%	Áreas frías húmedas	Resistencia varietal ^a
Cercosporiosis	Hasta 30%	Muy amplia	Resistencia varietal ^a
Patógenos de la estaca	Hasta 100%	Muy amplia	Tratamiento de estacas
Antracnosis	Desconocida, pero puede ser alta	Limitada, América y África	Resistencia varietal ^a
Pudrición de la raíz	Hasta 100%	Principalmente en áreas mal drenadas	Rotación de cultivos, caballones
Acaros verdes	Hasta 50%	Amplia, en épocas secas	Control biológico ^a , resistencia varietal ^a
Gusano cachón	20% por ataque	Amplia en Américas solamente	Control biológico
Trips	Hasta 30%	Amplia	Resistencia varietal
Escamas	Reduce la germinación en ataques tardíos hasta en un 20%	Amplia	Control biológico ^a , tratamientos de material de siembra ^a
Piojo harinoso	Probablemente altas	Amplia en África	Control biológico, resistencia varietal ^a
Mosca de cogollo	Muy bajas	Amplia en las Américas	Uso de insecticidas solamente en estados tempranos de crecimiento, resistencia varietal ^a
Mosca blanca	Hasta 80%	Américas	Resistencia varietal

a. Métodos en desarrollo o con probabilidad de desarrollarse.

FUENTES: Bellotti y Schoonhoven, 1978 y Lozano y Booth, 1974.

exige poca dedicación por parte de las agencias de servicio agrícola. No hay necesidad, por ejemplo, de acometer programas de entrenamiento o de desarrollar nuevas facilidades de crédito. Aunque los programas de investigación y desarrollo de las nuevas variedades puedan parecer costosos, el retorno a la inversión puede ser extremadamente alto.

La resistencia varietal no es una panacea, ya que no todas las enfermedades y plagas se pueden controlar de esta manera. Adicionalmente, la tasa de progreso en un programa de mejoramiento está generalmente en proporción inversa con el número de objetivos, y en esta forma, si se intentara resolver todos los problemas de plagas y enfermedades por este método, el programa obraría tan lentamente que no alcanzaría un objetivo que valga la pena en un tiempo razonable. Por lo tanto, el mejoramiento para resistencia varietal se debe restringir, en la práctica, a las enfermedades y plagas más serias.

Control biológico

El control biológico se ha usado contra las tres plagas más importantes de la yuca: el gusano cachón, los ácaros verdes y el piojo harinoso.

El gusano cachón (*Erinnyis ello*) es la oruga de una mariposa migratoria. No se ha encontrado fuente de resistencia contra este insecto voraz, cuyas poblaciones se mantienen a niveles normalmente bajos por la acción de sus depredadores y parásitos; sin embargo, ocasionalmente los ataques del insecto defolian áreas de cultivo completas, causando pérdidas en el rendimiento cercanas al 20%, por cada defoliación.

Cuando ocurre un ataque severo del gusano cachón, a menudo la primera reacción del cultivador es aplicar un insecticida potente y de amplio espectro el cual no sólo mata la plaga sino a todos sus enemigos naturales. Posteriormente, en ausencia de estos depredadores y parásitos, las poblaciones de gusano cachón se multiplican rápidamente, y se presenta otro ataque que necesitará aplicaciones sucesivas de insecticidas.



Mediante la aplicación de *Baculovirus erinnyis* es posible controlar el gusano cachón en forma eficiente, a bajo costo y sin riesgos para la fauna benéfica.

Aparte de sus efectos ambientales adversos, las aplicaciones fuertes y constantes de insecticidas son un método de control costoso para los agricultores y destruyen muchos insectos benéficos para el control de otras plagas.

Investigaciones hechas en el CIAT han mostrado que el gusano cachón se puede controlar introduciendo dos especies

de avispas (*Polistes* spp. y *Trichogramma* spp.) en los cultivos de yuca, y asperjando una bacteria, en el caso de ataques extremos. En un programa organizado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, los cultivadores de yuca de Caicedonia están usando este sistema de control biológico, y han reducido las epifitotias del gusano cachón y disminuido la severidad del daño a costos muy bajos.

Los agricultores que siguen este programa de control en Caicedonia procuran en primer lugar mantener en sus cultivos de yuca poblaciones de la avispa polistes, la cual ataca la larva del gusano cachón. Para ello colocan nidos de esta avispa dentro de los cultivos de yuca, en estructuras pequeñas cubiertas con hojas de palma. Esta práctica se refuerza con el uso de trampas de luz (de baterías) que atraen la mariposa del gusano cachón. Si las trampas de luz indican que la población de mariposas es alta, y si el agricultor observa un número grande de huevos de la plaga sobre las hojas de la yuca, entonces compra y libera avispas tricograma para que parasiten los huevos; estas avispas se consiguen en el comercio.

A pesar de estas medidas de control, pueden ocurrir ocasionalmente migraciones de mariposas adultas y dar origen a poblaciones de larvas que se incrementan rápidamente. Entonces los cultivadores aplican *Bacillus thuringiensis*, una bacteria que infecta al gusano cachón sin afectar los enemigos naturales de las plagas de la yuca. En las horas siguientes a la aplicación de la bacteria, los gusanos dejan de comer, pero demoran varios días en morir; esto constituye una desventaja, ya que los agricultores desean ver muerta la plaga, y es difícil convencerlos de que un gusano cachón enfermo hace poco o ningún daño. Por lo tanto, la efectividad de esta medida de control requiere el apoyo de un programa de extensión fuerte.

Recientemente se descubrió un virus (*Baculovirus erinnyis*) que infecta al gusano cachón causando su muerte. Los agricultores pueden recolectar gusanos infectados y congelarlos, para licuarlos cuando se presente un ataque fuerte de la plaga y aplicar la solución a los cultivos. Se usa una dosis aproximada de 10 gusanos por hectárea. Este método de control es muy eficiente y actualmente muchos programas

nacionales están estudiando su posible uso. En el sur de Brasil se está aplicando en una área extensa, y los servicios de extensión e investigación mantienen fuentes del virus para distribuir a los agricultores.

Aunque se están incorporando fuentes de resistencia al ácaro verde en los programas de mejoramiento genético, los niveles de resistencia no son altos. En Africa, particularmente, se ha puesto mucho énfasis en suplementar la resistencia con métodos de control biológico. El IITA está coordinando un esfuerzo masivo para criar y liberar enemigos naturales de esta plaga en todas las áreas yuqueras del Africa; son particularmente promisorios los depredadores de la familia Phytoseiidae.

El piojo harinoso de la yuca (*Phenacoccus manihoti*), aunque está ampliamente diseminado en Africa, sólo se descubrió recientemente en su centro de origen, América del Sur. El IITA y el CIAT han colaborado en la colección y evaluación de sus enemigos naturales, los cuales han sido multiplicados por cría masiva y liberados en muchos países africanos. El parásito *Epidinocarsis lopezi* está difundido actualmente en muchas zonas productoras de yuca en Africa y está disminuyendo los daños causados por la plaga.

Algunas veces se han expresado recelos acerca de la introducción de enemigos naturales del ácaro verde y del piojo harinoso desde América a Africa, suponiendo que tales enemigos pueden llegar a convertirse en plagas en este continente. Sin embargo, la experiencia con el uso de agentes de control biológico en otros cultivos indica que este problema no llegará a ocurrir. Por otro lado, al introducir a Africa los enemigos naturales de las plagas mencionadas, es necesario asegurarse de que aquéllos están totalmente libres de sus propios enemigos naturales, particularmente de parásitos que puedan afectar su efectividad.

Las poblaciones naturales de depredadores y parásitos también mantienen bajos los niveles de población de otras plagas de la yuca. En las Américas, las escamas y los piojos harinosos generalmente no causan daño económico al cultivo debido a sus numerosos enemigos naturales. Por lo tanto, los

cultivadores deben evitar la aplicación de pesticidas indiscriminadamente, ya que esta acción puede eliminar los insectos benéficos.

Material de siembra sano

Las dos enfermedades más importantes de la yuca, el mosaico africano y el añublo bacteriano, se diseminan por el uso de estacas infectadas. Sembrando estacas sanas, los agricultores pueden demorar la aparición de afecciones severas hasta cuando el período de cultivo esté para concluir; inclusive, en algunos casos pueden erradicar la enfermedad con este método.

En Kenia y la India se ha obtenido material de siembra sin mosaico africano, a partir de plantaciones afectadas, mediante la selección de plantas sin síntomas seguida de un raleo cuidadoso de las plantas enfermas. En estos países se ha encontrado que las plantaciones limpias de la enfermedad sólo se reinfectan lentamente. En la India, el Central Tuber Crops Research Institute está multiplicando material de siembra libre de mosaico para entregar a los cultivadores. Un programa similar puede ser exitoso en Kenia. No está claro si la experiencia de la India y de Kenia puede repetirse en otras partes. Sin embargo, en áreas con una baja incidencia de mosca blanca (el vector de la enfermedad), el uso de material de siembra sano probablemente podría reducir en forma considerable la incidencia de la enfermedad, y aun eliminarla de las plantaciones.

Es relativamente fácil producir material de siembra libre del añublo bacteriano: se siembran verticalmente estacas provenientes de plantas sin síntomas evidentes de la enfermedad, y cuando los retoños tienen cerca de 8 cm de largo, se cortan y se ponen a enraizar en recipientes pequeños con agua estéril; cualquier plantica que estuviera enferma desarrollaría los síntomas de la enfermedad rápidamente, y se podría eliminar. Cuando los retoños que no presentan síntomas enraizan, se pueden trasplantar a campos aislados, en donde forman la base del material de siembra sano. Esta técnica se ha utilizado

en Colombia, Brasil, Cuba y Malaysia para producir material de siembra libre del añublo bacteriano. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) usa material de fundación sano para su multiplicación y venta a los agricultores como material de siembra libre del añublo bacteriano.

En Costa Rica y en la región colombiana de Caicedonia, en donde los agricultores han sembrado sólo material sano en los años recientes, el añublo bacteriano se ha erradicado. Por otra parte, en áreas en donde las condiciones ambientales son muy favorables a la enfermedad, los intentos por eliminarla han sido menos exitosos, aunque aun en estas áreas el uso de 'semilla' limpia demora la infección lo suficiente para reducir considerablemente las pérdidas (Figura 4.7).

El superalargamiento, otra enfermedad diseminada por estacas afectadas, se puede eliminar de las mismas tratándolas con fungicidas antes de la siembra, ya que el patógeno se localiza solamente en las capas superficiales del material de siembra.

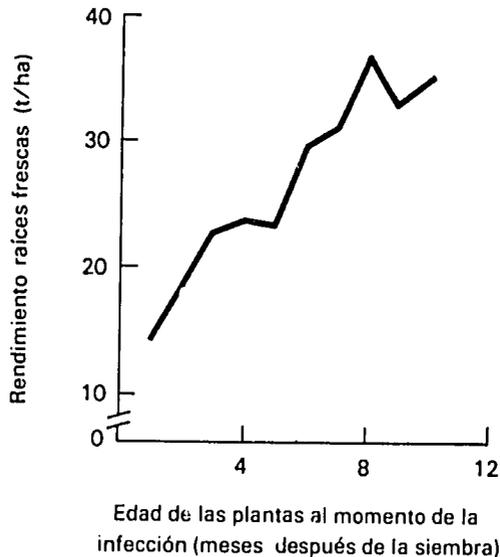


Figura 4.7. La demora en la iniciación de la infección del añublo bacteriano, que se obtiene usando semilla limpia, puede incrementar los rendimientos. (FUENTE: CIAT, 1977.)

Prácticas fitosanitarias culturales

Cuando la yuca se cultiva en el mismo lote en forma sucesiva o con muy cortos períodos de rotación, en áreas con alta precipitación pluvial, pueden ocurrir pérdidas severas por pudriciones húmedas radicales causadas por organismos tales como *Phytophthora* spp. El control más apropiado sería dejar el lote sin sembrar, o rotar con otros cultivos, preferiblemente de cereales, que no sean hospedantes del patógeno. Mejorando el drenaje del suelo se retarda el desarrollo del inóculo potencial y, por lo tanto, el de la enfermedad, pero la producción de yuca rara vez compensa ese gasto. La siembra en caballones puede mejorar el drenaje suficientemente para prevenir daños severos de pudriciones radicales acuosas, y puede resultar ventajosa en áreas en donde la precipitación anual es superior a 1500 mm. En Africa occidental, los agricultores siembran en montículos, lo cual también mejora el drenaje y reduce las pudriciones radicales.

La yuca es susceptible al ataque de ciertos patógenos de especies forestales. En Malaysia, la pudrición blanca (causada por *Phomes lignosus*) frecuentemente ataca la yuca que se siembra después de deforestar o de eliminar plantaciones de caucho. En áreas en donde esta enfermedad es severa, es prudente sembrar otro cultivo antes de la yuca.

La distribución de las lluvias influye en la incidencia de las enfermedades y las plagas. Cuando los períodos lluviosos son fuertes y continuos, se incrementan enfermedades tales como el añublo bacteriano, el superalargamiento, la antracnosis y las manchas inducidas por *Cercospora* spp. Durante la estación seca predominan plagas como los trips, el piojo harinoso y los ácaros.

En áreas donde el añublo bacteriano de la yuca es severo y las variedades locales son sólo moderadamente resistentes, la enfermedad puede reducir los rendimientos considerablemente cuando se siembra al principio de las lluvias; sin embargo, si se siembra hacia el final de la estación lluviosa, la llegada de la estación seca retarda la incidencia de la bacteria. Por lo tanto, el añublo bacteriano se puede controlar parcialmente en algu-



La siembra de las estacas en posición vertical sobre caballones evita la pudrición de la raíz en las áreas lluviosas. (FUENTE: CIAT)

nas áreas cambiando el período de siembra. Por ejemplo, en experimentos llevados a cabo en los Llanos Orientales de Colombia, los rendimientos se han duplicado al sembrar al final de la estación lluviosa en lugar de hacerlo al comienzo, como se acostumbra en el área. Actualmente la yuca es un cultivo de subsistencia en la región, y los lotes pequeños y aislados que los agricultores siembran al inicio de la estación lluviosa están menos afectados por las enfermedades que como lo estarían si se tratara de plantaciones comerciales grandes. Pero si el área en yuca se va a ampliar con variedades moderadamente resistentes al añublo bacteriano, la fecha de siembra se debería cambiar para lograr un mejor control de la enfermedad.

Prácticas Culturales

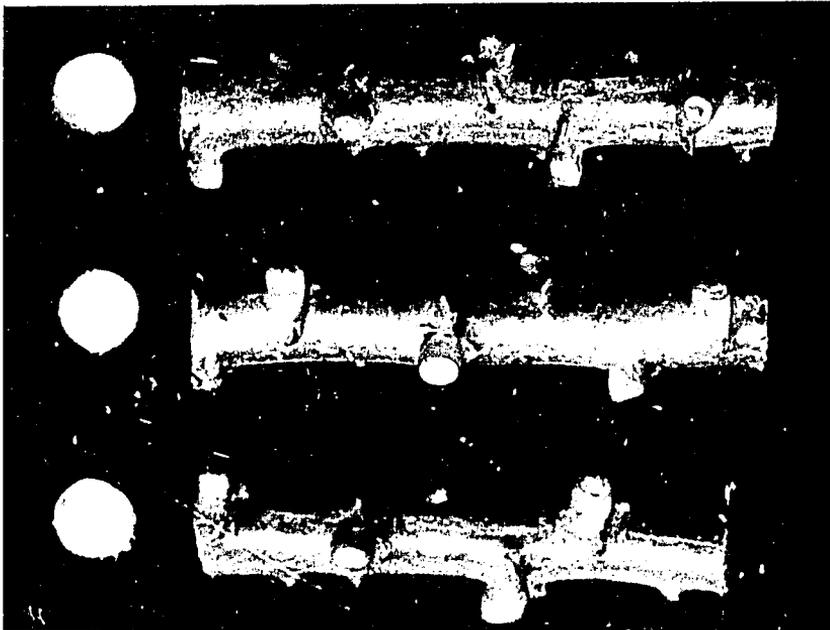
A través de muchos años, los agricultores han desarrollado prácticas agronómicas para la yuca, y los sistemas de producción que usan están influenciados por las condiciones bajo las

cuales ella se cultiva. De todas maneras, existe un gran número de métodos para mejorar la producción de yuca, los cuales se pueden aplicar en un amplio rango de condiciones de producción.

Material de siembra

El uso de material de siembra de buena calidad es crucial para obtener rendimientos altos.

Los cultivadores, en su mayoría, usan material de siembra de calidad variable. Ellos generalmente toman las estacas de sus cultivos, los cuales con frecuencia tienen plantas enfermas, atacadas por insectos e inadecuadamente fertilizadas. Adicionalmente, cuando la siembra no se hace inmediatamente después de la cosecha, el almacenamiento de las estacas disminuye su capacidad de germinación al igual que su habilidad para alcanzar un crecimiento temprano vigoroso. Igualmente, se puede presentar en ellas un desarrollo sustancial de plagas como las escamas, y de patógenos.



Estacas de buena calidad para la siembra. (FUENTE: CIAT.)

La estaca seleccionada como material de siembra debe tener un mínimo de tres nudos y su médula debe ocupar por lo menos la mitad de su diámetro total. Se deben descartar las estacas que muestren en la superficie signos de daños mecánicos o de insectos, o que tengan la médula central decolorada. En un experimento llevado a cabo en Colombia, las plantas provenientes de estacas dañadas por la mosca de la fruta y la bacteria que ellas diseminan (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*) rindieron una tercera parte menos que las plantas provenientes de estacas de apariencia sana. En áreas donde la fertilidad del suelo es baja y las presiones de enfermedades y plagas son altas, se aconseja reservar una porción pequeña del cultivo como material de siembra, y suministrarle fertilizante extra y protección contra las enfermedades y las plagas.

Antes de la siembra, las estacas se deben tratar con fungicidas e insecticidas, algunos de los cuales aparecen en el Cuadro 4.5, donde se presentan varios tratamientos eficientes. Después de sumergidas las estacas en la solución fungicida-pesticida durante tres minutos, se deben dejar secar antes de

Cuadro 4 5 Tres mezclas de pesticidas para el tratamiento de las estacas antes del almacenamiento o de la siembra.

Productos comerciales	Nombres comunes	Dosis ^a
Fórmula no 1		
Dithane M-22	maneb	2.22 g
Anthracol	propineb	1.25 g
Vitigan 35%	oxicloruro de cobre	2.00 g
Malathion P M 4%	malation	5.00 g
Fórmula no 2		
Malathion C E 57%	malation C.E.	1.5 cc
Bavistin P M 50%	carbendazim	6.0 g
Orthocide P.M 50%	captan	6.0 g
Fórmula no 3		
Orthocide P M 50%	captan	6.0 g
Bavistin P M 50%	carbendazim	6.0 g
Aldrin 2.5%	aldrin	1.0 g

a. Cantidades de producto comercial por litro de agua, a excepción de la de aldrin, la cual se expresa gramos por estaca

almacenarlas o de sembrarlas. Este tratamiento barato protege las estacas del ataque de patógenos del suelo y de plagas superficiales tales como ácaros y piojos harinosos, mejorando por lo tanto el porcentaje de germinación. Los aumentos en los rendimientos cubrirán con creces los costos del tratamiento.

Cuando las estacas se almacenan (algunas veces hasta por cinco meses) retoñan, y eso les baja las reservas de carbohidratos y nutrimentos; igualmente se pueden deshidratar, o infectarse con patógenos; cuando la selección es rigurosa se puede perder una cantidad considerable de ellas antes de la siembra. Por lo tanto es necesario almacenar más cantidad de estacas que la requerida para sembrar el área prevista.

Un sistema simple para minimizar el problema mencionado consiste en sumergir los tallos de la yuca inmediatamente antes de la siembra en una mezcla fungicida-insecticida, tal como se hizo antes del almacenamiento. La combinación entre el tratamiento de las estacas y su selección en campos de agricultores constituyó, en un área pobre de Colombia, el principal factor en la obtención de un incremento de 70% en los rendimientos de un clon nativo.

Bancos de semilla

Una alternativa para el almacenamiento de las estacas es el establecimiento de 'bancos de semilla'. En Cuba, la siembra no coincide con la cosecha, por lo que es problemático el suministro de material de siembra fresco. En lugar de desarrollar sistemas de almacenamiento, los cubanos siembran lotes especiales para la producción de estacas, o bancos de semilla. Estos lotes, que representan un 10% del total del área sembrada en las fincas del estado o en cooperativas, se mantienen hasta que se requiera el material de siembra; sólo entonces se cosechan.

Cuando se establecen bancos de semilla, se les puede dar una atención extra para asegurar la producción de material de siembra de buena calidad. Por ejemplo, se pueden aplicar dosis altas de fertilizantes para promover el crecimiento de la parte aérea de la planta; igualmente, se pueden aplicar insecticidas

para el control de barrenadores u otros insectos que reducen la calidad del material de siembra.

La siembra

La yuca se puede sembrar durante todo el año en áreas con lluvias intermitentes o continuas; inclusive, en localidades con tres a cinco meses de sequía, la yuca se puede sembrar hasta los dos o tres meses antes del comienzo de la estación seca. La flexibilidad en el período de siembra permite al cultivador hacer mejor uso de la mano de obra. Sin embargo, normalmente hay una diferencia considerable en los rendimientos según sean las fechas de siembra; la fecha óptima, desde el punto de vista de rendimientos altos, variará según sean las condiciones locales. Por lo tanto, los agricultores que siembran durante fechas no óptimas para repartir su mano de obra sacrificarán algo de sus posibles rendimientos.

Se ha investigado exhaustivamente acerca de la manera de sembrar la yuca, con resultados un poco conflictivos. En general, la siembra vertical de las estacas (de 20 a 30 cm de largo) produce rendimientos iguales o un poco mejores que los obtenidos con otros sistemas de siembra. La siembra vertical tiene una ventaja significativa adicional: la resistencia de la planta al volcamiento, el cual no sólo disminuye los rendimientos sino que provoca la formación de retoños de las yemas axilares del tallo, con la consiguiente pérdida de calidad en el mismo como fuente de material de propagación.

Aunque la mayor parte de la yuca se siembra manualmente, existen sembradoras mecánicas. En Brasil se ha desarrollado una máquina que toma pedazos largos de tallos de yuca, los corta y luego los siembra horizontalmente. La gran desventaja de esta máquina es su incapacidad para sembrar verticalmente; además, si sus cuchillas se contaminan, pueden diseminar el añublo bacteriano y otros patógenos a todo el material de siembra. En Cuba se desarrolló una máquina prototipo que recibe las estacas largas y las corta, desinfecta las cuchillas, trata los extremos de las estacas con fungicidas y finalmente las siembra en posición inclinada. Existen muchas sem-

bradoras movidas por tractor, que se pueden ajustar para la siembra inclinada, pero no se ha desarrollado ninguna sembradora mecánica para pequeños cultivadores que no tengan tractor.

Después de la siembra, las principales labores son el control de malezas y, si se requiere, el control de plagas mediante el uso de agentes biológicos de control. Estos tópicos se han discutido antes.

Cultivo en asociación

Por lo menos una tercera parte de la yuca del mundo se siembra asociada con otros cultivos. Comúnmente se usan para el efecto especies que son fuentes de carbohidratos como el maíz o el plátano; además existen asociaciones con caucho, palma de coco, palma africana, café, ajonjolí, frijol, caupí o maní.

El cultivo de la yuca con leguminosas de grano es muy promisorio por su potencial nutricional, ya que la producción de granos con alto contenido de proteína compensa parcialmente los niveles extremadamente bajos de proteína en las dietas a base de yuca. Adicionalmente, la habilidad de las leguminosas para fijar nitrógeno puede mejorar la fertilidad del suelo. La siembra de yuca con caupí o maní ha sido exitosa (Cuadro 4.6); estas dos leguminosas de grano son relativamente tolerantes a suelos ácidos y livianos y sus requerimientos de temperatura son comparables a los de la yuca.

Los mejores resultados en la asociación de yuca con otros cultivos se han obtenido cambiando el arreglo espacial en la siembra de la yuca en el campo. Los investigadores de Brasil han desarrollado un sistema de siembra consistente en dos hileras de yuca cercanas entre sí con espacios amplios entre los pares de hileras. En el CIAT se ha encontrado que la yuca se puede sembrar usando un grado amplio de rectangularidad, o sea con poca distancia entre plantas pero amplia entre hileras (1.5 a 2 m de separación).

Los dos sistemas mencionados producen rendimientos iguales a los de otros sistemas normales, pero dejan suficiente

espacio para cultivar leguminosas durante las primeras fases de desarrollo de la yuca. Si los dos cultivos se siembran simultáneamente, la yuca compite con la leguminosa de grano por la luz, pero al crecer un poco más casi no sufre por la sombra del otro cultivo. Cuando el follaje de la yuca comienza a 'cerrarse', la leguminosa de grano ya ha comenzado a madurar y sus hojas se marchitan.

Cuadro 4.6. Rendimientos de la yuca asociada con leguminosas de grano, en comparación con los obtenidos en monocultivo, en tres países.

País/sistema de cultivo	Yuca (t/ha)	Granos (t/ha)	Yuca asociac./ yuca monoc. (%)
Tailandia			
Yuca sola	27.6	—	100
Asoc. con soya	26.7	0.69	97
Asoc. con frijol mungo	26.4	0.77	96
Asoc. con maní	24.5	0.91	89
India			
Yuca sola	24.8	—	100
Asoc. con maní	19.7	0.62	79
Asoc. con caupí	16.6	2.03	67
Costa Rica			
Yuca sola	16.8	—	100
Asoc. con frijol	15.2	1.45	90

FUENTE: Weber, Nestel y Campbell, 1979.

En esta forma se logran altos rendimientos tanto en la yuca como en la leguminosa de grano, y las ventajas para el agricultor son sustanciales. El cultivo asociado reprime las malezas a la vez que baja la incidencia de enfermedades y las poblaciones de las plagas de ambos cultivos. Adicionalmente,

la cosecha de la leguminosa de grano permite un pronto retorno a la inversión del agricultor. Así alivia el mayor problema que éste tiene con el cultivo de la yuca, o sea el tiempo tan largo entre la siembra y la cosecha, que frecuentemente le implica tener que usar créditos a largo plazo.

La yuca se siembra entre cocoteros desarrollados en la India y entre árboles de caucho en China, en donde la tierra de cultivo es extremadamente escasa. Bajo estas especies la yuca tiende a sufrir por insuficiencia de luz solar, y el índice de cosecha se reduce mucho. El Central Tuber Crops Research Institute está tratando de desarrollar variedades de yuca que se adapten a esas condiciones. Los rendimientos de yuca nunca llegarán a ser altos bajo tales árboles o palmeras, pero el sistema permite producir carbohidrato extra en el mismo terreno.

La cosecha

Aunque la yuca no tiene un período específico para madurar y sazonar, hay un período óptimo de cosecha, el cual varía de acuerdo con la variedad. Si una variedad de yuca se cosecha antes de su período óptimo, los rendimientos serán bajos; si se cosecha más tarde, el contenido de almidón y el de materia seca pueden ser bajos. Además, al comienzo de las lluvias que siguen a un período seco, el contenido de almidón declina dramáticamente.

A menudo los agricultores determinan si el contenido de almidón es lo suficientemente alto para cosechar, raspando con la uña el corte de una raíz; cuando sale un líquido lechoso al frotar el corte, el contenido de almidón es alto. Esta prueba rudimentaria es admirablemente efectiva para agricultores acostumbrados a practicarla.

El cultivo generalmente se cosecha arrancando las raíces del suelo. Cuando las condiciones para la cosecha son difíciles, a menudo se amarra una palanca rudimentaria al tallo. El IITA ha desarrollado una cosechadora sencilla que reduce el tiempo de la cosecha y elimina gran parte del trabajo de la agachada, ya que agarra el tallo a medida que lo levanta.



Esta cosechadora mecánica arranca las raíces dejándolas sobre el suelo, de donde los operarios las puedan recolectar con mayor facilidad.

Se han diseñado varias arrancadoras de tiro animal y mecánico para sacar las raíces, o por lo menos para aflojarlas a fin de que el arranque manual sea menos arduo. En el CIAT se desarrolló un sistema de tracción mecánica (por tractor) que afloja las raíces y las deja sobre el suelo o cerca a la superficie, de donde se pueden recoger a mano fácilmente, separarse de sus tallos y empacarse para el transporte. Este sistema causa menos daño a las raíces que los métodos manuales tradicionales.

También se han desarrollado sistemas completamente mecanizados, en los cuales la parte aérea se tritura y las raíces se levantan y depositan directamente en carros para su transporte. El mejor de estos sistemas causa poco daño a las raíces y puede reducir los requerimientos de mano de obra para la cosecha en las áreas en donde ella es costosa y escasa; sin embargo, tales sistemas no se están usando ampliamente.

Resultados con la Nueva Tecnología

La nueva tecnología, o sea la aplicación combinada de prácticas mejoradas, se ha probado a nivel de fincas en un área de la costa norte de Colombia en donde las condiciones climáticas y de suelos son adversas, con rendimientos de 4 a 8 t/ha a nivel de agricultor. La tecnología consta de:

- Selección cuidadosa del material de siembra.
- Tratamiento del material de siembra con fungicidas e insecticidas (a un costo menor de US\$10 por hectárea).
- Siembra con la estaca en posición vertical y con una población óptima de plantas, esto es, 7,000 a 10,000/ha en suelos fértiles y con tipos de ramificación vigorosa, y hasta 15,000/ha en suelos menos fértiles y con tipos de planta menos vigorosos y más erectos.
- Deshierba manual, si se necesita, durante los primeros cuatro meses después de la siembra.
- Siembra en caballones cuando los suelos son pesados y la precipitación pluvial es alta.
- Aplicación opcional de fertilizantes.

En ausencia de control químico de plagas después de la siembra, las prácticas anteriores aumentaron los rendimientos del clon local de 10 a 15 t/ha; usando un híbrido nuevo, los rendimientos logrados fueron de 20 a 30 t/ha. Cabe mencionar que el caballoneo no es necesario en la costa norte de Colombia debido a que los suelos son arenosos y bien drenados; sin embargo, en áreas con alta precipitación pluvial o con lluvias intensas durante un período corto y con suelos pesados, la siembra sobre caballones es un componente esencial de la nueva tecnología.

El clon local no mostró respuesta a la aplicación de fertilizantes, debido probablemente a su bajo potencial de rendimiento, o porque en el área se usa un sistema de descanso para mantener la fertilidad del suelo. El híbrido nuevo rindió más que el clon local en lotes sin fertilizar y también respondió a la fertili-

zación. Ensayos realizados en otras áreas han mostrado que cuando el período de descanso se acorta, los clones locales también responden significativamente al uso de fertilizantes.

Cuarentena y Traslado de Material de Siembra

Es peligroso llevar enfermedades y plagas en el material de propagación de yuca que se transporta no sólo entre continentes o países, sino dentro de los mismos países. Cuando la producción de yuca se extiende a nuevas áreas en donde la especie no se había sembrado antes, se debe tomar atenta nota de las medidas cuarentenarias. En un proyecto masivo de producción de yuca llevado a cabo en el estado de Minas Gerais, en Brasil, al traer material de siembra de los estados adyacentes, los rendimientos declinaron rápidamente debido a que las enfermedades y las plagas se multiplicaron aceleradamente en las plantaciones. No hay certeza de que se introdujeran nuevos problemas con el material de siembra a la región, pero si se hubiera tenido más cuidado en la selección de éste indudablemente se habrían obtenido plantaciones relativamente libres de enfermedades y plagas que ahora son endémicas en el área.

Una técnica desarrollada en el laboratorio del National Research Council, en Saskatoon, Canadá, permite el intercambio internacional de germoplasma de yuca con riesgos mínimos de introducción de patógenos y plagas exóticas. La técnica, que consiste en producir plántulas bajo condiciones estériles, a partir de meristemas apicales de plantas de yuca, se usa ahora rutinariamente para la producción de plantas libres de la mayor parte de enfermedades y plagas. Sin embargo, no se puede asegurar con certeza que estos materiales sean absolutamente sanos, y en especial que algunos virus sean eliminados inclusive usando termoterapia antes de tomar los meristemas. Para una mayor seguridad, las plantas madres y/o las plántulas provenientes de meristemas se deben probar en cuanto a su sanidad relativa, usando pruebas como ELISA (técnica inmunoenzimática) para la detección de virus o similares.

Actualmente muchas autoridades cuarentenarias no aceptan la transferencia de material vegetativo, aunque provenga de meristemas apicales cultivados en agar bajo condiciones asépticas. Irónicamente, las restricciones cuarentenarias para la semilla botánica de la yuca son mucho menos estrictas, aunque se sabe que el agente causal del añublo bacteriano es un patógeno de la semilla y que por lo tanto se puede introducir por la semilla proveniente de plantaciones infectadas sin tratamientos sanitarios para su erradicación.

No se deben introducir estacas a ninguna región, inclusive de áreas o países con complejos de plagas y patógenos similares, considerando el alto riesgo de introducir con ellas especies y/o razas o cepas de tales pestes. Los tejidos de los tallos maduros de yuca difícilmente son metabolizados por los patógenos, y así casi nunca presentan los síntomas de las respectivas enfermedades; sin embargo, tales tejidos pueden estar invadidos por los patógenos que pueden permanecer en ellos por períodos largos.

Durante la última década se han desarrollado diferentes pruebas cuarentenarias que permiten identificar material vegetativo enfermo de algunos virus de la yuca. Igualmente, con tratamientos de calor o con microondas se erradican los principales patógenos que infectan la semilla sexual del cultivo. Esto ha hecho que el intercambio de germoplasma de yuca sea ahora más seguro, cuando se hace siguiendo las mejores técnicas cuarentenarias que se han desarrollado.

A pesar de que siempre existirá el riesgo de introducir nuevos patógenos o pestes con el material de propagación de yuca o de cualquier otro cultivo, la importación de material genético es esencial para el desarrollo exitoso de programas de mejoramiento. Por otra parte, si las medidas de control son excesivamente estrictas, siempre existirá el peligro de la importación ilegal, la cual implica una falta de control para quienes están resueltos a obtener material foráneo.

Capítulo 5

AVANCES EN LA TECNOLOGIA POSCOSECHA

La alta perecibilidad de la yuca después de cosechada es un problema muy grave para quienes la cultivan, la procesan, la venden o la consumen. Algunos agricultores que siembran yuca solamente para su autoconsumo pueden evitar el problema dejándola en el cultivo hasta cuando la necesiten y cosechar en ese momento sólo la cantidad que requieren para el consumo inmediato. Realmente en ese caso la yuca se está almacenando en el suelo, lo que no es posible cuando se trata de agricultores que hacen un uso intensivo de su tierra, porque deben cosechar todo el lote de una vez para permitir la siembra del próximo cultivo.

Los métodos tradicionales de almacenamiento de yuca fresca generalmente consisten en enterrarla en el suelo o sumergirla en agua, pero son métodos que hacen casi imposible el transporte de la yuca porque se deteriora rápidamente al sacarla de su lugar de almacenamiento. Dejar las raíces adheridas a los tallos, una práctica utilizada por algunos agricultores en Ecuador y en Colombia, retrasa el deterioro por unos días y facilita el transporte.

Cuando la yuca se cultiva para el consumo fresco, el intermediario y el minorista asumen grandes riesgos ya que el mercadeo se debe cumplir en pocos días. La yuca que no se vende rápidamente tiene una gran posibilidad de perderse, y para cubrir ese riesgo se necesita un alto margen de mercadeo. Esto aumenta el costo de la yuca fresca para el consumidor que está fuera de la zona de producción.

El procesamiento de la yuca es una forma de reducir las pérdidas que ocasiona su deterioro. En algunas regiones productoras existen molinos pequeños que pueden producir rápidamente harinas de yuca, pero frecuentemente estos molinos operan en forma ineficiente. Esto se debe a que la perecibilidad de la yuca no les permite almacenar suficientes raíces para funcionar a un ritmo constante, ya que cuando por alguna razón la producción disminuye en la región, se dificulta la obtención de raíces de otras regiones debido a la complejidad del proceso de cosecha, transporte y entrega de la yuca fresca.

El deterioro de la yuca también es factor crítico en su procesamiento para consumo animal. Cuando la yuca se seca al sol, el tiempo de secamiento depende de la velocidad del viento y de la humedad del aire. Una lluvia inesperada puede acelerar el deterioro de las raíces que se van a picar, y eso reduce la calidad del producto final. La perecibilidad de la yuca hace esencial un suministro continuo de la misma, y para ello se requiere una coordinación cuidadosa entre los agricultores y los procesadores.

Las grandes plantas industriales que procesan yuca y producen almidón, alcohol, harinas o aun gari pueden funcionar sin considerar el mal tiempo, pero también tienen problemas para operar a su máxima capacidad en forma permanente. Para asegurar un suministro regular y continuo de raíces, el agricultor que las provee tiene que cosechar en forma programada, lo cual puede no encajar con su disponibilidad de mano de obra o con todo su sistema de cultivos. Por otra parte, el suministro se puede interrumpir cuando hay lluvias intensas que imposibilitan la cosecha y el transporte desde el campo, además de ocasionar bajas en el contenido de almidón en las raíces.

Almacenamiento de la Yuca Fresca

El deterioro poscosecha de la yuca tiene que ver con dos procesos separados: los cambios fisiológicos y los cambios microbianos. El deterioro fisiológico comienza frecuentemente dentro de las 24 horas siguientes a la cosecha. Sus síntomas, unas



La yuca para el uso doméstico se puede almacenar en silos de tierra revestidos con paja. (FUENTE CIAT)

estrías azules o café correspondientes a los haces vasculares, se encuentran inmediatamente debajo de la cáscara de la raíz y generalmente se ven primero en las áreas cortadas y dañadas. Hay variedades de yuca cuyas raíces presentan un deterioro más lento, pero generalmente tienen un contenido bajo de materia seca, lo cual no es deseable ni para el mercado fresco, ni para el procesamiento.

El deterioro microbiano ocurre normalmente después de que ha comenzado el deterioro fisiológico, pero con frecuencia se presenta una semana después de la cosecha. Este deterioro se manifiesta en forma de estrías azules o café en toda la pulpa de la raíz y en forma de pudriciones húmedas. El deterioro es más rápido en las raíces que se han estropeado durante la cosecha o que se han mojado con la lluvia.

Almacenamiento de yuca para consumo fresco

Debido a la falta de métodos satisfactorios de almacenamiento a largo plazo, la yuca se debe gastar generalmente



El gran volumen de la yuca hace poco práctico su transporte a grandes distancias.

dentro de los dos días siguientes a la cosecha. En algunos trabajos hechos en el Overseas Development and Natural Resources Institute (ODNRI) Reino Unido, en cooperación con el CIAT, se probó un sistema basado en el sistema europeo de almacenamiento de papa en silos. La alta humedad en los silos cura las raíces, lo cual puede eliminar por completo el deterioro fisiológico, aunque el deterioro microbiano puede seguir siendo un problema. Una desventaja grande de este sistema es que presenta resultados extremadamente variables; a veces ocurre la pudrición completa de las raíces en el silo.

El problema del deterioro se puede eliminar parcialmente empacando las raíces en cajas con aserrín mojado, lo cual crea un ambiente de alta humedad parecido al del silo. Así las raíces se pueden almacenar hasta por dos meses, y las cajas se pueden transportar aunque son pesadas y voluminosas. Este método, sin embargo, es costoso para el agricultor, tanto en

términos de mano de obra como de insumos (el aserrín y las mismas cajas); además requiere una selección cuidadosa de las raíces que no estén dañadas ya que el sistema no evita los problemas de deterioro microbiano.

En Trinidad y Tobago se encontró que las raíces empacadas en bolsas de polietileno se podían almacenar hasta por dos meses. Las pruebas de esa tecnología efectuadas en Colombia demostraron que, aunque ella evita el deterioro fisiológico no ocurre lo mismo con el deterioro microbiano, el cual frecuentemente causa la pérdida completa de las raíces después de una o dos semanas de almacenamiento. Sin embargo, empacando las raíces en las bolsas de polietileno, y aplicando un fungicida se puede controlar el deterioro hasta por tres semanas y aún más (Figura 5.1). El tratamiento no presenta grandes problemas de residuos tóxicos puesto que el fungicida, que se aplica a la superficie de las raíces, no se trasloca en grandes cantidades; por otra parte, la yuca siempre se pela antes de cocinarla.

El producto Mertect (thiabendazole), que se usa actualmente como retardante del deterioro, muestra una toxicidad extremadamente baja para los humanos y de hecho se ha utilizado como antihelmíntico en ellos. Consecuentemente, el empaque de raíces de yuca en bolsas de polietileno después de una aplicación de un protector químico como el mencionado, podría solucionar muchos de los problemas asociados con la perecibilidad de la yuca fresca para el consumo humano. Aunque el tratamiento y el empaque podrían ser dispendiosos, la reducción en los altos márgenes de mercadeo existentes podría hacer que la práctica sea económicamente viable.

Una encuesta efectuada en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, demostró que la raíz empacada y tratada tiene para los consumidores una aceptación igual o aún mejor que la de la yuca fresca en su forma tradicional.

El deterioro de la yuca fresca también se puede controlar congelando las raíces. Este proceso se hace a pequeña escala en la República Dominicana y Costa Rica con fines de exportación, y en Colombia para transportarla a los grandes centros

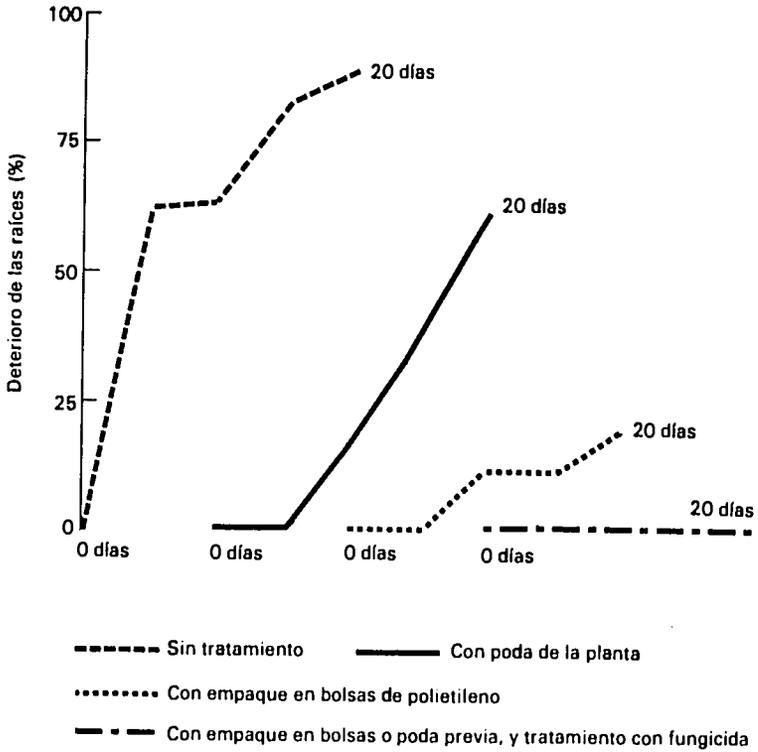


Figura 5.1. El deterioro de la yuca cosechada se puede detener por 20 días aplicando fungicidas a las raíces y empacándolas en bolsas de polietileno, o podando las plantas tres semanas antes de la cosecha y aplicando fungicidas a las raíces.

urbanos. Es un método extremadamente costoso y, para una fuente de almidón como la yuca, resulta antieconómico en casi todos los países en vías de desarrollo.

Almacenamiento para el procesamiento

El deterioro fisiológico de la yuca está relacionado con una acumulación del compuesto químico escopolatina. Cuando las raíces se golpean o dañan, el compuesto se acumula en ellas, y entonces se decoloran.

La poda de las plantas (dejando sólo una porción del tallo para facilitar la cosecha), efectuada tres semanas antes de la cosecha, controla el posterior deterioro fisiológico de las raíces aunque ellas hayan sido severamente dañadas en el proceso.

Sin embargo, la poda causa cambios en la yuca desmejorando su calidad para el consumo fresco y alargando considerablemente el tiempo de cocción. A pesar de eso, tales raíces son satisfactorias para la alimentación animal, y a veces presentan un aumento en la materia seca, lo cual es una ventaja. Todavía no se sabe si las raíces de las plantas podadas son aceptables para la extracción de almidón.

La poda permite almacenar las raíces por aproximadamente cinco días antes de que empiece su deterioro microbiano. Si se combina la poda tres semanas antes de la cosecha con el uso de un fungicida para retardar ese deterioro microbiano, el tiempo de almacenamiento se alarga hasta tres semanas, por lo menos. Esta técnica podría aliviar los problemas logísticos de las plantas procesadoras de yuca, al hacer posible el suministro continuo de raíces.

Trocitos y Pélets

En Brasil se utilizan secadoras de leña o gasolina para producir yuca seca en trocitos o en pélets; éstos son de tan buena calidad, que al molerlos se produce una harina para hacer pan y otros productos de panadería. No obstante, el alto costo de esos combustibles ha ocasionado un cambio hacia el secado natural en muchas de las procesadoras.

Los trocitos secados al sol son frecuentemente de baja calidad por el deterioro que comienza en las raíces desde antes del procesamiento y que continúa durante los tres o cuatro días del secado, así como por efecto de la contaminación. Durante el período de almacenamiento los trozos también pueden mostrar deterioro si el proceso de secamiento ha sido inadecuado y ha dejado un contenido de humedad muy alto. No obstante lo anterior, los avances recientes en el proceso de picar y secar la yuca han permitido mejorar la eficiencia, tanto en el secamiento como en la calidad del producto final.

Los trocitos, aunque mucho menos voluminosos y más fáciles de transportar que la yuca fresca, son todavía un producto voluminoso (alrededor de 400 g/lit). Para rebajar los costos asociados con su manejo, los exportadores de Tailandia están peletizándolos para aumentar su densidad (hasta 680 g/lit). El producto resultante, los pélets, tiene la ventaja adicional de liberar menos polvo que los trocitos.

El picado de la yuca

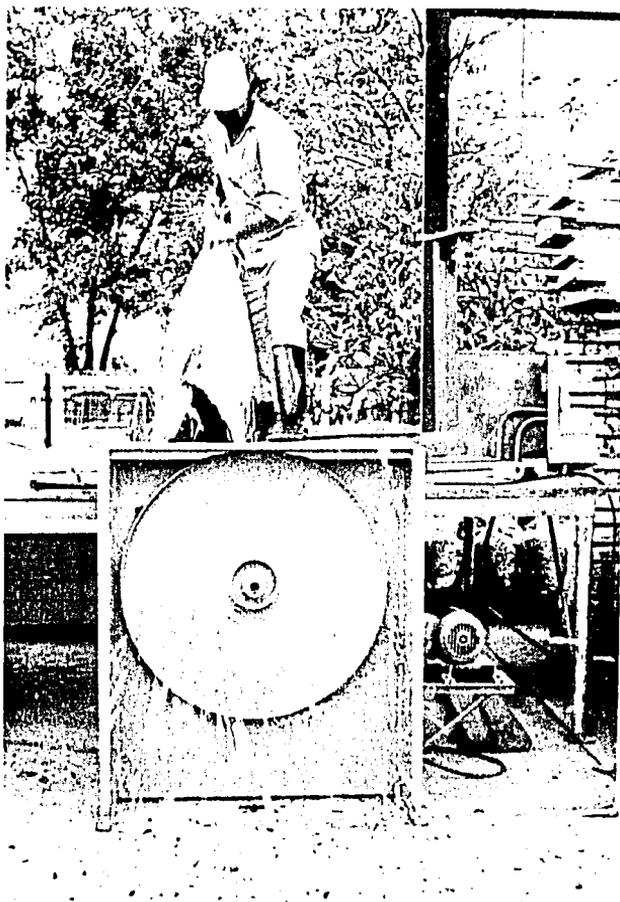
La forma del trocito de yuca influye en su tasa de secamiento. Puesto que los trocitos son blancos, reflejan gran parte de los rayos solares que reciben, de tal manera que su secado en los sistemas naturales o a base de energía solar ocurre más por el movimiento del aire que por los efectos directos del sol. El secamiento se inicia con la evaporación del agua desde la superficie de los trocitos y luego, a medida que la superficie se seca, el vapor se mueve desde las partes interiores mediante un proceso de difusión.

Aunque la difusión y la tasa de secamiento son más rápidas en los trozos pequeños, éstos forman fácilmente una masa compacta que no permite el libre movimiento del aire. Por lo tanto, la forma óptima de los trocitos para un secamiento efectivo es la que permite el fácil movimiento del aire entre ellos. Se ha encontrado que, para el secado natural, la geometría óptima del trozo es la de barras de aproximadamente 5 x 1 x 1 cm.

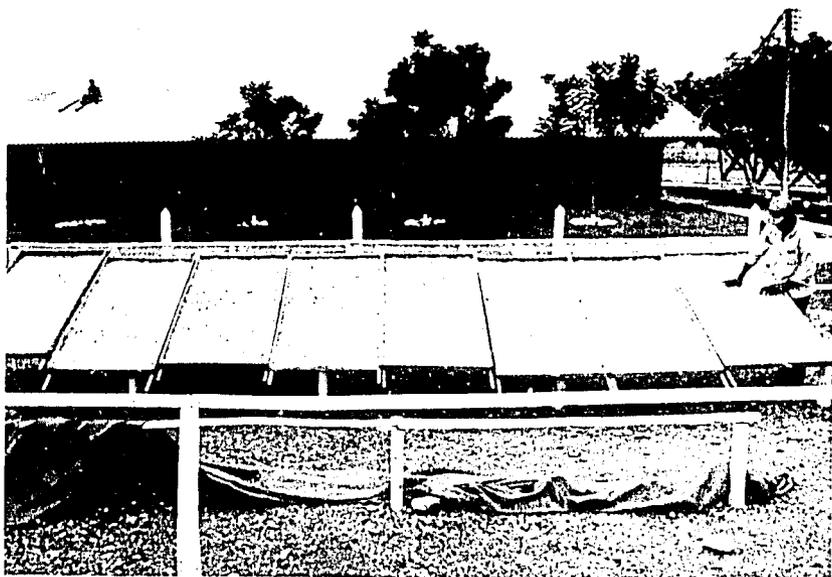
En Malaysia se diseñó una máquina sencilla para producir trocitos de esas dimensiones aproximadas. La máquina ha sido modificada por varias organizaciones, y se puede construir en talleres con materiales disponibles localmente. En México, una picadora de yuca con una capacidad de aproximadamente 2000 kg de raíces frescas por hora, cuesta alrededor de US\$700. Estas eficientes picadoras, que ahora se utilizan en todo Malaysia, producen trocitos de una calidad mucho mejor que las producidas por las máquinas tailandesas. Sin embargo, las máquinas tipo tailandés han sido modificadas y ahora producen un trocito de mejor calidad. Una desventaja de la picadora tipo Malaysia consiste en que la fabricación de las cuchillas requiere personal de gran experiencia en metalmecánica.

Secamiento

El método más común para secar la yuca picada es el de esparcir los trocitos en una capa delgada sobre un patio de cemento. La eficiencia del secamiento por este método es baja, debido a que los trocitos reflejan casi toda la luz solar. Los intentos por mejorar esta eficiencia pintando los patios de negro no tienen mucho efecto sobre la absorción de los rayos solares, ya que el patio se cubre rápidamente con el almidón blanco de la yuca, y cuando los trocitos se esparcen, reflejan los rayos solares antes de que éstos puedan ser absorbidos por la superficie negra.



Las picadoras diseñadas en Malaysia producen trocitos de yuca con una forma óptima para que se sequen rápidamente. (FUENTE: CIAT.)



El secado de los trocitos de yuca se acelera colocándolos en bandejas levantadas.

La investigación efectuada por el Asian Institute of Technology, el Overseas Development and Natural Resources Institute y el CIAT demuestra que la tasa de secamiento se puede aumentar colocando los trocitos en bandejas suspendidas. Las bandejas permiten un movimiento más libre del aire y además eliminan la necesidad de voltear los trocitos de vez en cuando.

Con una planeación cuidadosa es posible reducir el tiempo del secado de los trocitos de yuca a solamente 24 horas. La yuca picada durante el día se debe poner en las bandejas en las últimas horas de la tarde. Aunque la humedad relativa sea alta, los trocitos pierden humedad durante la noche. El difícil secamiento final hasta obtener un contenido de humedad de 12-14% termina al día siguiente, durante la primera parte de la tarde, cuando la humedad relativa es más baja. Utilizando este sistema, el costo por tonelada de yuca secada en bandejas se puede reducir a un nivel que podría ser competitivo con el secamiento en patios de cemento. Además, ya que la calidad del producto es más alta, es de esperar que el procesador reciba un precio más alto también. Recientemente se ha utili-

zado esta tecnología en la costa de Ecuador, donde las condiciones de alta humedad del aire perjudican el secado en patios de cemento.

Producción de Harina y Almidón en Pequeña Escala

Las harinas de yuca, tales como gari o farinha, generalmente son producidas en pequeñas plantas procesadoras o por el mismo agricultor con un equipo sencillo, en su casa. En el proceso tradicional la yuca se pela manualmente y después se corta o se raspa antes de secarla. Todos estos procesos necesitan mucha mano de obra, y ese hecho ha originado el desarrollo de un gran número de pequeñas máquinas para lavar, pelar y raspar la yuca fresca. Estas máquinas, que se pueden construir en talleres pequeños, han sido adoptadas en Brasil por muchos procesadores para producir farinha y se están volviendo populares en el oeste africano.

Para producir una harina de buena calidad para el consumo humano siempre ha sido necesario pelar la yuca antes de secarla. Ese proceso no solamente es costoso, sino que también presenta grandes pérdidas del producto. Recientemente la investigación en el CIAT ha mostrado que es posible secar la yuca sin pelarla, y que después de seca se puede pasar por un molino de trigo con sus separadores especiales que permiten retirar la cáscara y producir una harina de muy buena calidad. Este proceso promete un cambio muy favorable en la industria de producción de harinas de alta calidad y las primeras experiencias comerciales son alentadoras.

Las grandes plantas de extracción de almidón con separadores centrífugos y secadores 'flash' producen un producto de muy alta calidad, y extraen más del 90% del almidón total de las raíces de yuca. Existen varias compañías internacionales que diseñan e instalan fábricas completas de almidón. Actualmente existen en Tailandia y Brasil compañías que pueden hacer este trabajo. Las plantas pequeñas de extracción de almidón generalmente producen un almidón de más baja calidad y con más impurezas, y tienen tasas de extracción más

bajas. Sin embargo, el lavado de las raíces después de pelarlas y antes de rasparlas puede reducir el nivel de impurezas en el almidón resultante.

Alcohol

El uso de la yuca como materia prima para producir alcohol combustible no es nuevo, ya que antes de la Segunda Guerra Mundial Australia cultivaba yuca como materia prima para ese propósito. Durante la guerra, Brasil produjo anualmente más de 60 millones de litros de alcohol combustible de yuca. Estas actividades se terminaron debido al bajo precio de los productos derivados del petróleo durante los años 50 y 60 pero, con el aumento de los mismos en los años 70, surgió un nuevo interés en el alcohol de yuca.

El proceso básico consiste en lavar la yuca y después rallarla. La yuca rallada se calienta para gelatinizar el almidón, el cual se licúa adicionándole la enzima alfa-amilasa; el almidón licuado se hidroliza para obtener azúcares, los cuales se convierten en alcohol por medio de la fermentación con levadura; como el licor obtenido tiene un bajo contenido de alcohol, éste se debe concentrar por medio de la destilación. La tecnología actual permite una eficiencia muy alta para la recuperación del alcohol: el rendimiento comercial de la primera planta moderna de producción de alcohol de yuca, en Curvelo, Brasil, es de 170 litros por tonelada de yuca fresca.

La conversión de almidón a azúcares, o sacarificación, se puede hacer por medio de hidrólisis ácida, o también biológicamente mediante el uso de enzimas amilóticas. El proceso ácido degrada los azúcares y da como resultado bajos niveles de producción de alcohol. En Brasil este proceso se está reemplazando por el uso de enzimas producidas por métodos microbianos, las cuales son más efectivas.

Un problema mayor con la producción de alcohol de yuca es la energía que se necesita para el procesamiento. En la producción de alcohol de caña de azúcar se usa el bagazo para producir el calor requerido para el proceso de destilación. En el caso

de la yuca, aunque teóricamente se pueden utilizar sus tallos con ese propósito, ellos no proveen suficiente energía para la destilación, a menos que se intensifique el proceso de fermentación para aumentar el contenido de alcohol en el licor de fermentación. Actualmente varias entidades están intentando desarrollar procesos más eficientes para separar el alcohol del agua.

Capítulo 6

ALGUNOS ESTUDIOS DE CASOS EN EL DESARROLLO DE LA YUCA

Durante los últimos siglos han habido numerosos intentos para promover la producción de yuca. Algunos de tales intentos han fracasado y otros han sido exitosos, como es el caso de la yuca en Asia, donde su cultivo es el resultado de la introducción intencional y donde las grandes extensiones sembradas con yuca demuestran el éxito de tal introducción. Sin embargo, no vale la pena intentar sacar lecciones de las épocas coloniales, teniendo en cuenta los profundos cambios que en la política y la economía han ocurrido en los países en vías de desarrollo durante los últimos 20 ó 30 años. En lugar de eso, este capítulo dará cinco ejemplos de intentos recientes para desarrollar la producción y la utilización de yuca bajo condiciones diversas.

En Kerala, India: Producción Mejorada para el Consumo Local

Con aproximadamente 25 millones de habitantes, el estado de Kerala en el sur de la India tiene una población más alta que la existente en muchos países. Asimismo, la densidad de la población es extremadamente alta y las fincas son pequeñas. La tierra apta para la producción de arroz, que es el alimento básico, es muy escasa. La mayor parte del área cultivada corresponde a tierras bajas con mal drenaje, donde los cultivos importantes son el arroz y el coco, como también a zonas pendientes con buen drenaje en las cuales se cultiva la yuca. Los suelos de las regiones montañosas son extremadamente lixiviados, muy ácidos y de baja fertilidad.

Se necesita un incremento en la producción de alimentos para mejorar la nutrición de la población. Las dietas, en las cuales predominan el arroz, la yuca y el coco, son deficientes tanto en proteína como en calorías (Cuadro 6.1). Durante los años 50 y 60 aumentó significativamente la proporción de yuca en la dieta, sin ningún cambio en el consumo total de calorías o proteínas y con un decremento en la importancia del arroz. Este cambio sugiere que a medida que la población ha aumentado, la producción de yuca ha crecido a una tasa aún mayor, como una respuesta a las crecientes necesidades de alimentos. La producción de arroz no ha podido mantener su posición.

La producción de yuca en la India (donde Kerala es el mayor productor) ha aumentado en una forma dramática desde 1950. El aumento se debe principalmente a un aumento en el rendimiento desde 5 t/ha a 16 t/ha. Estos rendimientos están entre los más altos en el mundo, aunque Kerala tiene suelos infértiles y un período de cultivo inferior a 12 meses, o sea menor que en muchas otras regiones productoras de yuca.

La investigación sobre la yuca en Kerala tiene una historia larga. El Central Tuber Crops Research Institute (CTCRI) tiene un programa de investigación dirigido al desarrollo de prácticas

Cuadro 6.1. Promedio diario de la energía y de la proteína per cápita obtenidas de productos básicos en Kerala, India, en 1970-1971 y 1976.

Producto	Energía (cal)		Proteína (g)	
	1970-1971	1976	1970-1971	1976
Arroz	1000	689	18.5	13.7
Yuca	744	827	3.3	5.5
Coco	267	388	2.7	
Aceite	212	128		
Azúcar	100			
Otros	196		13.3	22.3
Total	2519	2032	37.8	41.5

FUENTES: Datos para 1970-1971: United Nations, 1975. Datos para 1976: Kumar, 1979.

agronómicas mejoradas y a la producción de variedades mejoradas. Como este instituto se encuentra en el centro de la región yuquera, la tecnología desarrollada por él es adoptada rápidamente por los agricultores vecinos, y se disemina rápidamente debido a la alta densidad de población y a la proximidad de las fincas entre sí. Otro factor que ha contribuido a la diseminación rápida de la tecnología ha sido el gran interés de ciertos líderes religiosos de la región en la investigación y en su aplicación en los campos de los agricultores.

La introducción de algunas variedades de Malaysia en los años 50 fue una novedad tecnológica de gran impacto para Kerala. Las variedades se probaron extensivamente, y entre ellas M-4 presentó un rendimiento moderado pero muy buena calidad culinaria. Rápidamente M-4 llegó a ser la variedad predominante en la región. Aunque después se han desarrollado algunos híbridos con mayor rendimiento, ninguno ha tenido una calidad culinaria suficientemente buena para reemplazar a M-4. En la actualidad se prueban algunos nuevos clones de altos rendimientos combinados con buena calidad culinaria en los campos de los agricultores.

Al mismo tiempo que la variedad M-4 era introducida, el CTCRI estaba desarrollando prácticas agronómicas mejoradas, y los agricultores han adoptado ampliamente ciertas recomendaciones como las relacionadas con el tamaño de la estaca, la época de siembra, la modalidad de siembra y el control de malezas que involucran pocos insumos comprados. Otras recomendaciones, tales como aplicación de cal y abonos, han tenido menor adopción; sin embargo, casi todos los agricultores aplican estiércol, el cual se encuentra fácilmente disponible y cuyos grandes beneficios para la yuca han sido demostrados por la investigación.

El mosaico africano es un problema de gran importancia en Kerala, y el CTCRI tiene un ambicioso programa de 'semilla' para solucionarlo. El CTCRI encontró que cuando se utiliza semilla sana, las tasas de reinfección son extremadamente bajas aun en parcelas rodeadas por campos infectados. Por eso, desde hace algunos años empezó a erradicar la enfermedad en su granja experimental, con el fin de poder distribuir

material de siembra sano; actualmente este material se está distribuyendo a los agricultores con resultados muy promisorios. Parece que con los nuevos híbridos y con semilla sana hay grandes posibilidades para aumentar aún más los rendimientos en la zona.

Puesto que las dietas en Kerala no tienen suficientes calorías y la población sigue creciendo, la demanda de fuentes calóricas normalmente excede la oferta. Así, en los años en que hay poco arroz, la demanda por yuca tiende a aumentar. Adicionalmente, el bajo nivel de ingresos hace que la población sea bastante sensible a los cambios de precios en los alimentos básicos. Haciendo una comparación en cuanto al precio por caloría, la yuca normalmente cuesta la mitad de lo que cuesta el arroz comprado en el mercado libre. Aunque aproximadamente una quinta parte del consumo total de calorías en Kerala proviene del arroz subsidiado, el cual tiene un precio por caloría semejante al de la yuca, las cantidades de este arroz son bastante limitadas.

El precio más bajo de la yuca tiende a producir una demanda fuerte para esta raíz. Así, la nueva tecnología ha permitido un aumento en la producción mientras los precios del producto han permanecido suficientemente bajos para que la demanda local sea capaz de absorber el aumento de la oferta. Los agricultores han obtenido beneficios de los aumentos en la producción, mientras los consumidores se han beneficiado de un suministro más amplio de calorías a bajo costo.

En Caicedonia, Colombia: Producción de Alimento para un Centro Urbano Grande

Caicedonia es una comunidad rural con 123,000 habitantes y 24,000 ha de tierra agrícola, situada en las montañas de Colombia. Sus condiciones son casi ideales para la yuca: los suelos son fértiles aunque un poco ácidos; la lluvia total es de más o menos 1900 mm anuales bien distribuidos durante todo el año, y el promedio de temperatura fluctúa alrededor de 22.5 °C. Históricamente la economía del área ha estado basada en el café y el plátano, y hasta finales de la década de los 60, solamente 60 ha estaban sembradas con yuca.

La poderosa y bien organizada Federación Nacional de Cafeteros es la fuerza motriz que promueve el desarrollo de la región. Se trata de una entidad que ha apoyado el desarrollo de la zona por medio de crédito, mercadeo, electrificación, construcción de carreteras y programas de educación. Una de las grandes preocupaciones de la Federación ha sido la demasiada dependencia de la región con respecto al café, lo cual pone la economía a merced de los inestables precios de este producto a nivel mundial. Por esta razón, la institución apoya un programa grande de diversificación, cuyo objetivo es promover y desarrollar otros cultivos en la región.

En los últimos años de la década de los 60, la Federación de Cafeteros empezó a investigar la posibilidad de cultivar yuca en Caicedonia y sus alrededores. Los estudios de mercadeo sugirieron que existía un mercado potencial muy grande para yuca fresca en la capital del país, Bogotá, y que algunos de los agricultores estaban obteniendo rendimientos tan altos como 15 t/ha. Además, las observaciones sobre variedades locales mostraban que una de ellas, la Chiroza Gallinaza, daba buen rendimiento y, lo que era tal vez más importante, sus raíces tenían muy buena calidad culinaria y una perecibilidad poscosecha no muy alta.

En 1971 la Federación seleccionó un agrónomo joven y lo envió por un año al Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, para una capacitación intensiva en producción de yuca. Durante ese tiempo el agrónomo estuvo muy involucrado en actividades de selección varietal, desarrollo de mejores prácticas agronómicas, y métodos de control de plagas. Al terminar su entrenamiento, volvió a su trabajo en la región de Caicedonia. Provisto por la Federación con un jeep y suficiente apoyo financiero, el agrónomo se dedicó a visitar a los agricultores, a aconsejarlos sobre la tecnología de producción y a ayudarlos en la obtención de los créditos que la misma Federación ofrecía para la producción de yuca. El crédito se otorgaba solamente a aquellos agricultores que adoptaban la tecnología recomendada.

Una encuesta que se efectuó en 1973 sobre la producción de yuca en la zona reveló que el impacto de este esfuerzo había

sido grande. Los agricultores que estaban recibiendo crédito, y utilizando la tecnología recomendada obtenían rendimientos de 25 t/ha, mientras que aquéllos que no utilizaban las prácticas nuevas ni recibían crédito llegaban solamente a 8 t/ha. El área sembrada en yuca aumentó rápidamente: de 500 ha sembradas en 1974 pasó a 1300 ha en 1978. Este éxito motivó a los agricultores de las municipalidades vecinas a sembrar, hecho que incrementó en más de 5000 ha el área sembrada con yuca en la región.

En otras regiones de Colombia, los aumentos rápidos en la producción de yuca han ocasionado frecuentemente graves problemas de mercadeo, causando reducciones en el área cultivada. Esto no ocurrió en Caicedonia, debido a que el sistema de mercadeo desarrollado allí protege al agricultor de la vulnerabilidad que provocan las variaciones diarias en la disponibilidad de la yuca en el mercado.

En dicho sistema, un número pequeño de intermediarios compra la yuca 'en pie'. Estos intermediarios estiman la producción total de un lote y ofrecen al agricultor un precio por ella; luego, si el agricultor acepta, adquieren la responsabilidad de cosecharlo antes de cierta fecha. Cada intermediario tiene su propio equipo para cosechar y sus propios camiones. Así puede programar la cosecha y el transporte para abastecer el mercado de Bogotá con un suministro continuo de yuca recién cosechada.

Como resultado, la yuca de Caicedonia tiene muy buena reputación en el mercado de Bogotá de estar siempre fresca, y actualmente goza de una diferencia de precio a su favor. Aunque el margen de mercadeo es alto y las ganancias de los intermediarios son grandes, parece que el sistema funciona en tal forma que beneficia tanto a los agricultores como a los consumidores. El agricultor no tiene que gastar su valioso tiempo estudiando las fluctuaciones diarias del mercado, y no tiene que preocuparse por la venta de su producción. Al mismo tiempo el consumidor obtiene un producto de alta calidad.

Casi todos los problemas del proyecto en Caicedonia han sido de naturaleza técnica, y la proximidad del Instituto Colombiano Agropecuario, que es la institución nacional de investi-

gación, y del CIAT han permitido una solución rápida de muchos de ellos. Por ejemplo, en los primeros años del proyecto se produjo un brote de pudriciones radicales, problema que resultó agravado por el mal drenaje de algunos campos. Puesto que los agricultores no querían rotar con otros cultivos menos rentables, los científicos sugirieron que sembraran en caballones, como una forma de reducir la incidencia de la infección. Algunos agricultores adoptaron la recomendación, y a medida que los resultados se conocieron, la práctica rápidamente se volvió universal en la región a tal punto que actualmente no se encuentran allí agricultores que no siembren en caballones.

La escasez de material de siembra fue otro problema. En 1974, cuando el área cultivada en yuca estaba aumentando rápidamente, los cultivadores de la región no querían vender su material de siembra a nuevos productores porque temían que se presentara una superproducción y se redujeran los precios. Como consecuencia, un agricultor que no había podido obtener estacas compró en otra región un material de siembra que resultó infectado de añublo bacteriano. Esta enfermedad, que no existía en la región de Caicedonia, infectó rápidamente la plantación y amenazaba los campos vecinos.

Los científicos recomendaron la destrucción del campo infectado, y el dueño estuvo de acuerdo en cosecharlo y destruir todos los residuos si los otros agricultores le vendían material de siembra. De esta manera, se eliminó el añublo bacteriano y se consiguió entre los agricultores de la región una mayor disposición a vender el material de siembra.

A pesar de estos éxitos, los rendimientos han declinado últimamente. Durante días de campo se han destacado como causas las consecuencias que a largo plazo tiene el mal manejo del cultivo sobre la incidencia de enfermedades y plagas. Algunos agricultores, en su afán de aumentar sus siembras de yuca, han utilizado estacas infestadas con la mosca de la fruta *Anastrepha* spp., y con la enfermedad cuero de sapo. Muy pocos agricultores están rotando su cultivo antes de que los rendimientos bajen considerablemente, y muchos han estado aplicando altos niveles de insecticida ante la primera señal de

un ataque de plagas, matando así no sólo las plagas sino también sus enemigos naturales. Todos estos factores han conducido a una baja en los rendimientos y a problemas graves de plagas en la región.

Ha sido bastante difícil convencer a los agricultores que aún están obteniendo rendimientos muy altos, para que cambien sus prácticas. Sin embargo, actualmente los agricultores están más conscientes de las consecuencias que a largo plazo tiene el mal manejo de las plagas, y están empezando a aplicar el control biológico, la selección del material de siembra y la rotación de cultivos.

Estos problemas no han frenado la industria yuquera, la cual se ha expandido rápidamente alrededor de Caicedonia. Desde una participación insignificante en la economía en 1970, se ha desarrollado una actividad empresarial de 10 millones de dólares anuales, convirtiéndose en factor importante de prosperidad de la región.

En Cuba: Intensificación de la Producción para Alimento Humano

Desde 1960, la política agrícola de Cuba para satisfacer sus necesidades de alimentos ha sido emplear una tecnología altamente mecanizada y con alto uso de insumos en grandes granjas estatales. Aunque la producción agrícola se ha aumentado, el rápido aumento en los costos de los insumos químicos ha impulsado la búsqueda de alternativas. En los años 70, el Centro Experimental de Mejoramiento de Semillas Agámicas (CEMSA) empezó a trabajar con yuca, un alimento tradicional en la dieta cubana.

La yuca tenía rendimientos excepcionalmente bajos (aproximadamente 4 t/ha), y muy poco se sabía acerca del valor relativo que para la producción agrícola tenían las numerosas variedades que se sembraban. Como un primer paso, CEMSA recolectó y evaluó clones en Cuba y el sureste de México. Se seleccionaron las variedades Señorita y Piñera para multiplicarlas en experimentos a gran escala en las granjas estatales. El rendimiento de Señorita fue más alto que el de Piñera, pero ésta era más tolerante al añublo bacteriano.



Distribución de estacas cuidadosamente producidas en una granja estatal de Cuba.
(FUENTE: CIAT.)

El punto crítico era cómo multiplicar estos clones rápidamente y distribuirlos sin diseminar al mismo tiempo el añublo bacteriano. Los informes científicos sugerían que la incidencia de esta enfermedad podría ser menos severa en las ramas primarias o partes más bajas de los tallos hasta la primera ramificación y, por lo tanto, se seleccionaron estas ramas para su multiplicación. Como resultado, la incidencia de la enfermedad se ha reducido bastante.

Al mismo tiempo CEMSA empezó a probar nuevas prácticas agronómicas. En los años 70, el manejo de la yuca se basaba en las prácticas agronómicas de la caña de azúcar. Así, la yuca se sembraba horizontalmente en la parte baja de los surcos y se regaba con frecuencia. Los ensayos mostraron rápidamente que con la siembra encima de caballones, en una posición vertical o inclinada, y con un riego menos frecuente, los rendimientos podrían aumentar espectacularmente. Un problema

afín fue el de la mecanización, ya que Cuba, a diferencia de muchos países en vías de desarrollo, tenía escasez de mano de obra en el sector agrícola. El desarrollo de una máquina para sembrar la yuca en forma inclinada sobre caballones abrió el paso a la producción de esta raíz en gran escala.

Como resultado de más investigación y contactos con el CIAT, se recomendó el sistema colombiano de cultivo, el cual se utiliza ahora en casi todas las granjas estatales y cooperativas. El sistema consiste en establecer bancos especiales de semilla utilizando semilla certificada, seleccionar cuidadosamente el material de siembra de las ramas primarias, tratar el material de siembra, sembrar sobre caballones, regar con menor frecuencia, y reducir drásticamente las aplicaciones de insecticidas. Los rendimientos ya son de 18 a 20 t/ha, en promedio, y algunas granjas estatales obtienen hasta 30 t/ha. Empleados oficiales cubanos estiman que la producción total en Cuba se ha cuadruplicado como resultado del uso del sistema colombiano y de las variedades Señorita y Piñera.

Por otra parte, se liberó un clon brasileño, Mantiqueira, que había sido introducido de Colombia, y actualmente se cultiva en grandes extensiones. Este clon tiene la gran ventaja de su precocidad que permite ampliar el período del año durante el cual hay disponibilidad de yuca. Inicialmente, todo el aumento en la producción se vendió por los canales oficiales del estado, pero el éxito del proyecto ha sido tan grande que actualmente se vende también en los mercados libres.

En Tailandia: un Cultivo de Exportación

Tailandia es de los pocos países en vías de desarrollo que exporta granos. El arroz es el cultivo más importante para la alimentación y también para la exportación, y en 1950 respondía por el 70% de la producción agrícola del país. Desde ese año se ha puesto considerable énfasis en la diversificación, y cultivos tales como la caña de azúcar, el maíz y la yuca han aumentado su importancia, representando ahora más de 50% de la producción total.

Mercadeo. Durante la década del 70, la producción de yuca en Tailandia aumentó desde tres millones de toneladas anuales hasta casi 18 millones, lo que se debió en gran parte al Acuerdo General de Comercio y Tarifas (GATT por su sigla en inglés) que regula la importación de cereales a la Comunidad Europea. Desde 1967 el Mercado Común Europeo ha protegido a sus cultivadores de cereales con un impuesto sobre los granos que se importan. Este impuesto, que se fija a un nivel tal que garantice los objetivos de los gobiernos acerca de los ingresos de sus agricultores, ha elevado los precios de los granos muy por encima de los precios mundiales. Sin embargo, la tarifa de la yuca que se importa para uso en dietas animales equivale solamente al 18% de la impuesta a la cebada importada o al 6% del valor de los pélets o trozos, la que resulte más baja. Esta política ha mantenido un precio bajo para los pélets y trocitos de yuca importados en relación con el precio de los cereales y ha jugado un papel fundamental en el desarrollo del comercio de yuca de Tailandia.

En 1950 la yuca ocupaba aproximadamente 0.2% del área cultivada en Tailandia, y sus exportaciones se hacían casi exclusivamente a Estados Unidos en forma de almidón. En 1956 las compañías europeas de transporte marítimo y comercialización introdujeron a ese continente subproductos de la extracción del almidón de yuca con destino a los mercados de concentrados. Unos pocos años más tarde, el desarrollo de pequeñas trozadoras impulsadas por motores de gasolina permitió producir yuca seca en trocitos, directamente de las raíces frescas. Luego se construyeron miles de pequeñas plantas con patios de cemento para secar la yuca, y los 'chips' o trozos reemplazaron en su totalidad los subproductos de la extracción de almidón en el mercado de exportación.

Los trozos de yuca son una fuente barata de calorías, pero son costosos para transportar; además, son voluminosos y frágiles, y al manipularlos producen nubes de polvo. En los últimos años de la década de los 60, unos empresarios alemanes invirtieron un millón de dólares en la primera planta de peletizado tailandesa, y empezaron a transportar pélets a Europa. Los pélets son mucho menos voluminosos que los trocitos (tienen

una densidad aproximadamente igual a la de los cereales), y producen mucho menos polvo, aunque todavía en cantidad suficiente para causar ciertas dificultades en su manejo. Actualmente la exportación de pélets de Tailandia es mucho mayor que la de almidón. En 1980 existían más de 400 plantas de peletización, y las exportaciones alcanzaron niveles de seis millones de toneladas con un valor superior a 500 millones de dólares.

El crecimiento de la industria de yuca fue apoyado por el desarrollo de un sistema extensivo de carreteras construidas por razones estratégicas.

Inicialmente, los pélets se trasportaban en camiones hasta los puertos más grandes, en donde se empacaban en pequeños buques de carga para enviarlos a Europa. En los años 70, el aumento en los costos de combustible hizo económicamente aconsejable el uso de barcos cargueros de hasta 100,000 t de capacidad, para trasportar la yuca. Sin embargo, Tailandia no poseía facilidades portuarias con aguas profundas para recibir estos buques grandes, y por lo tanto éstos tenían que anclar en el golfo de Siam a donde se enviaban los pélets de yuca empacados en bultos sobre pequeños planchones. Este engorroso sistema se acabó cuando se construyó en Mabookrang, en 1977, el muelle más grande del mundo, con un trasportador de carga continuo, capaz de cargar 100,000 t directamente desde la orilla del mar, en menos de una semana.

El mercado tailandés ha tenido, sin embargo, ciertos problemas. Los importadores europeos estipulan una calidad mínima, con 62% de almidón, 5% de fibra cruda (máximo), 3% de arena (máximo) y un contenido de humedad inferior a 14.0-14.3%, dependiendo de la época. Debido al rústico sistema de secamiento, hay bastante contaminación de los trocitos con hongos y bacterias, y además el contenido de almidón es frecuentemente bajo. Adicionalmente han ocurrido casos de adulteración con arena que han bajado aún más la calidad. En una inspección del material que entraba a Holanda procedente de Tailandia, efectuada en 1971, más del 80% de las muestras no llenaban los requisitos mínimos. Bélgica tiene requerimientos de calidad más estrictos que los otros países importadores y

ha aumentado sus importaciones de Indonesia, cuyos trocitos y pélets son de más alta calidad. Esto ha afectado las importaciones de Tailandia.

Los empleados oficiales tailandeses, muy preocupados con la calidad de los productos de exportación de su país, han colocado en manos de las compañías que exportan los productos la responsabilidad de alcanzar los requerimientos mínimos, en lugar de depender del control del gobierno, como se hacía anteriormente. Para demostrar la gravedad de no cumplir con las regulaciones establecidas, se condenó a cadena perpetua a un comerciante tailandés que había adulterado yuca con arena.

Aparte de problemas de calidad, la industria tailandesa afronta el relacionado con la incertidumbre actual sobre la continuación de los acuerdos de tarifas que mantienen atractivos los precios de los pélets en el mercado europeo. En cualquier momento la Comunidad Económica Europea podría aumentar las tarifas sobre los pélets de yuca de Tailandia, ya que este país no es miembro del GATT, y debido a la presión de los agricultores europeos para que se haga eso. Tailandia ha aceptado un sistema de cuotas de exportación hacia el mercado europeo, las cuales disminuirán gradualmente durante los próximos años. Esto oscurece el futuro de sus exportaciones de yuca. Sin embargo, Tailandia ya ha abierto nuevos mercados en el sureste asiático.

Como respuesta a esta situación, Tailandia ha emprendido una agresiva política de mercadeo, intentando abrir nuevos mercados tales como los de Japón, Corea, el bloque soviético y Egipto. Por otra parte, la Comunidad Económica Europea ha ofrecido 40 millones de dólares para ayudar a Tailandia a que siembre otros cultivos diferentes a la yuca, en un programa de diversificación. Antes de que la producción de yuca se diseminara en el noreste de Tailandia, el kenaf era el cultivo más importante, pero nunca ocupó ni una fracción del área total sembrada en yuca actualmente.

La expansión de la yuca ha traído a la región cierta prosperidad y desarrollo, así como estabilidad política, y en este momento no hay un sustituto efectivo para ese cultivo. La

política miope de exigir a los tailandeses que acepten cuotas tendrá un efecto negativo en los precios que reciben los pequeños agricultores y eventualmente afectará su nivel de vida.

Producción. Antes de que se desarrollara la industria de peletización, la mayor parte de la yuca se producía en el sureste de Tailandia. Como la demanda se elevó, no hubo suficiente área para la expansión del cultivo en la región tradicional y por lo tanto se expandió hacia los departamentos del noreste y el sur. Un buen mercado, combinado con la excelente variedad local Rayong 1, hizo de la yuca un cultivo atractivo para los pequeños agricultores, especialmente en las regiones con suelos pobres y sin la posibilidad de riego.

Los bancos y comerciantes apoyaron la expansión de la siembra de yuca por medio de créditos, y algunos comerciantes empezaron a llevar grandes cantidades de estacas de las regiones tradicionales a los agricultores en las nuevas áreas de siembra, aconsejándoles las prácticas más recomendables para el cultivo de la yuca. Por otra parte, mientras que la producción de yuca se ampliaba, empresarios de diferentes pueblos construyeron un gran número de plantas de trozado y secamiento de raíces, las cuales utilizaban maquinaria hecha localmente a bajo costo. Estas pequeñas plantas tenían alta demanda de mano de obra y suficiente capacidad para comprar toda la yuca producida.

Así, con crédito de los bancos y de comerciantes, con disponibilidad de insumos y con un mercado garantizado, el pequeño agricultor fue estimulado a aumentar su producción de yuca.

Aunque el promedio de rendimiento de la yuca es alto, aproximadamente 15 t/ha, hay algunos indicios de un decremento en la producción. La industria yuquera de Tailandia tiene como base el suministro de raíces frescas de bajo costo, lo cual depende a su vez de los buenos rendimientos. Los agricultores deben, por lo tanto, empezar a utilizar fertilizantes y tecnología mejorada en el futuro, o de lo contrario la industria tailandesa podría perder su ventaja por competencia.

En la Costa Norte de Colombia: Yuca Seca para la Industria de Concentrados

La costa norte es una de las áreas yuqueras más importantes en Colombia, y la yuca ocupa allí un 40 a un 50% de la tierra cultivada, con fincas menores de 20 ha. Hasta finales de los años 70, casi la totalidad de la yuca producida en la región se destinaba al autoconsumo o se vendía como yuca fresca en los mercados locales o urbanos. Una planta pequeña de extracción de almidón en la región utilizaba menos del 5% de la producción total de la región.

En 1976 se estableció en Colombia el programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI) para aumentar la producción de alimentos básicos, mejorar el bienestar de los agricultores pequeños y asistirlos en la compra de insumos y en el mercadeo de sus productos. El programa DRI debía coordinar las actividades de las agencias del gobierno responsables del crédito, la organización campesina, la capacitación a nivel nacional, la investigación agrícola, y el crédito para plantas de procesamiento a escala pequeña. En la costa norte de Colombia se seleccionaron los departamentos de Sucre y Córdoba para la primera fase del proyecto.

Los primeros intentos para aumentar la producción de yuca no fueron completamente exitosos. Aunque la producción aumentó cuando se abrieron líneas de crédito para los agricultores pequeños, el mercado fresco se saturó rápidamente, los precios tuvieron una baja drástica, y muchos de los agricultores ni siquiera cosecharon su producto debido a que los costos de la cosecha eran más altos que el precio que iban a recibir. En consecuencia, el DRI formó un 'comité de poscosecha' para manejar el mercadeo de diferentes cultivos con los cuales estaba trabajando.

Más o menos al mismo tiempo se hizo un estudio independiente sobre el potencial de los trocitos de yuca seca para sustituir cereales importados en la industria de concentrados. Teniendo en cuenta los precios pagados por la yuca fresca para el consumo humano, una industria de yuca seca no parecía viable. Sin embargo, el análisis demostró que si se podían

obtener rendimientos superiores a 8 t/ha sin aumentar los costos de producción, entonces la yuca se podía producir provechosamente para la industria de concentrados.

Sin embargo, este análisis se basaba en muchas suposiciones y por consiguiente no se podía considerar como una base suficientemente sólida para un plan destinado a aumentar la producción de yuca y promover el secamiento de la misma en toda la región. Se consideraron entonces dos alternativas, la primera de las cuales consistía en empezar con un programa de investigación a largo plazo para verificar las suposiciones sobre las cuales se hizo el análisis original. La segunda alternativa consistía en utilizar los conocimientos existentes sobre producción y procesamiento de yuca para montar un proyecto piloto pequeño y ver si los trozos de yuca seca se podían producir económicamente.

Se escogió la segunda alternativa. En 1930, un grupo de pequeños agricultores del departamento de Sucre construyó un patio de secamiento de 300 m², y en el año siguiente el proyecto piloto empezó a tomar datos sobre el secamiento bajo las condiciones locales y a probar la aceptabilidad del producto en la industria local de concentrados. Mientras se ganaba experiencia, los investigadores modificaron y mejoraron el sistema de procesamiento.

Los agricultores mismos manejaban el proceso de secamiento y en esta forma fue posible obtener información real sobre los requerimientos de mano de obra y sobre los costos del proceso. El DRI logró que la empresa productora de concentrados más grande de la región garantizara un precio para la yuca seca. En 1982 la planta de secamiento operó en forma semi-comercial y recolectó más información.

En 1983 el DRI, entusiasmado por el éxito del proyecto piloto, decidió ayudar a otros agricultores a constituir sus asociaciones formales, a construir patios de secamiento, y a comprar picadoras de yuca y los pequeños equipos necesarios para esta actividad. En ese año empezaron a operar seis plantas de secado, cifra que en 1986 alcanzó un total de 37 plantas en funcionamiento.

Cuando se estaban construyendo las primeras seis plantas comerciales, los organizadores del proyecto estaban preocupados porque no sabían si iba a haber suficiente yuca disponible para mantener las plantas en operación. Además no se sabía si una escasez de raíces frescas en la región podía subir los precios de la yuca (para el mercado fresco) restringiendo así el suministro de la materia prima a bajo precio para las plantas.

Los agricultores, que no solamente eran productores de yuca sino los dueños de las plantas de secado, no se preocupaban; ellos pensaban que si los precios de la yuca aumentaban, la podrían vender en el mercado fresco a un precio alto y así podían cubrir sus deudas. Por otra parte, si el precio de la yuca en el mercado fresco se bajaba mucho, ellos podrían procesarla y venderla al precio garantizado por la fábrica de concentrados. En esta forma, los agricultores podrían pensar por primera vez en aumentar su producción de yuca sin ningún riesgo de saturar el mercado y de tener que venderla a precios irrisoriamente bajos. Como resultado de esta situación, ellos sembraron más yuca y mejoraron su tecnología de producción.

Aunque la producción total de yuca seca todavía no es muy grande (4000 t anuales), este proyecto, que integra la producción, el procesamiento y el mercadeo de la yuca, parece ofrecer algunas pautas para el manejo exitoso de proyectos de expansión en la producción de esta raíz.

Discusión: las Bases del Exito

Los cinco ejemplos anteriores, diferentes entre sí, demuestran que no hay una fórmula única y sencilla para el éxito. En tres de los casos, el desarrollo de la producción de yuca parece estar relacionado estrechamente con el mejoramiento de la tecnología por parte de instituciones de investigación, mientras que en un caso, el de Tailandia, la investigación está empezando apenas ahora a jugar un papel importante, a pesar de que se ha hecho mucho en el pasado. No obstante, la existencia de una tecnología que permita producir altos rendimientos parece ser de suma importancia. En cuatro de los cinco casos presentados, los rendimientos están muy por encima del promedio mundial.

Un significativo factor común en todos los casos es la presencia de un mercado estable para la yuca producida. Aunque el sistema de mercadeo varíe (una cadena compleja de procesamiento y transporte en Tailandia, un mercado local para concentrados en la costa norte de Colombia, un sistema de distribución estatal en Cuba, intermediarios en Caicedonia, Colombia, y muchos pequeños mercados callejeros en la India), en todos los casos la yuca tiene una salida que no requiere mucho gasto de tiempo por parte de los productores en el mercadeo del producto. Adicionalmente, los agricultores siempre han podido obtener rápidamente información sobre la nueva tecnología de producción. En los ejemplos descritos, la transmisión de esta información se ha hecho a través de canales tan diferentes como los extensionistas, los comerciantes que dieron consejos, y un sistema de producción controlado por el estado. A pesar de esas diferencias, en todos los casos existía un canal de transferencia de tecnología.

Aunque hay muchos factores que pueden influir en la adopción de la tecnología mejorada sobre yuca, parece que los programas exitosos para aumentar la producción deben tener por lo menos tres componentes: una tecnología de producción viable, una forma de comunicar esa tecnología a los agricultores, y una salida para el producto. La experiencia en la costa norte de Colombia y observaciones sobre algunos proyectos de yuca que han fracasado, sugieren que ciertas acciones son esenciales para la realización exitosa de programas para el desarrollo de la yuca.

La primera fase de un proyecto de desarrollo es el análisis macroeconómico no sólo de la demanda de la yuca o de sus productos, sino de los productos que podrían competir con esta raíz, tales como los cereales que ella puede sustituir. En este tipo de análisis no solamente se debe mirar la demanda potencial para los productos sino que también se debe determinar el precio por el cual la yuca podría entrar a los diferentes mercados.

Cuando se haya establecido la demanda potencial para uno o más productos de la yuca, se deben evaluar las posibles regiones de producción y el tipo de la tecnología de procesamiento,

tanto en términos de la producción potencial como de los costos de producción y procesamiento. Las estimaciones de los costos de producción y procesamiento pueden ser apenas tentativas, pero aun así se pueden utilizar para hacer comparaciones con los precios, y decidir si se debe continuar con un proyecto de yuca o no.

Si la decisión es positiva, existen dos líneas de acción. Por una parte, se pueden refinar las estimaciones originales por medio de más investigación. Sin embargo, esta tarea puede ser bastante costosa y la exactitud que se gana muchas veces es muy poca. La otra alternativa es establecer un proyecto piloto, el cual se puede empezar utilizando la mejor tecnología de producción y procesamiento disponible. Luego se pueden obtener datos concretos sobre una base semicomercial, aprovechando esta fase para adaptar y mejorar la tecnología por medio de investigación in situ. Esta estrategia probará la tecnología y la viabilidad económica de ampliar el proyecto hacia una fase comercial.

A veces se necesitan ciertas decisiones políticas. Por ejemplo, podría ser necesario establecer líneas especiales de crédito, aumentar el apoyo institucional al trabajo de extensión, o quitar subsidios a productos que compitan con la yuca. Una vez que se hayan efectuado los cambios de política, el proyecto puede entrar a la fase comercial con bases sólidas y grandes probabilidades de éxito.

Capítulo 7

PROGRAMAS NACIONALES DE DESARROLLO INTEGRADO DE YUCA

En la mayoría de los países tropicales hay un déficit de calorías tanto en la dieta humana como en la alimentación animal, y a pesar del gran potencial que existe en muchos de ellos para el cultivo de la yuca, muy pocos hacen esfuerzos organizados para aumentar la producción de esta raíz y mejorar la eficiencia en su utilización. Frecuentemente los productores de yuca se muestran vacilantes para aumentar su producción porque temen saturar el mercado. Los procesadores de alimentos, la industria de concentrados y otros posibles usuarios industriales no tienen incentivos para invertir en productos a base de yuca porque el suministro de esta raíz es muchas veces errático e insuficiente para sus necesidades.

Tanto los cultivadores como los procesadores tienen frecuentemente buenas razones para no cambiar el status quo. Como ya se describió en el Capítulo 6, los intentos para aumentar la producción de yuca en la costa norte de Colombia no fueron exitosos inicialmente. La perecibilidad de las raíces impedía a los agricultores transportar sus excedentes a mercados distantes en donde los precios de la yuca fueran más favorables, y como resultado el precio en finca tuvo una baja tan brusca que los agricultores no podían ni cubrir los gastos de la siembra y la cosecha de su cultivo. Al mismo tiempo, los precios del maíz y el sorgo para la producción de concentrados estaban extremadamente altos. Los trozos de yuca seca podían haber competido en el mercado local para concentrados, pero no existían las plantas para el picado y el secamiento de la yuca, y no fue posible construirlas a tiempo para utilizar la producción excedente. La situación opuesta ocurrió en Vene-

zuela, cuando se construyeron unas plantas de secamiento supremamente grandes para procesar yuca para alimentación animal. La capacidad de las plantas era tan grande para la producción local de yuca, que nunca pudieron funcionar a más de la mitad de su capacidad.

Los dos ejemplos anteriores destacan la necesidad de hacer una planeación cuidadosa para integrar la producción, el procesamiento, y el mercadeo cuando se trabaja en el desarrollo de un programa de yuca. Muchos líderes del sector agrícola consideran la producción como el principal cuello de botella en el desarrollo agrícola, suposición que es básicamente correcta para muchos cultivos. Por ejemplo, en América Central casi todos los países tienen campañas para aumentar la producción de frijol seco, y no se preocupan por una producción excesiva porque los cultivos con tan baja perecibilidad se pueden transportar fácilmente a otra región, y aun exportarse. Con la yuca, por ser un cultivo extremadamente perecedero, la producción excesiva en una localidad es un problema bastante grave.

Cualquier programa cuyo objetivo sea ampliar la producción de yuca debe ser un programa integral, orientado no solamente a la producción, sino también al mercadeo y al procesamiento del producto.

Entidades Involucradas

Cuando se establecen programas integrados de yuca, existe el gran interrogante de cuáles serían las agencias involucradas en la investigación y el desarrollo.

En los países desarrollados, un alto porcentaje del presupuesto total para la investigación agrícola y el desarrollo está pagado por el sector privado. Las compañías privadas pueden desarrollar variedades y distribuir semilla, producir químicos que ayuden a aumentar la producción, y desarrollar nuevos métodos de empaque y procesamiento que hagan el producto final más atractivo.

Algunos ejemplos parecidos se observan en el mundo en vías de desarrollo en cuanto a cultivos de exportación. En



Al salir de un día de campo, estos agricultores llevan estacas de nuevas variedades para ensayarlas en sus propias fincas. (FUENTE CIAT)

Malaysia, un consorcio de compañías productoras de palma africana ha invertido grandes sumas en la investigación, y su producción total es tan grande que pueden obtener una alta tasa de retorno a su inversión en la investigación. Sin embargo, la yuca no es un cultivo importante de exportación, excepto en Tailandia, y aun en ese país casi la totalidad de la producción proviene de agricultores pequeños. Por lo tanto, parece poco probable que las grandes compañías privadas se comprometan en la producción y utilización de la yuca, y que apoyen la investigación y el desarrollo al respecto.

En los países en vías de desarrollo, especialmente en América Latina, las compañías privadas sólo han invertido en la investigación y desarrollo de un producto cuando han visto la posibilidad de que dicho producto se pueda vender. Por ejemplo, algunas compañías privadas han producido híbridos de sorgo y maíz adaptados a las condiciones del trópico bajo.

Puesto que los agricultores no pueden producir su propia semilla híbrida, las compañías tienen la oportunidad de vendérsela. En el caso de la yuca, la mayoría de los agricultores producen su propio material de siembra y pueden comprar u obtener pequeñas cantidades de nuevos clones para multiplicarlos directamente. Por tales razones, el mercado de 'semilla' de yuca es demasiado pequeño para atraer el interés del sector privado hacia el desarrollo de nuevos clones.

El desarrollo de químicos específicamente para la producción de yuca tampoco parece muy probable, debido a que la tecnología apropiada para la yuca se basa en el uso mínimo de insumos químicos y no deja, por lo tanto, la posibilidad de grandes ventas. Sin embargo, parece muy probable que los productores de yuca tendrán que utilizar fertilizantes, y además sería conveniente el uso de herbicidas, en el futuro. Las compañías comerciales podrían interesarse, por lo tanto, en trabajar sobre estos aspectos de investigación de yuca. No obstante, la mayor parte de la investigación en yuca no va a ser económicamente atractiva para el sector privado, y el sector público tendrá que hacerla.

Para que el programa tenga éxito, no sólo es necesario planear para desarrollar una tecnología mejorada, sino también para transferirla a los agricultores. Existe una creencia bastante generalizada de que cuando una nueva tecnología es rentable y práctica y satisface los requerimientos de los productores, esa tecnología se difunde rápidamente aunque no exista un servicio de extensión activo.

Esa conclusión ha surgido de la experiencia con cultivos de alta rentabilidad y, en algunos casos, de la adopción de nuevas variedades en áreas de riego donde hay concentraciones numerosas de agricultores que producen el mismo cultivo. Sin embargo, cuando hay que llevar la nueva tecnología a un gran número de agricultores pequeños dedicados a una amplia gama de cultivos y quienes muchas veces no tienen buenas fuentes de información ni buenos niveles de educación, el trabajo de extensión tiene una importancia crítica en la adopción de nuevas técnicas o variedades. Sin embargo, es bien claro que los esfuerzos en extensión van a tener éxito sólo

cuando la nueva tecnología sea relativamente sencilla y apropiada para las condiciones socioeconómicas y agronómicas en que está trabajando el agricultor.

Definición de los Marcos de Referencia

Antes de establecer un programa nacional integrado de yuca, es necesario definir claramente los objetivos y el marco en el cual se van a alcanzar tales objetivos. Se debe hacer un estudio preliminar para estimar las áreas del país donde se puede producir yuca, los rendimientos que se pueden obtener comercialmente, los insumos que se van a necesitar, los requerimientos de los diferentes mercados y las plantas de procesamiento e infraestructura que se requieren para su comercialización. Estas estimaciones darán una idea aproximada de los costos de producción para el agricultor y para el estado y de la rentabilidad del programa.

Con estos datos se puede calcular un precio para las raíces de yuca, el cual puede servir para estimar la demanda potencial de la misma, tanto para usos tradicionales como para nuevos usos. Para satisfacer la demanda potencial es posible que se vaya a necesitar el mejoramiento de la infraestructura; por ejemplo, es posible que se necesiten carreteras para facilitar el transporte, o la inversión en plantas de procesamiento. Se deben estimar los costos de estas mejoras, e incluir tales estimaciones en un estudio de factibilidad, el cual dará datos más acertados sobre los rendimientos y los insumos requeridos.

Con esta información se puede decidir si se va a montar un programa completo, y en este caso definir los objetivos del programa y los recursos necesarios para alcanzarlos.

Estimación de los insumos requeridos y rendimientos

La yuca crece en muchos suelos diferentes y bajo una amplia gama de condiciones climáticas, aunque su mejor rendimiento, como en la mayoría de los cultivos, se obtiene en condiciones de buena fertilidad y poco estrés de agua. Sin embargo, bajo las mejores condiciones agrícolas los agriculto-



Aunque la yuca tiene amplia adaptabilidad como especie, es necesario seleccionar las variedades individualmente para cada zona agroclimática (FUENTE CIAT)

res escogen lógicamente cultivos que tengan en el mercado mayor valor que el de la yuca.

Por otra parte, la yuca frecuentemente crece y rinde bien en regiones consideradas no buenas para la agricultura, en las cuales no se pueden cultivar otros productos sin utilizar costosos correctivos del suelo o sin montar la infraestructura para riego. En regiones que se consideran marginales para la explotación agrícola a causa de sus suelos ácidos e infértiles, con lluvias esporádicas o con períodos secos largos, existe buen potencial para producción de yuca. En efecto, con una inversión relativamente pequeña, esas tierras actualmente poco productivas pueden contribuir a aumentar la producción total del sector agrícola.

No es fácil predecir los rendimientos de yuca ni los insumos requeridos para obtener tales rendimientos en tierras marginales. Es posible establecer parcelas experimentales en una zona, pero este procedimiento da solamente un estimativo del

rendimiento potencial o máximo, con la mejor tecnología conocida. En un área extensa, el rendimiento promedio que se puede obtener a largo plazo es mucho menor que el rendimiento potencial, porque cuando se aumenta el área sembrada la fertilidad del suelo decrece, la incidencia de enfermedades y plagas tiende a aumentar, y los rendimientos tienden a bajar. En los años 70 se estableció en Minas Gerais, Brasil, un programa de producción de yuca para alcohol. Los rendimientos de los primeros ensayos en pequeña escala y de los ensayos comerciales iniciales fueron bastante altos, pero, a medida que se aumentó el área sembrada, los rendimientos bajaron en una forma drástica, y solamente ahora, como resultado de un programa de investigación, se están aumentando de nuevo.

No hay ningún método definido para determinar cuánto van a bajar los rendimientos al aumentar el área de siembra. Sin embargo, es probable que un equipo experimentado de agrónomos, patólogos, entomólogos y especialistas en suelos pueda estimar el rendimiento posible a nivel comercial en una región dada y además pueda estimar los insumos requeridos para alcanzar tal rendimiento. Si sus estimaciones del rendimiento son suficientemente altas para crear interés en un proyecto, se deben establecer ensayos a escala comercial para obtener datos más precisos sobre los niveles que se pueden obtener. Sin embargo, pocas veces ese proceso es suficientemente rápido para los políticos que quieren proyectos de pronta ejecución, si bien tales ensayos son esenciales para disminuir los riesgos de fracasos.

El Cuadro 7.1 presenta estimaciones aproximadas del rendimiento comercial que se puede obtener en yuca bajo diferentes condiciones, junto con algunos datos sobre los principales insumos necesarios para esta producción. Tales estimaciones se basan en las siguientes suposiciones: el manejo del cultivo es bueno, hay buen control de malezas a mano o con herbicidas, se utiliza material de siembra de alta calidad, y se practica un control integrado de plagas. Los datos del cuadro se pueden usar sólo como una guía para los propósitos de planeación. En cada caso es necesario determinar el rendimiento que se puede obtener comercialmente en la región por medio de pruebas a nivel comercial.

Cuadro 7.1. Rendimientos potenciales de las variedades mejoradas^a de yuca, con buen manejo y bajo diferentes condiciones ambientales.

Temperatura anual (°C)	Pluviosidad (mm)	Epoca de siembra	Fertilidad del suelo	Fertilización ^b	Tratamiento de estacas ^c	Período vegetat. (meses)	Rendimiento (t/ha)
22-28	> 1000, bien distribuida	Todo el año	Alta	Mantenimiento	F + I	10-12	> 35
	> 800, con 3-4 meses secos	Comienzo o final lluvias	Alta	Mantenimiento	F + I	10-12	30-35
	> 1000, bien distribuida	Todo el año	Moderada	Mantenimiento	F + I	10-12	30-35
	> 800, con 3-4 meses secos	Comienzo y final lluvias	Moderada	Mantenimiento	F + I	10-12	25-30
	> 1000, bien distribuida	Todo el año	Baja + acidez	NPK + Ca*	F + I + Zn	10-12	20-25
	> 800, con 3-4 meses secos	Comienzo y final lluvias	Baja + acidez	NPK + Ca*	F + I + Zn	10-12	15-20
20-24 ^d	> 1000, principalm. en verano	Primavera u otoño	Moderada	Mantenimiento	F + I	20-24	20-40 ^e
18-22	> 1500, bien distribuida	Todo el año	Moderada	Mantenimiento	F + I	18-22	20-30

a. No hay variedades mejoradas disponibles para todas las condiciones.

b. Uso de fertilizantes sólo para conservar la fertilidad del suelo (mantenimiento), excepto en los suelos ácidos e infértiles que requieren fertilización para producción (*), así: NPK = 75:150:100 y Cal = 0.5 t/ha.

c. El tratamiento consta de fungicidas (F) e insecticidas (I); para la siembra en suelos ácidos e infértiles se les aplica también zinc.

d. Las regiones productoras de yuca con este rango de temperatura tienen un invierno moderado y un verano cálido.

e. El rendimiento en este caso depende del ciclo del cultivo.

FUENTE: Cock y Lynam, 1982. (Revisión.)

El Cuadro 7.2, basado en el cuadro 7.1, da una estimación de los costos de producción de yuca en tierra de primera y en tierra marginal, con dos costos diferentes de mano de obra y dos niveles diferentes de rendimiento. Obviamente, los costos reales de producción varían de localidad a localidad, pero se puede obtener una estimación aproximada usando los datos locales sobre precios y valor de la tierra y basándose en las suposiciones aplicadas para las estimaciones del cuadro (ver Apéndice 1).

Cuadro 7.2. Costos de producción de yuca en relación con el valor del jornal y el nivel de rendimiento.^a

Calidad de la tierra	Nivel de rendimiento (t/ha)	Valor del salario (US\$/día)	Costos de producción (US\$/t)
Marginal	15	2	36
		4	45
	25	2	22
		4	27
De primera	30	4	33
		6	37
	40	4	25
		6	28

a. Ver explicación de estos cálculos en el Apéndice 1.

Estimación de la demanda potencial de yuca

La demanda para la yuca se debe examinar en relación con la demanda y la estructura de precios de otros cultivos amiláceos, ya que existen oportunidades de sustituciones entre sí. El Cuadro 7.3 muestra el nivel de precios al cual se puede esperar que la yuca sea competitiva con varios cultivos. Para determinar si la yuca puede competir con otros cultivos básicos, y para qué usos, se deben utilizar datos parecidos a los del cuadro, obtenidos al nivel nacional o regional.

La demanda para yuca fresca es compleja debido a la importancia que tiene la calidad para el consumidor. Aparentemente

Cuadro 7.3. Precios de la yuca por debajo de los cuales esta raíz puede sustituir a otros productos competitivos; estos precios se estimaron considerando los niveles de rendimiento y los salarios.^a

Calidad de la tierra	Rendimiento de yuca (t/ha)	Valor salario (US\$/día)	Precios de sustitución según el producto competidor			
			Arroz blanco (US\$/t)	Almidón (US\$/t)	Sorgo o maíz ^b (US\$/t)	Gasolina (US\$/lt)
Marginal	15	2	176	194	138	0.41
		4	221	230	166	0.46
	25	2	108	138	94	0.33
		4	132	158	109	0.36
De primera	30	4	162	182	128	0.39
		6	181	198	141	0.42
	40	4	123	150	103	0.35
		6	137	162	113	0.36

a. Los supuestos para obtener estos datos se presentan en el Apéndice 1.

b. Para concentrados.

FUENTE: Cock y Lynam, 1982.

1/88

la yuca fresca de alta calidad es un alimento preferido especialmente en las zonas urbanas, y se debe evaluar desde este punto de vista en vez de mirarla como un sustituto de otras fuentes de almidón. Generalmente, el consumo de productos que contienen grandes cantidades de almidón disminuye a medida que el nivel de ingreso aumenta por encima de un cierto nivel. Sin embargo, no hay evidencia de que esto ocurra con el consumo de yuca fresca; aún más, la demanda se podría cambiar dramáticamente aplicando mejores formas de conservación de la yuca que den como resultado un producto de alta calidad con una larga vida útil después de la cosecha.

Investigación para Mejorar la Producción de Yuca

El potencial de la yuca está en su utilidad como fuente de energía o calorías baratas en regiones marginales para la agricultura, y no vale la pena pensar en una tecnología de producción a base de alto uso de insumos como fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas y de riego, los cuales son extremadamente costosos. Más bien es necesario buscar una tecnología para superar las condiciones de estrés inherentes al medio ambiente duro en el cual la yuca se cultiva y se seguirá cultivando.

Diseñar esa tecnología y producir variedades que por sí mismas sean capaces de producir rendimientos aceptables bajo condiciones marginales, con poco uso de químicos y sin riego, es mucho más difícil que desarrollar una tecnología para alta productividad en condiciones de riego, con control químico de malezas y de plagas y con uso de fertilizantes. Así, paradójicamente, el desarrollo de una tecnología de bajo costo requiere una alta inversión en la investigación. Sin embargo, la tasa de retorno sobre la inversión en una investigación agrícola bien organizada es extremadamente alta, y en el caso de la yuca, un cultivo que hasta hace poco había recibido poca atención por parte de los científicos, se puede esperar un retorno más alto que en otros cultivos más profundamente investigados.

Adicionalmente, los costos de esta investigación se pueden distribuir en una región grande y durante un período bastante largo, en contraste con lo que ocurre con el uso continuado de insumos comprados. Por ejemplo, Mantiqueira, un clon de alto rendimiento desarrollado en Brasil hace más de 30 años, se encuentra todavía hoy cultivado en grandes extensiones. No hay ninguna duda de que la inversión que se hizo en la investigación para su desarrollo se ha pagado muchas veces con el aumento en los rendimientos obtenidos por los agricultores que lo han adoptado.

Debido a la alta tasa de retorno que presenta la investigación agrícola, y a la aplicación a largo plazo de la tecnología generada en ella, la inversión en esta investigación para resolver problemas es, en general, de más beneficio potencial para la sociedad que los gastos continuados en insumos químicos.

La acción de los centros internacionales¹

Hay dos centros agrícolas internacionales, el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) en Nigeria y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, que tienen programas de investigación bastante grandes dedicados a la yuca. Estos centros desarrollan variedades mejoradas y prácticas agronómicas efectivas, como también sistemas de manejo de la yuca después de cosechada.

El programa de raíces y tubérculos tropicales del IITA se enfoca hacia el desarrollo de variedades de alto rendimiento con buena tolerancia a enfermedades y a prácticas agronómicas adecuadas para el sistema de tumba y quema que se usa en África. El programa del IITA hace énfasis en la resistencia al mosaico africano, que sólo se encuentra en África y la India, y en el control biológico del piojo harinoso y los ácaros. Adicionalmente, el IITA investiga sistemas de producción permanente y eficiente para mantener un rendimiento sostenido en los trópicos húmedos, reemplazando así la intermitente agricultura migratoria y los sistemas de tumba y quema con largos períodos de barbecho.

1. Ver Apéndice 2: Dónde Conseguir Asistencia Técnica e Información sobre Yuca.

El CIAT está desarrollando material genético y tecnología apropiada para la producción de yuca en las Américas y en Asia. Este centro tiene también un programa de investigación para el desarrollo de una tecnología de almacenamiento y secado de yuca y de sistemas más eficientes para la utilización de sus productos.

Los investigadores de estos centros están conscientes de que no es posible desarrollar una sola variedad o un solo sistema de producción apropiado para todos los sistemas agrícolas de los trópicos donde se cultiva la yuca. El IITA distribuye casi todo su material genético en la forma de semilla sexual cuyas progenies son altamente variables, de tal manera que los programas nacionales pueden seleccionar las variedades más aptas para sus condiciones locales. El CIAT distribuye tanto materiales clonales como semilla sexual. La semilla sexual generalmente se envía a programas nacionales de investigación bien establecidos, que tengan la capacidad para manejar un número grande de materiales genéticamente diferentes. El material clonal, que ya ha sido seleccionado cuidadosamente, se manda a programas nacionales más pequeños, tanto en el caso del CIAT como del IITA.

Los centros internacionales también estudian la respuesta básica de la yuca a diferentes prácticas agronómicas. Aunque ellos pueden desarrollar prácticas adecuadas para ciertas condiciones, el objetivo de su investigación es obtener información básica que los programas nacionales o regionales puedan utilizar en la conformación de paquetes tecnológicos para sus propias condiciones.

La investigación sobre yuca en el CIAT y el IITA no disminuye en ninguna forma la necesidad de programas nacionales fuertes. En realidad, sólo si hay esfuerzos bien coordinados y efectivos por parte de los programas nacionales, la labor de los centros internacionales podrá ser efectiva. En consecuencia, el IITA y el CIAT ofrecen programas de capacitación para personas de las entidades nacionales que trabajan con yuca, y han estimulado, mediante tales programas, el desarrollo de una red internacional de investigadores que intercambian ideas, conocimientos y material genético. Los centros nacionales e inter-

nacionales trabajan conjuntamente para mejorar los sistemas de producción de yuca.

La acción de los programas nacionales

Desde los años 70 ha aumentado el interés en la yuca por parte de los programas nacionales, y también se han formado algunos nuevos programas nacionales de investigación. Una gran dificultad para comenzar con un programa nuevo es la poca disponibilidad de profesionales de las ciencias naturales y sociales que tengan experiencia en yuca para manejar el programa y hacer la investigación. En sus fases iniciales, el programa nacional puede hacer uso extensivo de los cursos de capacitación ofrecidos por los centros internacionales para conseguir que sus científicos se familiaricen con los últimos avances de la tecnología en yuca.

Casi todos los programas nacionales están organizados en equipos multidisciplinarios, en contraste con los sistemas tradicionales de investigación en los cuales los científicos individuales trabajan dentro de su propia disciplina o esfera de interés, sin preocuparse por relacionar su trabajo con el de los otros investigadores.

Los equipos de científicos pueden resolver problemas que traspasan los límites tradicionales de las disciplinas, y además son necesarios por otra razón: los problemas encontrados en el desarrollo de una nueva tecnología agrícola son demasiado complejos, y un científico que trabaja solo, tiene pocas posibilidades de avanzar significativamente; sólo puede suministrar datos de investigación aislados que no se pueden incorporar fácilmente en un paquete tecnológico que el agricultor pueda usar.

Los objetivos y, por lo tanto, el énfasis de la investigación varían de país a país. Sin embargo, hay ciertas áreas de investigación que probablemente serían comunes a todos los programas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes.

Mejoramiento varietal. Puesto que la tecnología de producción de yuca debe ser apropiada para condiciones no ópti-

mas y para un uso reducido de insumos comprados, una variedad ideal debe tener alto potencial de rendimiento y al mismo tiempo requerir pocos nutrimentos y poca agua; además, debe tener resistencia a las enfermedades y plagas de más importancia.

Desafortunadamente la tasa a la cual avanza un programa de fitomejoramiento en cualquier cultivo está en relación inversa con el número de objetivos de fitomejoramiento. Por lo tanto, para hacer un progreso rápido, el programa de fitomejoramiento debe incluir solamente objetivos o factores que no se puedan resolver fácilmente por otros medios, y que además permitan eventualmente aumentar en una forma significativa el rendimiento y contribuir a una utilización más fácil del cultivo. El CIAT y el IITA están desarrollando germoplasma con características superiores, que los programas nacionales pueden usar directamente para su selección, o que pueden incorporar en sus programas de fitomejoramiento.

Control de pestes. A pesar de la tolerancia general que tiene la yuca a las enfermedades y plagas, cuando se aumenta el área sembrada y se intensifican los sistemas de cultivo, los problemas aumentan. El ácaro verde, el piojo harinoso y el añublo bacteriano han causado recientemente pérdidas muy graves en Africa, y la bacteriosis lo ha hecho en Brasil. Se deben desarrollar sistemas adecuados de control de plagas, basados en la resistencia de la planta, el control biológico y las prácticas culturales. Los químicos se deben usar solamente como una medida suplementaria cuando otros métodos no son efectivos y, además, se deben utilizar con cuidado para evitar el problema de reducir la efectividad de otros métodos de control. Los problemas de plagas están estrechamente relacionados con el medio ambiente local y por lo tanto los métodos de control se deben adaptar a las condiciones locales.

En el control de malezas puede ser necesario el uso de químicos, especialmente si hay escasez de mano de obra. Sin embargo, en este caso la mano de obra y los herbicidas no son mutuamente excluyentes, y se pueden desarrollar los métodos integrados de control que sean adecuados para la disponibilidad estacional de mano de obra en la región.

Prácticas agronómicas. Cambios sencillos en las prácticas agronómicas pueden conducir a aumentos considerables en el rendimiento. Algunas prácticas como la selección y el tratamiento del material de siembra pueden ser casi universales en su aplicación, mientras que otras, como la fecha óptima de siembra, serán muy específicas para cada lugar. Como resultado, los programas nacionales o instituciones locales deberán involucrarse activamente en estos aspectos de la investigación.

Un problema grande en el cultivo de la yuca es que cuando se siembra continuamente disminuye la fertilidad del suelo si no se aplican abonos. El costo de los fertilizantes se puede reducir usando métodos eficientes de aplicación y fuentes de nutrientes baratas, como la roca fosfórica.

Sistemas de cultivo. Aunque aproximadamente el 40% de la yuca en el mundo se siembra en asociación con otras especies, pocos científicos prestan atención suficiente a su cultivo en asociación. El crecimiento lento de la yuca hace posible intercalar y cosechar otros cultivos de ciclo corto, con muy poco efecto adverso sobre el rendimiento de la raíz. La cosecha temprana del otro cultivo permite al agricultor obtener un rápido retorno a su inversión, aliviando así sus problemas de flujo de caja debidos al largo ciclo de crecimiento de la yuca.

Adicionalmente, la asociación de cultivos tiende a disminuir los problemas de enfermedades, plagas y malezas, y en el caso de usar leguminosas de grano, éstas pueden ayudar a mantener el nivel de nitrógeno en el suelo. El cultivo intercalado puede contribuir a mejorar la nutrición humana porque el consumo de granos leguminosos mejora el nivel de proteína en la dieta. Hay grandes posibilidades de mejorar los rendimientos de los sistemas de cultivos asociados que incluyen yuca. Ya que hay poca investigación al respecto, el progreso puede ser rápido.

Validación de tecnología. Se conocen muchos ejemplos de tecnología con resultados muy alentadores en las estaciones experimentales, pero de poca efectividad en los campos de los agricultores. Un diseño correcto de la tecnología y una ejecu-

ción cuidadosa de ensayos bajo condiciones parecidas a las de los agricultores pueden ayudar a evitar este tipo de problema. Sin embargo, la tecnología se debe validar en las fincas desde una etapa temprana del desarrollo de la misma, para que los agricultores puedan jugar un papel importante en el manejo del cultivo.

La evaluación de la tecnología a nivel de finca frecuentemente demuestra fallas en la misma tecnología y deficiencias en la disponibilidad de insumos y de otros recursos requeridos. Si la tecnología demuestra deficiencias, los problemas se pueden rectificar antes de que ella sea promovida en una forma extensiva. Si los recursos requeridos no están disponibles, se pueden dar los pasos necesarios para que lo estén en el futuro. El hecho de involucrar al servicio de extensión y los productores en la validación de la tecnología también permite obtener información sobre la facilidad con la cual ella se puede transferir.

Trasferencia de tecnología. Casi todos los productores de yuca ensayan nuevas variedades en escala pequeña, como práctica rutinaria; si les gusta una nueva variedad, paulatinamente incrementan su siembra.

A pesar de eso, en ausencia de un esfuerzo de extensión definido, la adopción de nuevas variedades será bastante lenta, por varias razones: la yuca frecuentemente se cultiva en parcelas aisladas lo cual impide la comunicación entre los agricultores que la producen; el rendimiento solamente se puede ver en el momento de la cosecha y por lo tanto los agricultores vecinos no pueden darse cuenta rápidamente de que una nueva línea es altamente productiva; el ciclo del cultivo de la yuca es largo y los sistemas tradicionales de producción son lentos, y además hay pocos incentivos para que el sector privado promueva la adopción de las nuevas variedades.

Un esfuerzo en el área de extensión para mostrar las ventajas de las nuevas variedades, acoplado con un programa de producción de semilla, puede aumentar la tasa de adopción.

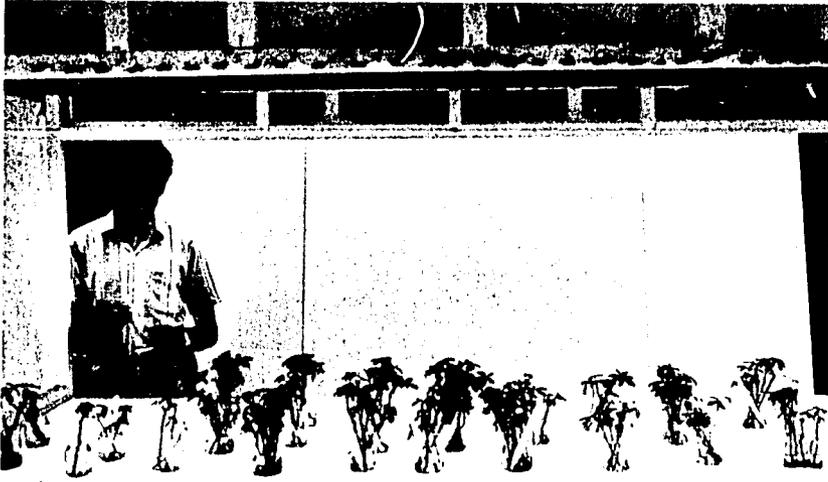
Disponibilidad de insumos. Aunque la tecnología para la producción de yuca se basa en niveles bajos de insumos com-

prados, aun así se requieren ciertos servicios e insumos. Entre los más importantes están el material de siembra limpio y las buenas variedades. Existen sistemas de propagación sencillos y rápidos que requieren poca inversión y que producen material de siembra de muy alta calidad. Sin embargo, la tasa de retorno a la inversión en las unidades de propagación rápida no ha sido suficientemente alta para atraer a las compañías productoras de semillas. Por lo tanto, las entidades nacionales deberían poder montar, como un servicio a los agricultores, unidades de propagación rápida autosostenidas con la venta de los materiales de siembra. El ICA, en Colombia, ha hecho esto en pequeña escala.

También se necesitan algunos agroquímicos. Los fertilizantes son necesarios en suelos infértiles, y también se deben aplicar en suelos de fertilidad moderada para obtener rendimientos altos a largo plazo. En las zonas de agricultura marginal los fertilizantes son frecuentemente costosos debido al alto costo del transporte por carreteras en mal estado. Por lo tanto, si una región con mala infraestructura se pretende desarrollar utilizando la yuca como cultivo de importancia, puede ser necesario construir carreteras para facilitar tanto el movimiento de insumos hasta la zona como el movimiento de los productos hacia los centros donde se va a comercializar.

También se requieren pequeñas cantidades de herbicidas, pesticidas y fungicidas, y el problema más grande en este caso no es el transporte sino la disponibilidad. El tratamiento químico del material de siembra de yuca, a un costo de US\$4,00 a 8,00 por hectárea, puede aumentar bastante el rendimiento en muchos casos. Sin embargo, los agricultores muchas veces no tienen acceso a las pequeñas cantidades de químicos que necesitan. Parece razonable esperar que las entidades nacionales establezcan canales de distribución de insumos (que reflejen el costo real), para asegurar que los agricultores puedan obtener oportunamente los agroquímicos que necesitan para mejorar su producción de yuca.

La devastación causada en años recientes por el ácaro verde en Africa Oriental, el piojo harinoso en Zaire y el gusano cachón en algunas partes de América del Sur no deja ninguna



Las facilidades para la propagación rápida no tienen que ser muy complicadas ni costosas. (FUENTE: CIAT.)

duda sobre la importancia del control de plagas, aun en los sistemas tradicionales de producción de yuca. El control biológico es una herramienta poderosa para luchar contra los insectos, pero muchas veces los agricultores no disponen de los agentes para efectuar dicho control. Las instituciones nacionales deberían suministrar ese servicio o estimular a las casas comerciales para que lo ofrezcan.

Procesamiento y Utilización de la Yuca

Los problemas del manejo de la yuca después de cosechada se deben a que la raíz es un producto supremamente perecedero. Por lo tanto, todos los sistemas de procesamiento deben tender a producir rápidamente productos que sean más estables para reducir los riesgos y los costos de manejo, así como para facilitar el mercadeo al permitir el almacenamiento de reservas del producto. Los sistemas de manejo poscosecha parecen ser mucho menos específicos para cada localidad que la tecnología de producción, y por lo tanto, los esfuerzos de investigación

concentrados en algunos lugares pueden generar tecnología utilizable en muchas partes del mundo.

Procesamiento para alimento humano. En los últimos años la investigación en el Overseas Development and Natural Resources Institute (ODNRI) en Londres y en el CIAT ha conducido a sistemas para conservar la yuca fresca, sin deterioro. Las dos instituciones han desarrollado técnicas de almacenamiento que, con mínimas adaptaciones, se pueden usar en muchas regiones diferentes en donde se cultiva la yuca.

Varias instituciones públicas, incluyendo el ODNRI y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas en Bogotá, Colombia, están desarrollando tecnología mejorada para la producción de pan con cierto porcentaje de harina de yuca. En realidad, la tecnología se podría utilizar en muchas regiones si existiera suficiente harina de yuca barata que no tuviera que competir con el trigo subsidiado, como pasa con tanta frecuencia. Las naciones que tienen escasos recursos podrían transferir tal tecnología de alimentos de otras regiones, en lugar de embarcarse en costosos programas de investigación.

Otros productos. La tecnología para la producción de trozos o pélets de yuca para la alimentación animal se ha desarrollado principalmente por intereses comerciales, con alguna asistencia de entidades públicas. Una situación parecida se ha presentado con la producción de almidón y alcohol. La tecnología de procesamiento, en general, se puede transferir fácilmente de una región a otra, y por lo tanto no todos los programas nacionales de investigación tendrían que hacer una investigación exhaustiva al respecto.

A pesar de todo, se va a necesitar alguna investigación. Por ejemplo, hay unos interrogantes críticos con respecto a la utilización de yuca para producir alcohol. A menos que se utilicen los tallos como combustible para las calderas de destilación o que se haga todo el proceso en tal forma que requiera mucho menos energía, la ganancia neta obtenida del alcohol de yuca va a ser muy baja. Tales problemas se pueden resolver solamente por medio de la investigación extensiva, pero los resultados deben ser ampliamente aplicables en muchas diferentes regiones.

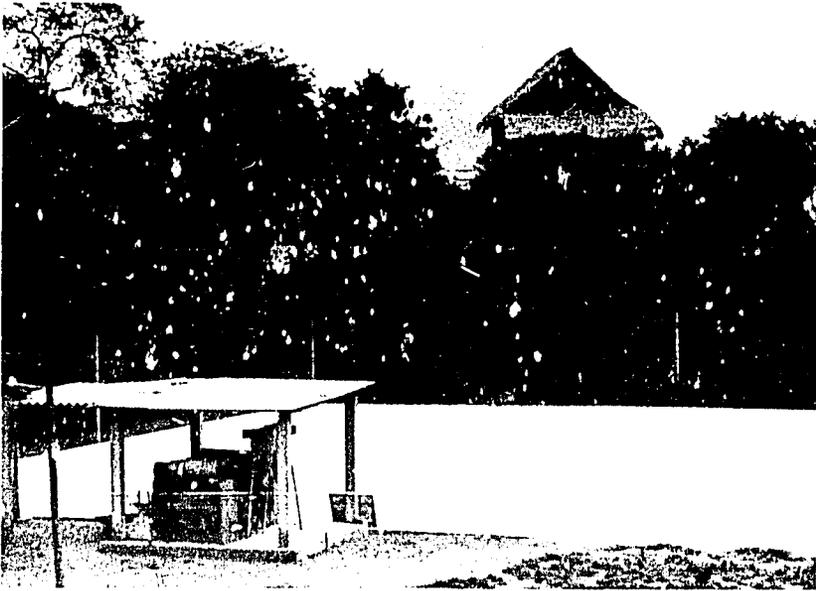
Los Proyectos de Desarrollo en el Contexto Latinoamericano

En los últimos 20 años, el desarrollo de América Latina tropical se ha caracterizado por un crecimiento rápido de la población urbana y por un crecimiento en el sector agrícola insuficiente para satisfacer los requerimientos de alimentos humanos y animales, sin tener que recurrir a importaciones masivas de granos. En parte, el desempleo en el sector urbano ha aumentado debido a la falta de demanda de productos locales que frecuentemente son de baja calidad o excesivamente costosos. Al mismo tiempo, los aumentos que se han alcanzado en la producción agrícola han tenido lugar entre agricultores empresariales, quienes utilizan una tecnología con poco uso de mano de obra y frecuentemente con equipos importados.

Las circunstancias anteriores no han estimulado la demanda de productos industriales en el sector rural, mientras sí han estimulado una migración masiva de las zonas rurales hacia las ciudades, con todas sus implicaciones negativas para la comunidad.

Se necesitan políticas que aumenten el suministro total de alimentos de bajo costo para humanos y animales en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades urbanas. Al mismo tiempo deben crear empleo rural y demanda para la maquinaria producida localmente, y estimular el desarrollo rural. Esto, a su vez, incrementaría la demanda para los artículos producidos en los centros urbanos.

El desarrollo de programas que tengan un efecto positivo y bien difundido en el bienestar del agricultor pequeño, quien forma la base de la comunidad rural, es una tarea compleja y con alto nivel de riesgo. Esto se debe a que la población que se quiere beneficiar es extremadamente heterogénea, la falta de recursos es especialmente grave, los mercados para los productos de este tipo de agricultores son muy limitados o muy variables, y los servicios de apoyo frecuentemente están enfocados hacia agricultores que operan a mayor escala y no llegan al de menores recursos.



El trozado y secamiento natural de las raíces de yuca es un proceso al alcance del pequeño productor, que está permitiendo integrar en forma satisfactoria las fases de producción y comercialización del proyecto, en varias regiones de América Latina.

El éxito de los programas para agricultores pequeños depende de dos aspectos fundamentales. En primer lugar, el cambio de un solo factor, como el crédito, generalmente no tiene mucho efecto, ya que otras restricciones tales como la falta de mercado van a restringir el proyecto. En consecuencia, se necesita un enfoque integrado. En segundo lugar, se necesita un enfoque que prevea una forma clara de generar ingresos para el agricultor pequeño y que al mismo tiempo permita una integración efectiva y económicamente viable de los esfuerzos de diferentes entidades oficiales.

Con respecto a la primera incógnita, sobre si la yuca puede ser una fuente de ingreso para el agricultor pequeño, hay varios factores que indican tal posibilidad:

1. El hecho de que este cultivo no haya recibido mucha atención en cuanto a la introducción de cambios tecnológicos implica gran potencia! para su mejoramiento. Adicional-

mente, la falta de intervención política que apoye la yuca, o por lo menos que no la perjudique frente a otros cultivos, sugiere que tiene amplias posibilidades para su desarrollo.

2. El potencial que tiene la yuca para convertirse en una gran variedad de productos con usos finales diversos, potencial que no ha sido todavía explotado. La yuca se puede utilizar seca en la fabricación de alimentos animales; se puede transformar a una harina de alta calidad para mezclar con trigo y formar harinas compuestas, o se puede procesar en almidón; sus raíces y hojas se pueden utilizar en la producción animal. La yuca fresca se puede preservar en bolsas plásticas para los mercados urbanos, los cuales son relativamente grandes y prometen un crecimiento dinámico en los años venideros.
3. Todos los países tropicales de América Latina son importadores de granos para la fabricación de concentrados y también de trigo para la producción panadera. La yuca podría sustituir estos productos. Ante los actuales problemas económicos de América Latina, debidos a una fuerte recesión y a la deuda externa, se están suprimiendo los subsidios a los granos, y los gobiernos han estado buscando una forma de revitalizar su sector agrícola y reducir las importaciones de productos agrícolas. El desarrollo de sustitutos para importaciones es una opción especialmente atractiva, y la yuca forma parte integral de esa posibilidad.

Para que un proyecto de desarrollo integrado de yuca tenga éxito, se requieren cuatro ingredientes esenciales: una tecnología que sea económicamente viable, un mercado creciente, un catalizador para el proyecto, y la disponibilidad de apoyo tecnológico.

En general, en los países en vías de desarrollo no hay un instituto único con la capacidad ni la responsabilidad en todas las áreas relacionadas con la extensión, el desarrollo de plantas de procesamiento, la capacitación de agricultores, el análisis económico, la planeación, el crédito, el mercadeo y la publicidad para desarrollar un proyecto integrado. Por lo tanto, es preciso un enfoque interinstitucional. En tal situación se



La venta de la yuca oportunamente y a precios justos es una de las más importantes ventajas de que gozan ahora muchos productores de la raíz, gracias a los proyectos de secado natural manejados por ellos.

requiere una persona o entidad líder que desarrolle un plan integrado, asegure la coordinación de actividades, obtenga apoyo político y financiero y en general busque la forma de resolver cualquier problema que pueda surgir.

Pocas instituciones nacionales de América Latina tienen experiencia en aspectos tan diferentes como la producción de yuca, el procesamiento, el mercadeo y las fases iniciales del desarrollo de proyectos. Por lo tanto, al principio de cualquier proyecto se necesita un intercambio fuerte entre las personas que tienen experiencia en este tipo de proyectos en América Latina.

En general, los proyectos sobre yuca en América Latina han tenido más éxito cuando se han establecido teniendo como bases la producción de agricultores pequeños y sistemas de procesamiento que no sean a gran escala. Este último factor se debe a que la gran perecibilidad de la yuca cosechada hace difícil el manejo logístico de la misma en plantas de procesa-

miento de gran capacidad. En cambio, cuando son los mismos agricultores quienes manejan el procesamiento, esta actividad se puede coordinar con la producción en forma muy estrecha y efectiva. Sin embargo, en el caso del procesamiento a cargo de agricultores pequeños muchas veces no existen la tecnología ni tampoco el crédito para financiar las respectivas plantas. Por esta razón muchas veces se necesita desarrollar o probar, a nivel local, una tecnología de procesamiento nueva, y parece que la mejor forma de hacerlo es por medio de pequeños proyectos piloto.

En el desarrollo de proyectos piloto el primer paso es la selección definitiva del sitio en donde se va a hacer el proyecto. Esto involucra el desarrollo de un marco de planeación macroeconómica a nivel del país o región para establecer el mercado más apropiado, y de la mejor microregión para el proyecto piloto, como también para establecer el precio de la yuca con el cual podría competir en los diferentes mercados. La experiencia demuestra que hay que ser un poquito oportunista para seleccionar las regiones. Un cambio en la política de un gobierno en una región puede cambiar en poco tiempo las posibilidades de desarrollar una industria basada en la yuca.

Para seleccionar el sitio en donde se va a hacer el proyecto es necesario hacer un análisis cuidadoso de los siguientes factores: potencial de producción; los costos de la misma; la demanda del producto final; la proximidad de los sitios de producción a mercados finales tales como fábricas de concentrados o mercados locales para yuca fresca o harina; existencia y capacidad de las agencias locales de desarrollo; disponibilidad de crédito, y potencial para formar grupos de agricultores.

Cada proyecto piloto tendrá su propio plan de trabajo; sin embargo, hay un marco general que se puede utilizar.

En la primera fase hay que aglutinar varias agencias locales que van a participar en el proyecto, para formar un verdadero equipo. En la segunda fase se tiene que hacer una evaluación de los actuales sistemas de producción, y desarrollar un paquete de tecnología de producción mejorada, si eso se cree necesario. Además, se tienen que analizar las implicaciones socioeconómicas de este paquete para asegurarse de que fun-

ciona y, en caso contrario, para hacer los cambios necesarios. Al mismo tiempo se tiene que establecer el sistema de procesamiento que se va a utilizar.

En la tercera fase se tendrá que mirar la mejor forma de organizar la producción y el procesamiento. Por ejemplo, puede ser que la mejor forma consista en organizar grupos de agricultores que sean los dueños de las plantas de procesamiento. En la cuarta fase se debe establecer un proyecto piloto, el cual dará información sobre la operación de las plantas, sus costos y requerimientos en términos de mano de obra. Si el sistema no funciona bien, la investigación en el sitio puede definir las modificaciones necesarias.

Una vez que se ha obtenido una tecnología adecuada, el proyecto puede pasar a la quinta fase, que es la de expansión rápida. Esta fase involucrará el desarrollo y el uso de criterios para la selección de nuevos sitios y de grupos de agricultores, la ejecución de actividades de extensión en gran escala, el mercadeo del producto, la fabricación local de maquinaria necesaria y la obtención de crédito. Además, se debe establecer un sistema de seguimiento para medir el impacto del proyecto y también para suministrar la información necesaria para modificarlo en caso de que sea necesario y para asegurarse de que se están alcanzando los objetivos. Esta fase continuará cada día con menos esfuerzo del programa nacional, a medida que los agricultores pequeños se van haciendo cargo del proyecto por sí mismos.

Políticas Gubernamentales

La expansión de la producción de yuca podría contribuir a aumentar la producción total agrícola, mejorar la nutrición del sector de menores ingresos, reducir la dependencia de los granos importados y hasta mermar la demanda de productos petroleros importados. Adicionalmente, la yuca ofrece una forma de utilizar tierras marginales subexplotadas y crear empleos en tales regiones, donde la producción podría ser sustancial. Sin embargo, para aumentar la producción es posible que se necesiten cambios políticos.

La producción de yuca sólo se puede aumentar si hay disponible una buena tecnología para el cultivo. La yuca ha sido ignorada por muchas instituciones gubernamentales de investigación, y por lo tanto pocos países tropicales tienen una tecnología que se haya probado a nivel del agricultor. Un primer paso hacia un aumento en la producción de yuca debe ser el apoyo a la investigación y el desarrollo de una tecnología de producción a bajo costo. Esta tecnología debe permitir la producción de yuca a precios suficientemente bajos para que el cultivo pueda competir con otros, y con rendimientos suficientemente altos para dar ganancias a los agricultores, de tal manera que la expansión de su producción pueda beneficiar a los productores.

Las políticas gubernamentales muchas veces inhiben la sustitución de productos amiláceos básicos, especialmente granos, por yuca. A medida que los países en vías de desarrollo han cambiado su condición de exportadores a la de importadores de productos alimenticios, los gobiernos luchan por mantener bajos los precios de los alimentos en los centros urbanos. Esta meta se ha alcanzado muchas veces por medio de subsidios directos o indirectos a los granos importados o producidos localmente. Los subsidios directos a los granos, o en formas tales como créditos subsidiados o subsidios a los insumos, disminuyen los incentivos económicos para ampliar la producción de yuca. En cambio los precios de sustentación para los granos no tienen un efecto negativo sobre la yuca, ya que tienden a sustentar también el precio de la yuca en la medida en que ella puede sustituir los granos.

El reconocimiento de la utilidad potencial de la yuca junto con políticas que apoyen la investigación, el desarrollo, y la extensión y que no influyan en su contra subsidiando productos competidores, pueden abrir el camino para aumentar la producción de esta especie y mejorar su utilización. Esto puede dar como resultado un incremento en los ingresos de los pequeños productores y un aumento en la autosuficiencia de alimentos tanto para la población humana como para la industria animal, en muchos países en vías de desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS PARA LOS CUADROS Y FIGURAS

- Bellotti, A. y Schoonhoven, A. van. 1978. Cassava pests and their control. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 71 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1980. Annual report, 1979. Cali, Colombia.
- . 1979. Annual report, 1978. Cali, Colombia. 414 p.
- . 1977. Annual report, 1976. Cali, Colombia. 335 p.
- Cock, J. H. y Lynam, J. K. 1982. Cassava: future potential and development needs. En: Belen, E. H. y Villanueva, M. (eds.). International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, 5a., Los Baños, Laguna, Filipinas, 1979. Memorias. Philippine Council for Agricultural and Resources Research. Los Baños, Filipinas. p. 281-300.
- ; Franklin, O.; Sandoval, G. y Juri, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. En: *Crop Science* 19:271-279.
- Connor, D. J.; Cock, J. H. y Parra, G. E. 1981. Response of cassava to water shortage: I. Growth and yield. *Field Crops Research* 4(3):181-200.
- De Vries, C. A.; Ferwerda, J. D. y Flach, M. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. En: *Netherland Journal of Agricultural Science* 15:241-284.
- Díaz, R. O.; Pinstруп-Andersen, P.; y Estrada, R. D. 1975. Costs and use of inputs in cassava production in Colombia; a brief description. CIAT, Cali, Colombia. 40 p.

- Ezeilo, W. N. O. 1979. Intercropping with cassava in Africa. En: Weber, E; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). Workshop on intercropping with cassava. Trivandrum, India, 1978. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 49-56.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1981. Cassava. FAO Production yearbook (Roma) 35:116-117.
- . 1980. Food balance sheets 1975-1977 average. Roma.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estadística. 1978. Estudo Nacional da despesa familiar. Rio de Janeiro, Brasil.
- Goering, T. J. 1979. Tropical root crops and rural development. World Bank staff working paper no. 324. Washington, D. C. 85 p.
- International Agricultural Development Service. 1981. Agricultural development indicators. New York. 17 p.
- Johnston, B. F. 1958. The staple food economies of Western Tropical Africa. Food Research Institute, Stanford University, Stanford, California.
- Jones, W. O. 1978. Cassava in Indonesia: preliminary observations. Food Research Institute, Stanford University, Stanford, CA., E.U. 43 p. (Mimeografiado.)
- Kaneda, H. y Johnston, B. F. 1961. Urban food expenditure patterns in tropical Africa. Food Research Institute Studies 2(3):229-275.
- Kumar, S. K. 1979. Impact of subsidized rice on food consumption in Kerala. International Food Policy Research Institute. Research report no. 5. Washington., D. C. 48 p.
- Leslie, K. A. 1967. The significance of root crops in the tropics. En: Proceedings of the international symposium on tropical root crops. University of West Indies, St. Augustine, Trinidad. 5:1-12.
- Lozano, J. C. y Booth, R. H. 1974. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). PANS 20(1):30-54.
- National Academy of Sciences. 1977. World food and nutrition study (supporting paper). Washington, D. C. 5:52.
- . 1970. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C. 55 p.

- . 1969. United States-Canadian tables of feed composition. Washington, D. C.
- Nijholt, J. A. 1935. Absorption of nutrients from the soil by a cassava crop. Buitenzorg Algemeen Proefstation voor den landbouw, Korte Mededeelingen no. 15. (en holandés). 25 p.
- Phillips, T. P. 1978. Economic implications of new techniques in cassava harvesting and processing. En: Weber, E.; Cock, J. H. y Chouinard, A. (eds.). Workshop on cassava harvesting and processing, CIAT, Cali, Colombia, 1978. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 66-74.
- . 1977. A profile of Thai cassava production practices. En: Cock, J. H.; MacIntyre, R. y Graham, M. (eds.). Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, CIAT, Cali, Colombia, 1976. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 228-232.
- Poleman, T. T. 1961. The food economies of urban middle Africa: the case of Ghana. Food Research Institute Studies 2:121-175.
- United Nations. 1975. Poverty, unemployment, and development policy: a case study of selected issues with reference to Kerala. New York. ST/ESA/29. New York.
- Weber, E.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). 1979. Intercropping with cassava: proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India, 1978. IDRC, Ottawa, Canadá. 142 p.
- ; Franklin, D.; Sandoval, G. y Juri, P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. En: Crop Science 19:271-279.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

Albuquerque, M. de y Ramos C., E. M. 1980. A mandioca no trópico úmido. Editena. Brasilia. 251 p.

Este libro, en portugués, reúne las experiencias de toda la vida de Albuquerque en su trabajo con yuca en la cuenca del río Amazonas. Es muy útil para las personas interesadas en el cultivo de yuca en los trópicos bajos, calientes, y húmedos.

Araullo, E. V.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). 1974. Cassava processing and storage. Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailandia, 1974. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 125 p.

La información se concentra en el secado de la yuca en Asia. Son especialmente útiles las comparaciones entre los sistemas usados por diferentes países.

Asher, C. J.; Edwards, D. G. y Howeler, R. H. 1980. Nutritional disorders of cassava. University of Queensland, Department of Agriculture, St. Lucía, Australia. 48 p.

Un folleto amplio y bien ilustrado que describe los síntomas de deficiencia de los nutrimentos esenciales para el crecimiento de la yuca; también presenta los métodos para corregir tales deficiencias.

Bellotti, A. y Schoonhoven, A. van. 1978. Cassava pests and their control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 71 p.

Esta obra describe las plagas de la yuca y su control; además presta una atención particular a la evaluación de las pérdidas ocasionadas por las plagas y al manejo integrado de las mismas, con un uso mínimo de productos químicos.

Black, R. P.; Peyayopanakul, W. y Piyapongse, S. 1978. Thailand: Cassava pelletizing technology. University of Denver Research Institute, Denver, CO, E.U. 20 p.

Proporciona una descripción detallada de la industria de 'pélets' de yuca en Asia, incluyendo costos de producción e inversión de capital. Se discuten las ventajas de los trocitos duros y los blandos y los precios requeridos para que la producción de trocitos duros sea económicamente viable.

Booth, R. H. y Wholey, P. W. 1978. Cassava processing in Southeast Asia. En: Weber, E. J.; Cock, J. H.; y Chouinard, A. (eds.). Cassava Harvesting and Processing Workshop held at CIAT, Cali, Colombia. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 7-11.

Este es un resumen útil y conciso sobre la producción de yuca y su procesamiento en Asia.

Brekelbaum, T.; Bellotti, A. y Lozano, J. C. (eds.). 1978. Cassava protection workshop, Cali, Colombia, 1977. Memorias. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 244 p.

En estas memorias se tratan en forma extensa los avances más recientes en cuanto a la protección de la cosecha de yuca y su almacenamiento. Se da especial atención al manejo integrado de las plagas y a las necesidades futuras de desarrollo.

Brekelbaum, T.; Toro J. C. e Izquierdo, V. 1980. 1er. Simposio colombiano sobre alcohol carburante. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 231 p.

Este simposio examinó las posibilidades de aprovechar varios productos vegetales, incluyendo yuca, para producir alcohol como sustituto de la gasolina en Colombia.

Bunting, A. H. 1979. Science and technology for human needs, rural development, and the relief of poverty. International Agricultural Development Service. IADS Occasional Paper. New York. 8 p.

Se refiere a la brecha entre el científico y el agricultor y a los problemas que ambos afrontan en los países en desarrollo.

Burgess, T. 1979. Thailand: Can it preserve its biggest money maker? *Agribusiness World* Sept./Oct. p. 42-47.

Describe las innovaciones en el mercadeo y el procesamiento implicadas en el desarrollo de la industria de yuca peletizada en Tailandia. Se examinan los problemas de baja calidad del producto así como las presiones políticas ejercidas por los agricultores europeos para restringir las importaciones.

Buringh, P. y van Heemst, H. D. 1977. An estimate of world food production based on labour-oriented agriculture. Centre for World Food Market Research. Wageningen, Holanda.

Esta obra examina rigurosamente el uso de insumos en la agricultura y concluye que los fertilizantes son necesarios para alimentar la población del mundo aun con sus niveles actuales de población. Hace una clara separación entre las soluciones a los problemas de equidad social y de los pequeños agricultores y las soluciones a los problemas de producción de alimentos.

Butler, E. J.; Brown, E. E. y Davis, L. H. 1971. An economic analysis of the production, consumption and marketing of cassava (tapioca). University of Georgia, College of Agriculture Experiment Station, Athens. Research Bulletin 97. 54 p.

Este es un amplio artículo de revisión, que trata especialmente sobre los requerimientos de mano de obra para fines de producción.

CTCRI (Central Tuber Crops Research Institute). 1985. Annual report 1984. Kerala, India.

Describe los avances del instituto en cuanto a prácticas agronómicas, mejoramiento y utilización de la yuca.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Cassava production systems program. Annual report 1986. Cali, Colombia.

Resume los progresos en investigación y desarrollo alcanzados por el Programa de Yuca del CIAT. Este y los demás informes anuales publicados desde 1969 abarcan una extensa gama de temas sobre yuca, desde los aspectos biológicos hasta los aspectos económicos.

Clark, H. E. 1978. Cereal-based diets to meet protein requirements of adult man. *World Review. Nutr. Diet.* 32:27-48.

Evalúa los requerimientos mínimos de proteínas de acuerdo con la evidencia disponible.

Cock, J. H. 1979. Cassava research. *Field Crops Research* 2:185-191.

Resume los principales avances de las investigaciones sobre producción de yuca.

Cock, J. H. y Howeler, R. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. En: Jung, G. A. (ed.). *Crop tolerance to suboptimal land conditions*. American Society of Agronomy, Madison, WI, E.U. p. 145-154.

Trata sobre la habilidad de la yuca para producir en suelos marginales y presta atención especial al nivel de fertilidad del suelo.

Cock, J. H. y Lynam, J. K. 1982. Cassava: Future potential and development needs. En: Belén, E. H. y Villanueva, M. (eds.). *International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops*, 5o., Los Baños, Laguna, Filipinas, 1979. Philippine Council for Agricultural and Resources Research, Los Baños, Filipinas. p. 281-300.

Trata sobre el potencial de la yuca para suplir los déficits de calorías en los países en vías de desarrollo, y sobre los requerimientos de investigación, desarrollo, extensión, y políticas gubernamentales para que dicho potencial sea alcanzado.

Cock, J. H.; MacIntyre, R. y Graham, M. (eds.). 1977. *Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society of Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1976*. International Development Research Centre. IDRC-080e, Ottawa, Canadá. 280 p.

Abarca temas tales como el origen y la dispersión de la yuca, prácticas de producción, problemas de enfermedades y plagas, utilización y procesamiento, y aspectos socioeconómicos.

Cock, J. H.; Wholey, D. y Lozano, J. C. 1976. A rapid propagation system for cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 10 p.

Describe cómo establecer y operar un sistema rápido y sencillo para la propagación de la yuca.

Coursey, D. G. y Haynes, P. H. 1970. Root crops and their potential as food in the tropics. *World Crops* 22(5):261-265.

Hace énfasis en la importancia que tienen la yuca y otros tubérculos en la nutrición humana en los trópicos, y analiza el potencial para una producción más alta.

Cresswell, D. C. 1978. Cassava as a feed for pigs and poultry. *Review Trop. Agri.* 55:273-282.

Un resumen conciso sobre el uso de la yuca para cerdos y aves.

Da Conceição, A. J. 1979. A mandioca. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Cruz das Almas, Brasil. 382 p.

Este texto, en portugués, reúne muchas de las primeras investigaciones sobre yuca adelantadas en Brasil.

Denevan, W. M. 1971. Campa subsistence in the Gran Pajonal Eastern Peru. *Geographical Review* 61:496-518.

Un relato interesante de la forma de vida de los Campa y su dependencia de la yuca. Describe detalladamente su sistema de cultivo migratorio.

De Vries, C. A.; Ferwerda, J. D. y Flach, M. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. *Neth. J. Agr. Sci.* 15:241-248.

Analiza la productividad de varios cultivos alimenticios del trópico, y concluye que el potencial de la yuca es extraordinariamente alto.

Díaz, R. O.; Pinstруп-Andersen, P. y Estrada, R. D. 1975.

Costs and use of inputs in cassava production in Colombia: A brief description. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 40 p.

Un estudio exhaustivo sobre prácticas de producción, rendimientos, y utilización de la yuca bajo diferentes condiciones ecológicas y socioeconómicas en Colombia. El estudio pone énfasis en los requerimientos de mano de obra para la producción y en los factores que restringen los rendimientos a nivel de fincas.

Doll, J. D. y Piedrahita, W. 1976. Methods of weed control in cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 12 p.

Describe los principios de control de malezas en yuca. La sección sobre control químico resulta ahora un poco desactualizada.

Evenson, R. E. 1978. The organization of research to improve crops and animals in low income countries. En: Shultz, T. W. (ed.). *Distortions of agricultural incentives*. Indiana University press. Bloomington, IN. E.U. p. 223-245.

Habla de los requerimientos para la investigación sobre productos vegetales, y destaca el bajo presupuesto que los países en vías de desarrollo destinan para la investigación sobre tubérculos tropicales.

Ezeilo, W. N. O.; Flinn, J. C. y Williams, L. B. 1975. Cassava producers and cassava production in the East Central State of Nigeria. National Accelerated Food Production Project, Ibadan, Nigeria. 27 p.

Un estudio de referencia sobre las prácticas de producción en un estado de Nigeria; se concentra en los factores socioeconómicos involucrados en el proceso de producción.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1980.
Food balance sheets 1975-1977 average. Roma.

Una buena guía sobre diferentes usos de la yuca en distintos países y también sobre la importancia relativa de la yuca en la dieta.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1981.
Production yearbook (Roma) 35:116-117.

La mejor fuente de información fácilmente disponible acerca de las tendencias, los rendimientos, la productividad y la producción de los productos vegetales más importantes, sobre una base global.

Flinn, J. C. y Lagerman, J. 1980. Evaluating technical innovations under low resource farmer conditions. *Exp. Agr.* 16:91-101.

Presenta una metodología para la valoración de tecnologías en fincas; también presenta datos interesantes sobre las relaciones entre el rendimiento, la densidad de la población humana, y la fertilidad del suelo.

Goering, J. 1979. Tropical root crops and rural development. World Bank. Staff Working Paper no. 324. Washington, D.C. 85 p.

Revisa la demanda de tubérculos tropicales y concluye que hay un gran potencial para su uso como alimento humano y para la alimentación animal. Sugiere impulsar la investigación en producción y utilización, como también la extensión para transferir la nueva tecnología a los agricultores.

Gomez da Silva, J.; Serra, G. E.; Moreira, J. R.; Gonçalves, J. C. y Goldemberg, J. 1978. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science* 201:903-906.

En este artículo se estima el balance de energía tanto para procesos agrícolas como industriales; la revisión es un tanto pesimista acerca de las posibilidades de usar yuca como fuente de energía, ya que el uso de los tallos está completamente descartado.

Grace, M. 1971. Cassava processing. FAO (Food and Agriculture Organization). Agriculture Series Bulletin No. 8. Roma. p. 155.

Este boletín describe el equipo para procesar la yuca y también el capital y la mano de obra requeridos.

Hahn, S. K.; Terry, E. R.; Leuschner, K.; Akobunda, I. O.; Okali, C.O. y Lal, R. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops Research* 2:193-226.

Presenta los principales problemas y limitaciones del cultivo de yuca en Africa, y describe muy detalladamente los esfuerzos de investigación para resolverlos.

Hendershott, C. H.; Ayres, J. C.; Brannen, S. J.; Dempsey, A. H.; Lehman, P. S.; Obioba, F. C.; Rogers, D. J.; Seerley, R. W. y Tai, H. L. 1972. A literature review and research recommendations on cassava (*Manihot esculenta* Crantz). University of Georgia, Athens, GA., E.U. 326 p.

Cubre todos los aspectos de la yuca, con énfasis en la investigación futura. Es un trabajo de referencia de mucha utilidad, que incluye información de numerosas fuentes difíciles de obtener.

Hopper, W. D. 1976. The development of agriculture in developing countries. *Scientific American* 235:196-204.

Este artículo analiza la necesidad de tecnología mejorada y de apoyo adicional de los países desarrollados, para que los países menos desarrollados puedan mejorar su agricultura.

Ingram, J. S. 1972. Cassava processing: Commercially available machinery. London: Tropical Products Institute. 8 p.

Consiste en una lista de equipos de procesamiento comercialmente disponibles, pero no incluye opiniones sobre el funcionamiento o la eficiencia de los mismos.

International Agricultural Development Service. 1982. Agricultural assistance sources. Cuarta edición. Arlington, VA., E.U.

Describe las actividades e intereses de más de 35 organizaciones que ofrecen apoyo técnico y financiero a los países en vías de desarrollo.

IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1982. Tropical root crops program. Annual report 1981. Ibadan, Nigeria. 178 p.

Este y otros informes del IITA desde 1971 resumen los resultados de la investigación de este instituto, los cuales cubren una amplia gama de temas relacionados con la yuca.

Jones, W. O. 1959. Manioc in Africa. University Press, Stanford, CA., E.U. 315 p.

Esta obra es de los trabajos clásicos sobre yuca. Escrita en un estilo fácilmente entendible, describe la introducción, la diseminación, y el uso de la yuca en todo el continente africano; no obstante su enfoque africano, constituye una valiosa fuente de referencia para otras regiones del mundo.

Kaneda, H., y Johnston, B. F. 1961. Urban food expenditure patterns in tropical Africa. *Food Research Institute Studies* 2:229-275.

Se ocupa de la amplia gama de alimentos incluidos en las dietas de Africa tropical, e incluye muchos datos útiles sobre el consumo de yuca y el movimiento de este producto hacia los mercados urbanos.

Lancaster, P. A.; Ingram, J. S.; Lim, M. Y. y Coursey, D. G. 1982. Traditional cassava based foods; survey of processing techniques. *Econ. Botany* 36:12-45.

Un resumen amplio y actualizado del procesamiento tradicional de la yuca.

León, J. 1977. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. En: Cock, J. H.; MacIntyre, R.; y Graham, M. (eds.). *Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1976*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 20-36.

Un artículo muy ameno sobre la trayectoria de la domesticación y la dispersión de los cultivos de raíces en los trópicos.

Lozano, J. C.; Bellotti, A.; Reyes, J.A.; Howeler, R.; Leihner, D. y Doll, J. 1981. Problemas en el cultivo de la yuca. 2a. ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 205 p.

Describe cómo identificar los problemas comunes de campo relacionados con enfermedades, plagas, herbicidas, y deficiencia de nutrientes. El uso de fotografías a color facilita el uso de este libro.

Lozano, J. C. y Booth, R. H. 1974. Diseases of cassava. *PANS* 20:30-54.

Este trabajo abarca las principales enfermedades de la yuca, y se refiere de manera especial a los métodos de control y a las posibles pérdidas.

Lozano, J. C.; Cock, J. H. y Castaño, J. 1978. New developments in cassava storage. En: Brekelbaum, T.; Bellotti, A. y Lozano, J.C. (eds.). *Proceedings: Cassava protection Workshop, Cali, Colombia, 1977*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 135-141.

Información sobre métodos para el almacenamiento de yuca fresca.

Lozano, J. C.; Toro, J. C.; Castro, A. y Bellotti, A. 1977. Production of cassava planting material. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 28 p.

Describe cómo usar métodos sencillos para obtener material de propagación de buena calidad, uno de los aspectos más importantes de la nueva tecnología.

Luzuriaga, H. 1976. Descripción agroeconómica del proceso del cultivo de yuca en el Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Departamento de Economía Agrícola. Publicación Miscelánea no. 33. Quito, Ecuador. 52 p.

Una descripción detallada de las prácticas de producción de yuca en Ecuador, con atención especial al rendimiento y a los requerimientos de mano de obra.

Lynam, J. K. 1978. Options for Latin American countries in the development of integrated cassava production programs. En: Fisk, E. K. (ed.). The adaptation of traditional agriculture: socioeconomic problems of urbanization. Canberra Australian National University Development Studies Centre 11:213-256.

Esta monografía revisa la situación de la yuca en América Latina en cuanto a su producción, utilización y potencial futuro.

Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. 386 p.

Este amplio trabajo sobre la yuca tiene un enfoque muy latinoamericano y constituye un buen texto para cursos universitarios.

Nestel, B. y Cock, J. H. 1976. Cassava: The development of an international research network. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 69 p.

Describe el desarrollo de un esfuerzo de investigación integrado a nivel mundial a comienzos de los años setenta. Hace énfasis en los proyectos apoyados por el IDRC.

Nestel, B. y Graham, M. (eds.). 1977. Workshop on cassava as an animal feed, University of Guelph, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.

Revisa ampliamente el tema de la yuca como alimento animal, con especial énfasis en la formulación de raciones. En la sección final se destacan las áreas que necesitan investigación posterior.

Nestel, B. y MacIntyre, R. (eds.). 1973. Chronic cassava toxicity: Proceedings of an interdisciplinary workshop held at London, England, 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, 162 p.

Trata en forma completa e imparcial el tema sobre la toxicidad crónica por cianuro en relación con el alto consumo de yuca.

Normanha, E. S. y Pereira, A. S. 1950. Aspectos agrônômicos da cultura da mandioca. *Bragantia* 10(7):179-202.

Normanha, uno de los pioneros en la investigación agronómica en yuca, resume aquí muchas de sus experiencias en el desarrollo de prácticas agronómicas en el estado de São Paulo, Brasil.

Nye, P. H. y Greenland, D. J. 1960. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Agricultural Bureaux. Technical Communication no. 51. Farnham Royal, Bucks, Inglaterra. 153 p.

Los autores analizan cuidadosamente el sistema de tumba y quema, que es de gran importancia en Africa. Esta obra es de particular interés para las personas que tienen que ver con problemas de conservación de suelos bajo condiciones de agricultura primitiva.

Oke, O. L. 1979. Some aspects of the role of cyanogenic glycosides in nutrition. *World Rev. Nutr. Diet.* 33:70-103.

Examina en detalle el papel de los glucósidos cianogénicos (responsables del cianuro en la yuca) y se discuten algunos posibles efectos benéficos. El artículo muestra cierta propensión hacia los efectos favorables, los cuales no son tan claros como se sugiere.

Onwueme, I. C. 1978. Cassava. En: ———. *Tropical Root Crops*. John Wiley and Sons, Chichester, Inglaterra. p. 109-163.

La sección sobre yuca incluida en la obra hace especial referencia a las condiciones africanas.

Phillips, T. P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 182 p.

Estudia exhaustivamente el potencial que tiene la yuca para la alimentación animal, particularmente como producto de exportación. Discute la demanda potencial en otras regiones, pero no se estudia a profundidad.

Poleman, T. T. 1961. The food economies of urban middle Africa: The case of Ghana. *Food Research Institute Studies* 2:121-175.

Estudio detallado sobre el uso de la yuca en Ghana; en él son de interés particular los datos sobre movimiento de yuca hacia los centros urbanos y sobre los patrones de consumo en diferentes niveles de ingresos.

Renvoise, B. S. 1973. The area of origin of *Manihot esculenta* as a crop plant: A review of the evidence. *Economic Botany* 26:352-360.

Este artículo trata sobre la domesticación de la yuca y su subsecuente dispersión en las Américas.

Schultz, T. W. 1979. The economics of research and agricultural productivity. International Agricultural Development Service. IADS Occasional Paper. New York, E.U. 7 p.

Análisis conciso y directo de las necesidades agrícolas de los países en vías de desarrollo, el cual destaca la necesidad de inversión en investigación.

Subrahmanyam, V.; Rama-Rao, G.; Murthy, H. B. N. y Swaminathan, M. 1958. The effect of replacement of rice in a poor vegetarian diet by tapioca macaroni on the general health and nutritional status of children. *British Journal of Nutrition* 12:353-358.

En este artículo se consideran exagerados muchos de los argumentos en contra de la yuca como una fuente de alimento extremadamente pobre. De hecho los niños alimentados con una dieta de tapioca crecen en la misma forma que los alimentados con una dieta de arroz.

Terra, G. J. A. 1964. The significance of leaf vegetables, especially of cassava in tropical nutrition. *Tropical and Geographical Medicine* 2:97-108.

Descripción sobre el uso de las hojas de yuca y sobre su valor nutritivo.

Terry, E. R.; Oduro, K. A. y Caveness, F. (eds.). 1981. Tropical root crops: research strategies for the 1980s. Proceedings of the First Triennial Root Crops Symposium of the International Society for Tropical Root Crops—Africa Branch, 1980, Ibadan, Nigeria. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 279 p.

El mencionado simposio acopió abundante información sobre la yuca en Africa, con énfasis en mejoramiento, control de enfermedades, plagas, y agronomía. Es de especial interés el documento de F. W. Nweke sobre los patrones de consumo de tubérculos en Africa tropical.

United Nations. 1975. Poverty, unemployment, and development policy: A case study of selected issues with reference to Kerala. ST/ESA/29, New York.

Un estudio muy completo de los parámetros socioeconómicos de un área altamente dependiente de la yuca y de sus productos. Las secciones sobre dieta y salud son de particular valor para quienes trabajan en yuca.

United Nations Conference on Trade and Development/General Agreement on Tariffs and Trade (UNCTAD/GATT). 1977. Cassava: Export potential and market requirements. Ginebra.

Esta publicación contiene datos sobre el comercio mundial de yuca, especialmente sobre el mercado europeo de alimentos para animales. Las especificaciones de calidad para diferentes mercados están cuidadosamente definidas.

Weber, E. J.; Cock, J. H. y Chouinard, A. (eds.). 1978. Cassava harvesting and processing: Proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 1978. International Development Research Centre, 114 e, Ottawa, Canadá. 83 p.

Estas memorias cubren una amplia gama de temas, con énfasis en la cosecha mecanizada, el corte y el secado.

Weber, E. J.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). 1979. Intercropping with cassava. Proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, International Development Research Centre, 1978. Ottawa, Canadá. 142 p.

La revisión de conocimientos sobre yuca asociada parece mostrar un gran potencial en las asociaciones con leguminosas de grano.

Weber, E. J.; Toro, J. C. y Graham, M. (eds.). 1980. Cassava cultural practices. Proceedings of a workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 1980. International Research Development Centre, 151e, Ottawa, Canadá. 152 p.

Estas memorias constituyen una útil revisión de las prácticas agronómicas en yuca en diferentes partes del mundo.

Wortman, S. y Cummings, R. W. Jr. 1978. To feed this world. Johns Hopkins University Press, Londres. 440 p.

Describen el desarrollo de programas agrícolas nacionales y algunos ejemplos de casos exitosos. Aunque el libro está enfocado especialmente al desarrollo de la producción mejorada de cereales, detalla muchos de los factores importantes para aumentar la producción de todos los alimentos.

APENDICES

Apéndice 1. Estimación de los Costos de Producción de la Yuca y de su Competitividad con Otras Fuentes Energéticas

En el presente apéndice se encuentran algunos cálculos y cifras que pueden dar a la persona interesada una idea preliminar de los costos de producción de yuca, y de la capacidad de este cultivo para competir en el mercado libre con otras fuentes de almidón.

En el Cuadro A-1 se resumen unos ejemplos de costos en tierras de buena calidad y en tierras marginales. En estas últimas, que es donde predominantemente se siembra la yuca, tales gastos ascienden a US\$668/ha cuando se usa preparación mecánica del suelo y control químico de las malezas, suponiendo un jornal diario de US\$4. Otro dato necesario es el correspondiente al rendimiento que se puede esperar cuando se utilizan los insumos y se hacen los gastos indicados; suponiendo un rendimiento de 25 t/ha, los costos aproximados en este caso son de US\$27/t de yuca fresca.

Comparación con otras fuentes de almidón

Si se conoce el costo de producción de la yuca fresca por tonelada y se supone una ganancia para el agricultor, es posible estimar el precio por el cual habría que venderla para que sea competitiva con otros productos. Los cálculos comparativos se pueden hacer aplicando las ecuaciones que se presentan a continuación, en las cuales P significa el precio por tonelada de cereales o de yuca fresca, o por litro de alcohol:

Cuadro A-1. Algunos costos de producción y mano de obra por hectárea para la producción de yuca en una tierra de primera y en una tierra marginal.

Items	Tierra de primera		Tierra marginal	
	Cantidad (días-hombre)	Valor (US\$)	Cantidad (días-hombre)	Valor (US\$)
Tasa de retorno sobre la tierra y el manejo	—	500	—	100
Preparación mecánica del suelo	—	100	—	100
Tratamiento de estacas	—	8	—	8
Costo de los fertilizantes ¹	—	75	—	150
Control químico de malezas	—	50	—	50
Mano de obra				
a. Prep. suelo manual y control malezas manual	100	400	100	400
b. Prep. suelo mecánica y control malezas manual	90	360	90	360
c. Prep. suelo mecánica y control químico malezas	65	260	65	260

1) Usando fuentes de fósforo baratas, como la roca fosfórica.

226

a. En el caso de que la yuca se quiera producir como sustituto del arroz:

$$P_{\text{arroz}} = 4.9 P_{\text{yuca}}$$

b. Cuando se pretende producir como sustituto del almidón industrial:

$$P_{\text{almidón}} = 4 P_{\text{yuca}} + 50$$

c. Para uso en dietas balanceadas:

$$P_{\text{maíz o sorgo}} = 3.125 P_{\text{yuca}} + 25$$

d. Como fuente de alcohol:

$$P_{\text{alcohol}} = (P_{\text{yuca}} / 170) + 0.2$$

Aplicando estas ecuaciones se observa que, a un costo de producción de 27 dólares por tonelada (como en el ejemplo anterior), la yuca fresca sería competitiva con el sorgo o el maíz:

$$P_{\text{maíz o sorgo}} = 3.125 \times 27 + 25 = 109.375$$

En otras palabras, a un precio de US\$109.38 por tonelada o más para el maíz o el sorgo, la yuca sería competitiva. A ese costo de producción también sería una fuente alterna para el alcohol combustible, si este último tiene un precio de \$0.36 dólares por litro o más:

$$27/170 + 0.2 = 0.359$$

Las ecuaciones anteriores se han propuesto usando las siguientes suposiciones:

a) Para comparar la yuca fresca con el arroz se dio a la yuca un margen amplio de mercadeo, y al arroz un valor 20% más alto que el de la yuca, considerando que el contenido de proteína es más alto en el primero.

b) Para la producción de almidón se utilizaron cifras obtenidas en plantas de extracción a pequeña escala, las cuales tienden a tener costos altos de producción y tasas bajas de extracción.

c) Los costos de producción de los trozos de yuca se estiman en 25 dólares por tonelada, cifra un poco más alta que las estima-

das en Tailandia. Se supone que el valor de estos trozos en el mercado equivale al 80% del valor del sorgo o del maíz, para dietas balanceadas.

d) Se supone que la producción de alcohol se hace a gran escala y que por cada tonelada de yuca fresca se producen 170 litros de alcohol, con un costo de procesamiento de \$0.20 dólares por litro.

Apéndice 2. Dónde Conseguir Asistencia Técnica e Información sobre Yuca

Para que los programas nacionales operen puede serles muy útil obtener financiación, asistencia técnica e información de fuentes externas. Las fuentes que se presentan en este apéndice se refieren sólo a los organismos que tienen un interés específico en yuca. En **Agricultural Assistance Sources**, una publicación del International Agricultural Development Service se discuten las fuentes para la asistencia agrícola en general.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

A.A. 6713, Cali, Colombia.

El CIAT es una de las principales fuentes de material genético nuevo y de tecnología mejorada para el cultivo de la yuca. Aunque está situado a una altitud de 1000 m.s.n.m., ha llevado a cabo casi toda la selección de variedades y el desarrollo de tecnología en sitios cálidos y bajos representativos de muchas de las áreas productoras del mundo.

Existe en este centro un grupo de científicos que trabajan en equipo para desarrollar una tecnología mejorada basada en insumos de bajo costo, con el fin de aumentar la productividad y la utilización de la yuca. El programa de investigación se concentra en aspectos fisiológicos del cultivo, entomología, patología, nutrición vegetal, recolección y clasificación de germoplasma, mejoramiento, agronomía, cultivo de tejidos, y varios aspectos de la utilización.

Con más de 4000 clones recolectados en las Américas, el CIAT tiene la más amplia colección de germoplasma existente y puede suministrar clones o cruces con caracteres específicos a los programas nacionales o locales que los requieran. Los resultados de la investigación en el CIAT se publican en los informes anuales y en otras publicaciones del centro que se encuentran tanto en inglés como en español.

Como resultado de sus programas de investigación y desarrollo, el CIAT dispone de nuevas variedades y de semillas sexuales derivadas de cruces controlados para obtener combinaciones específicas de caracteres. Los programas nacionales pueden obtener estos materiales en el mismo CIAT para fines de prueba y evaluación. El material clonal está disponible en forma de cultivo de tejidos, hecho que minimiza el riesgo de introducción de plagas y enfermedades a los países que deseen obtenerlo.

Los científicos del CIAT tienen experiencia en el diagnóstico de problemas de producción y también en el desarrollo de programas, y pueden visitar cualquier país para asistirlo en la solución de problemas. Sin embargo, las visitas se hacen normalmente sólo por períodos cortos, para poder prestar el servicio en mayor número de lugares. Asimismo, las solicitudes de los países africanos generalmente se remiten al IITA (ver más adelante).

El CIAT tiene un programa de entrenamiento grande, que abarca desde cursos de producción cortos e intensivos hasta entrenamientos en servicio, en los cuales los estudiantes pueden hacer investigaciones para tesis para los más altos grados académicos. Algunas veces el CIAT también ayuda en los cursos de entrenamiento que efectúan los programas nacionales.

El centro de documentación de yuca reúne la información publicada acerca de esta especie, en forma de bibliografías resumidas que se producen y actualizan anualmente. También presta el servicio de búsqueda de literatura sobre temas específicos o combinaciones de temas, y publica una serie de monografías y revisiones de artículos sobre yuca. Adicionalmente, el CIAT se complace en recibir y publicar información

formal e informal en 'Yuca, boletín informativo' que se produce trimestralmente.

International Institute of Tropical Agriculture (IITA)

P.M.B. 5320, Ibadan, Nigeria.

El énfasis del IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical) está en el desarrollo de un sistema mejorado de tumba y quema, y dentro de este marco, su programa de cultivo de raíces tropicales trabaja con yuca, ñame y batata.

El trabajo con yuca se orienta hacia el desarrollo de germoplasma mejorado resistente al mosaico africano y al añublo bacteriano. La mayor parte del material está disponible en forma de semilla sexual, para la selección y evaluación por parte de los programas nacionales. El IITA también hace investigación sobre prácticas agronómicas aconsejables para las condiciones africanas, y ofrece consulta y entrenamiento especialmente orientados hacia las necesidades de los programas nacionales africanos.

Los resultados de la investigación del IITA se publican en su informe anual.

Overseas Development and Natural Resources Institute (ODNRI)

56-62 Gray's Inn Road, London WC1X 8LU, United Kingdom.

El ODNRI (Instituto para el Desarrollo y Recursos Naturales de Ultramar) investiga y presta asistencia técnica en el manejo poscosecha y mercadeo de un amplio rango de productos tropicales; tiene gran experiencia en investigación en yuca, particularmente en cuanto al almacenamiento fresco, secado al sol y uso de esta raíz en panadería en sustitución del trigo.

Los funcionarios de este instituto pasan gran parte de su tiempo en el extranjero, prestando asistencia a personal de programas nacionales. Las respectivas solicitudes se hacen normalmente a través de conductos gubernamentales.

Asian Institute of Technology (AIT)

P.O. Box 2754, Bangkok, Tailandia.

El AIT (Instituto Asiático de Tecnología) es un centro tanto de investigación como de entrenamiento de graduados. Este instituto realiza un trabajo de gran alcance, que ha involucrado en forma definitiva el desarrollo de sistemas mejorados de secamiento de yuca, en los últimos años; ofrece excelentes oportunidades de entrenamiento para asiáticos.

Central Tuber Crops Research Institute (CTCRI)

Trivandrum 695017, Kerala, India.

El CTCRI (Instituto Central de Investigación en Tubérculos) es la sede del programa de yuca más antiguo del mundo. Este instituto ha desarrollado prácticas agronómicas extremadamente efectivas, y tiene un programa de mejoramiento para los suelos ácidos e infértiles del sur de la India; adicionalmente, ha prestado gran atención a la transferencia de tecnología y al procesamiento poscosecha. Los resultados de las actividades del CTCRI se publican en sus informes anuales y en el **Journal of Roots Crops**.

Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC).

Gordon St., Curepe, Trinidad.

El CIBC (Instituto de Mancomunidad para el Control Biológico) ha sido muy activo en la recolección de agentes de control biológico utilizables en el cultivo de la yuca; mantiene una cantidad de depredadores y parásitos que ayuda a introducir y desarrollar en los países que lo soliciten para el control biológico de plagas.

International Development Research Center (IDRC)

P.O. Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9.

El IDRC (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo —CIID) ha sido una de las principales fuentes de finan-

ciación para el desarrollo de proyectos de yuca ejecutados tanto por centros nacionales como internacionales. Esta entidad ofrece consejo técnico para el establecimiento de proyectos, asistencia financiera para desarrollarlos y becas para el entrenamiento de personal que trabaja en los proyectos o los maneja; adicionalmente, patrocina cursos de entrenamiento y reuniones de trabajo sobre yuca. Las memorias de tales reuniones son publicadas por dicho centro.

International Tropical Root and Tuber Crop Society

c/o Dr. K. Caesar, Technical University of Berlin, Institute of Crop Science.

Albrecht-Thaer-Weg 5, D-1000 Berlin 33, German Federal Republic.

Esta institución (Sociedad Internacional de Raíces y Tubérculos Tropicales) fue fundada por un grupo de científicos, principalmente de las Indias Occidentales. esta entidad reúne cada tres años un simposio de científicos para discutir los hallazgos de la investigación. Las memorias de tales simposios constituyen una rica información sobre yuca y otros cultivos de raíces.

INDICE

- Acaros, 91, 92, 93, 105, 124, 131, 135
- Acaro verde (de la yuca), 105, 124, 125, 128, 193, 196
- Accra (Ghana), 25
- Acido cianhídrico. Ver Yuca, cianuro en
- Acido prúsico. Ver Yuca, cianuro en
- Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT por su nombre en inglés), 64
- Adulteración, 171, 172
- Africa
- área con yuca, 20, 21
 - consumo de yuca, 23, 24, 25, 28, 44, 47
 - cultivo de yuca, 37, 38
 - domesticación de la yuca, 32
 - enfermedades y plagas de la yuca, 90, 92, 93, 104, 105, 124, 128, 190, 193, 196
 - hambruna, 39
 - malnutrición, 44
 - producción de yuca, 20, 21, 75, 76, 78
 - uso de la yuca, 23, 24, 25
 - toxicidad crónica por cianuro, 17, 45
 - variedades de yuca, 82
- Africa. Ver también Anemia de hematíes falciformes; países individuales
- Agricultura migratoria. Ver Cultivo migratorio
- Ajonjolí, 137
- Alaclor, 120
- Alcohol, 67, 70-73
- Alfa-amilasa, 156
- Alfisoles, 37
- Alimento animal, 18, 22, 24, 25, 41, 60-67, 169, 179
- trozos de yuca, 62, 63, 64, 65, 67, 169, 174, 179, 198
 - consumo de yuca, 41, 64
 - demandas de yuca, 41, 64-67
 - exportación de yuca, 23, 24, 64
 - pélets de yuca, 25, 61, 64, 67, 169, 170, 171, 198
- Ver también Cereales como alimento animal
- Almidón, 23, 24, 25, 41, 60, 67-70, 169, 188, 225. Ver también bajo Yuca
- procesamiento, 28, 155, 173
- Almíbar de fructuosa, 70
- Aluminio. Ver bajo Suelo
- Amazonas, 22, 36, 45, 79, 97
- Amigdalina, 47
- Aminoácidos, 42, 45, 61
- Américas
- área con yuca, 21
 - consumo de yuca, 24-26, 29, 45
 - cultivo de yuca, 39
 - enfermedades y plagas de la yuca, 91, 92, 93, 104, 105, 106, 124, 128, 196-197
 - investigación y desarrollo en yuca, 181, 191, 199-204

- Américas (continuación)
 producción de yuca, 21, 75, 78, 180, 191
 variedades de yuca, 83-84
 domesticación de la yuca, 31-32
- Anemia de hematíes falciformes, 46
- Angola, 21, 28, 33, 80
- Antracnosis, 92, 124, 131
- Añublo bacteriano de la yuca, 91, 92, 104, 105, 124, 130, 165, 193
- Arbitraje, 52
- Area agrícola marginal, 18, 20, 71, 76, 184, 187, 189, 204, 224
- Areas tropicales altas, 80, 103
- Areas tropicales bajas, 78, 79, 103
- Argentina, 80
- Arroz, 17, 19, 38, 55, 57, 59, 88, 96, 99, 115, 159, 160, 168
 comparado con la yuca, 162, 188, 225
- Asia
 área con yuca, 20, 21-22
 consumo de yuca, 24, 25
 domesticación de la yuca, 33-34
 enfermedades y plagas de la yuca, 91, 92, 93
 investigación y desarrollo en yuca, 191
 producción de almidón, 67-68
 producción de yuca, 20-22, 75, 159, 191
 uso de la yuca, 24, 25, 26
- Asia. Ver también países individuales
- Asian Institute of Technology (Tailandia), 154, 229
- Asociación de cultivos. Ver bajo Cultivos asociados
- Australia, 67, 89, 156
- Autosuficiencia, 205
- Aves, 6, 66
- Avispas, 127
- Azufre, 42, 44-46, 117
- Azúcar (de remolacha y de caña), 19
- Bacillus thuringiensis*, 127
- Baculovirus erinnyis*, 127
- Bacteriosis, 193
- Bagazo de caña, 71, 156
- Banano, 19, 96
- Bancos de semillas, 135-136, 168
- Barbecho (descanso). Ver Cultivo migratorio
- Batata, 19, 43, 55, 96
- Bélgica, 170
- Birmania, 34
- Black twig, 83
- Bocio, 45
- Bogotá (Colombia), 56, 163, 164
- Bolivia, 21, 29, 79
- Bolsas de polietileno, 149
- Brasil
 alcohol de caña de azúcar, 70-71
 comidas de yuca. Ver Farinha
 consumo de yuca, 25, 28, 29, 55, 58
 cultivo de yuca, 37, 136, 137
 demanda de yuca, 55, 57, 58
 domesticación de la yuca, 31-32
 enfermedades y plagas de la yuca, 91, 105, 130, 142, 193
 especies de *Manihot*, 31
 harina de yuca, 60
 importación de productos amiláceos, 68
 investigación en yuca. Ver Instituto Agronómico de Campinas
 petróleo, 70
 población, 28
 precios de arroz, maíz y yuca, 57
 procesamiento de la yuca, 52, 151, 155
 producción de alcohol de yuca, 67, 70, 71, 156, 185
 producción de almidón, 68
 producción de yuca, 20, 21, 22, 76, 78, 79, 80, 87
 producción de yuca para alimento animal, 61, 62
 rendimiento de la yuca, 21, 89

- Brasil (continuación)
 subsidios al trigo, 60
 variedades de yuca, 84, 168
- Burundi, 21, 28
- Caballones, 131, 141, 165, 167, 168
- Café, 22, 137, 162
- Caicedonia (Colombia), 80, 98, 127, 130, 162-166, 176
- Cal, 103, 118, 119, 161
- Calcio, 88, 118. Ver también bajo Yuca
- Calorías, 19, 25, 27, 29, 43, 54, 56, 57, 59, 96, 160, 162, 179
 y precios para yuca, maíz, y arroz, 57
- Camerún, 21, 28, 33
- Canadá, 142
- Caña de azúcar, 17, 19, 55, 160, 168
 alcohol de, 71, 72, 156
- CaO. Ver Cal
- Carbohidratos, 43. Ver también bajo Yuca
- Caribe, 21, 29, 32. Ver también países individuales
- Carimagua (Colombia), 28
- Caucho, 29, 137, 139
- Caucho de Ceara, 29
- Caupí, 138
- Cazabe, 50, 51
- Cebada, 64, 88
- Central Tuber Crops Research Institute (CTCRI, India), 60, 80, 95, 129, 139, 160, 161, 229
- Centro Experimental de Mejoramiento de Semillas Agámicas (CEMSA, Cuba), 166, 167
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colombia), 83, 96, 99, 101-102, 104, 105, 116, 126, 128, 137, 140, 148, 154, 165, 190, 191, 193, 226, 228
- Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes, 116
- Cercospora* sp., cercosporiosis, 91, 92, 106, 124, 131
- Cerdos, 61, 66
- Cereales (granos), 40, 41, 54, 59-60, 169, 204, 205
 como alimento para animales, 6, 62, 64, 65, 66
- Chickwangué, 50
- China, 21, 34, 80, 139
- Cianuro, 51. Ver también bajo Yuca
- CIAT. Ver Centro Internacional de Agricultura Tropical
- Coco, 89, 137, 139, 159, 160
- Colombia, 21
 alcohol de yuca, 70
 almacenamiento de yuca, 145, 149
 consumo de yuca, 26, 28, 29
 cultivo de la yuca, 34, 36, 37, 56, 141
 demanda de yuca, 57
 enfermedades y plagas de la yuca, 91, 127, 130, 132, 134, 135, 163, 165
 erosión, 81
 investigación en yuca. Ver Centro Internacional de Agricultura Tropical; Instituto Colombiano Agropecuario; Instituto de Investigaciones Tecnológicas
 población, 28
 procesamiento de la yuca, 50
 producción de almidón, 68, 173
 producción de yuca, 21, 22, 76, 77, 78, 79, 163-166, 173-175, 196
 rendimiento de yuca, 21, 66, 80, 84, 98, 163, 164, 165, 166
 suelos, 37, 38, 118
 variedades de yuca, 84, 109, 135, 163
 yuca como alimento animal, 173-175
- Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC, Trinidad), 229
- Comunidad Económica Europea (CEE), 60, 64, 169, 171

Congo, 21, 27, 28, 32, 33, 47, 83
Coprolitos, 32
Coquito, 120
Córdoba (Colombia), 173
Corea del Sur, 65
Cosecha mecánica, 94, 140
Costa de Marfil, 21, 28
Costa Rica, 98, 130, 138, 149
Cretinismo, 45
Cuarentena, 142-143
Cuba, 80, 84, 86, 89, 103, 130,
135, 136, 166-168, 176
Cuero de sapo, 92, 124, 165
Cultivo intercalado. Ver Cultivos
asociados
Cultivo migratorio, 76, 77, 81, 87,
89, 142, 190
Cultivos asociados, 81, 89, 121,
122, 137-139, 194
Cultivos tropicales, 19
Curvelo (Brasil), 156
Cyperus rotundus. Ver Coquito

Demanda de alimentos, 53-54
Desarrollo Rural Integrado (DRI,
Colombia), 173, 174
Descanso del suelo (barbecho). Ver
Cultivo migratorio
De Vries, C. A., 95
Dextrinas, 67
Diuron, 120
DRI. Ver Desarrollo Rural Integrado
Dulcificante, 70

Ecuador, 29, 34, 76, 80, 81, 98,
145
Empleo. Ver Yuca, uso de mano de
obra; Industrias rurales
Energía solar, 100
Enfermedad del sueño, 76
Engomado, engomar, 70
Entisoles, 37
Erinnyis ello. Ver Gusano cachón
Escamas, 92, 124, 128, 133
Escopolatina, 151

Esquistosomiasis, 46
Estación seca, 78, 120, 131, 136
Estados Unidos
 exportaciones de productos
 amiláceos, 80
 importaciones de almidón, 169
 producción de yuca, 68
Estiércol, 161
Etanol, 71
Euphorbiaceae, 29

Fabricación de papel, 67, 68
FAO. Ver Organización para la
Agricultura y la Alimentación
Farinha, 26, 33, 42, 44, 50, 52, 57,
155
 tipos, 48
Federación Nacional de Cafeteros
(Colombia), 127, 163
Fertilizantes (abonos), 83, 87, 89,
103, 114-119, 134, 135, 141, 142,
161, 172, 186, 189, 194, 196, 224
Ferwerda, J. D., 95
Fiji, 23, 28
Filipinas, 21, 34, 68, 70, 75, 78
Flach, M., 95
Florida (USA), 80
Fósforo, 37, 88, 116-117, 119
Fotosíntesis, 109
Frijol, 38, 137, 138, 180
Frijol mungo, 138
Fufu, 44, 50
Fungicidas, 83, 103, 134, 135,
141, 149, 186, 189, 196

Gabón, 28, 33
Ganado de leche, 62
Gaplek, 48, 56, 57, 58, 59, 60
Gari, 25, 33, 42, 44, 50, 51, 52, 57
 plantas de procesamiento, 52,
 155
Gasolina, 188. Ver también
Alcohol
GATT. Ver Acuerdo General sobre
Comercio y Aranceles

- Ghana, 21, 25, 28, 48, 52, 55, 57, 58
- Glucósidos, 44, 46
- Goa, 33
- Grasas 44. Ver también bajo Yuca
- Green twig, 83
- Guajira, (Colombia), 34
- Guinea, 28
- Gusano cachón, 91, 92, 124, 125-128, 196
- Guyana, 68
- Herbicidas, 119-120, 122, 189, 193, 196
- Hevea brasiliens* s. Ver Caucho
- Hierro. Ver bajo Yuca
- Higuerillo, 29
- Hojas sobre balance alimenticio de la FAO, 23, 26
- Holanda, 170
- IAF. Ver Índice del área foliar
- IDRC. Ver International Development Research Center
- IITA. Ver International Institute of Tropical Agriculture
- Inceptisoles, 37
- India, 20, 21
- consumo de yuca, 25, 27, 28
- domesticación de la yuca, 33-34
- enfermedades y plagas de la yuca, 91, 124, 129, 190
- Investigación en yuca. Ver Central Tuber Crops Research Institute
- precios de arroz, maíz y yuca, 57
- procesamiento de yuca, 51
- producción de yuca, 21, 75, 76, 78, 160
- rendimientos de la yuca, 20, 80, 89, 95, 160
- siembra de yuca, 138, 139
- suelos, 37
- espaguetis y fideos de yuca, 60
- variedades de yuca, 82, 83, 161
- uso de la yuca, 25
- India. Ver también Kerala
- Indias Occidentales, 33, 96
- Índice del área foliar (IAF), 100, 102
- Indios Campa (Perú), 87
- Indonesia
- alimentos de yuca. Ver Gapek; Krupuk
- consumo de arroz, 55, 59
- consumo de yuca, 25, 28, 34, 55, 59
- demanda de yuca, 55
- domesticación de la yuca, 33
- exportaciones de yuca, 64
- importación de productos amiláceos, 68
- investigación en yuca, 95
- población, 28
- precios de arroz, maíz y yuca, 57
- procesamiento de la yuca, 51
- producción de almíbar de fructuosa, 70
- producción de yuca, 21, 22, 62, 76, 78, 79
- uso de la yuca, 25
- variedades de yuca, 83
- Industrias rurales, 41, 50-52, 62-64, 67, 146, 155, 173, 174-175
- Industria textil, 67, 70
- Ingresos. Ver Yuca, consumo e ingresos; Salarios
- Insecticidas, 125, 134, 135, 141, 165, 168, 186, 189
- Instituto Agronómico de Campinas (Brasil), 84, 95
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 130, 164
- Instituto Internacional sobre Políticas de Investigación en Alimentos, 53
- Instituto de Investigaciones Tecnológicas (Colombia), 198
- International Development Research Centre (IDRC) (Canadá), 229-230
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Nigeria), 83, 96, 99, 104, 128, 139, 190, 191, 193, 228

- International Tropical Root and Tuber Crops Research Society (República Federal Alemana), 96, 230
- Investigación (o experimentación), 54, 55, 83, 88, 89, 95-97, 108, 109, 123, 129, 132, 140, 142, 148, 149, 152, 154, 160-161, 163, 164-165, 166, 173, 174, 175, 176-177, 189-197, 226-230
- Japón, 65
- Jardín Botánico de Singapur, 33
- Java, 34, 56, 78, 83
- Jornales. Ver Salarios
- Journal of Root Crops, 229
- Kenaf, 171
- Kenia, 21, 28, 95
- Kerala (India), 27, 28, 46, 53, 95, 159-162
- Kokonte, 48, 57, 58
- Krupuk, 60
- Lagos (Nigeria), 25
- Langostas, 39, 91
- Leguminosas de grano, 121, 122, 137, 138, 194
- Leticia (Colombia), 97
- Levaduras, 71
- Liberia, 28
- Linamarasa, 44, 47
- Linamarina, 44, 46, 47
- Lisina, 27
- Lluvia ácida, 25
- Lotaustralina, 44
- Lubricante, 67, 70
- Líneas Amani, 104
- M-4, 83, 95, 161
- Madagascar, 21, 28, 33, 95
- Magnesio, 88
- Maíz, 17, 19, 38, 55, 57, 66, 67, 88, 96, 137, 168, 179, 181, 188
 como alimento para animales, 179
 harina de, 42
- Malaysia, 21, 25, 34, 62, 64, 67, 68, 75, 76, 83, 88, 130, 131, 152, 161, 181
- Malezas y su control, 77, 90, 119-122, 138, 141, 185, 193, 224
- Malnutrición, 44
- Mancha de anillo, 92, 106, 124
- Manihot glaziovii*. Ver Caucho de Ceara
- Mano de obra, uso intensivo, 75
 Ver también bajo Yuca, uso de mano de obra y preparación manual del suelo
- Mantiqueira, 84, 168
- Maní, 137, 138
- Máquinas para procesamiento. Ver Yuca, plantas para procesamiento; Industrias rurales
- Masato, 45
- Materia seca. Ver Yuca, biomasa
- Mauricio, 33
- M Col 1684, 97, 98
- M Col 22, 121
- Media Luna (Colombia), 98
- Mercadeo de yuca, 18, 25, 26, 41, 52-53, 56-58, 145, 149, 164, 172, 175, 176, 177, 179. Ver también Yuca, exportación e importación
- Mertect, 149
- Metionina, 27, 61
- México, 32, 33, 66-67, 152
- Micorrizas, 117
- Millo, 119
- Minas Gerais (Brasil), 142, 185
- Minerales, 43, 44, 61
- M Mex 59, 121
- Monocultivo de yuca, 89
- Mononychellus tanajoa*. Ver Acaro verde
- Mosaico africano, 91, 92, 104, 124, 129, 161, 190
- Mosca blanca, 91, 92, 124, 129
- Mosca de la fruta, 92, 134, 165
- Mosca tsetse, 76
- Mozambique, 21, 28, 33
- Mukibat, 83

- National Research Council (Canadá), 142,
 Neuropatía atáxica, 45
 Niacina, 42, 43
 Nigeria, 20, 21
 consumo de yuca, 25, 28, 45, 58
 cultivo de yuca, 39
 demanda de yuca, 55, 58
 investigación en yuca. Ver International Institute of Tropical Agriculture
 plagas y enfermedades de la yuca, 91
 población, 28
 precios de yuca, maíz y arroz, 57
 procesamiento de la yuca, 52
 rendimientos de la yuca, 81
 Nitrógeno, 88, 115, 116, 118, 119, 137
 Ñame, 43
 Oceanía, 23, 32
 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 23. Ver también Hojas sobre balance alimenticio
 Overseas Development and Natural Resources Institute (ODNRI) (Reino Unido), 148, 154, 198, 228
 Oxifluorén, 120
 Oxisoles, 37, 38, 79
 Palma africana, 137, 160, 181
 Par de yuca, 68
 Papa, 19, 43, 55, 88
 Papúa Nueva Guinea, 23, 70
 Paraguay, 21, 22, 25, 28, 29, 76, 80
 Patata. Ver Papa
 Pegantes, 67
 Perú, 21, 29, 34, 80, 87
 Pesticidas, 93, 103, 129, 134, 196
 PETROBRAS, 70
Phenacoccus herreni. Ver Piojo harinoso
Phenacoccus manihoti. Ver Piojo harinoso
Phoma spp. Ver Mancha de anillo
Phomes lignosus. Ver pudrición blanca
Phytophthora spp., 131
 Phytoseiidae, 128
 Piñera, 166, 168
 Piojo harinoso, 92, 93, 105, 124, 125, 128, 131, 135, 190, 193
 Plátano, 19, 137
 Poda, 151
Polistes spp. Ver Avispas
 Pollos. Ver Aves
 Porcinos. Ver Cerdos
 Portugal, 33
 Potasio, 88, 117, 119
 Precio, 18, 52, 53, 55, 57, 59, 162, 172, 173, 179, 187, 188, 205
 urbano, 57, 164
 Preparación del terreno
 manual, 76, 77, 78, 81, 224
 mecánica, 75, 76, 78, 224
 Propágulos, 112, 114
 Proteína, 43, 44, 45, 46, 61, 137, 160. Ver también bajo Yuca
 Proyectos de desarrollo, 199-204
 Pudrición blanca, 131
 Radiación solar, 101
 Raíces y tubérculos (cultivo de), 54, 95
 Raleo, 129
 Ralladeros, 68
 Raspado de las raíces, 156
 Rayong 1, 83
 Relación de la energía neta (REN), 71, 72
 Relación energética. Ver Relación de la energía neta
 República Central Africana, 21
 República Dominicana, 84, 98, 149
 Riboflavina, 42, 43
Ricinus communis. Ver Higuierillo
 Riego, 103, 167, 168, 189
 Rio Grande do Sul (Brasil), 22

- Roca fosfórica, 116, 194
 Rodanasa, 45
 Rotación de cultivos, 87, 165
 Rotación y descanso. Ver cultivo migratorio.
 Ruanda, 28
- Sabanas, 79, 103
 Sacarificación, 156
 Salarios, 187, 188
 Santander (Colombia), 29
 São Paulo (Brasil), 95
 Saskatoon (Canadá), 143
 Sembradoras mecánicas, 136, 168
 Senegal, 60
 Señorita, 166, 168
 Servicio Colonial Británico, 88
 Siembra horizontal, 167
 Siembra vertical, 136, 141, 167
 Silos para papa, 148
 Sorgo, 19, 38, 55, 66, 88, 96, 179, 181, 188
 Soya, 22, 65, 138
 comparada con la yuca, 27
 Sri Lanka, 21, 33
 Suelo
 ácido, 34, 38, 79, 103, 116, 118, 119, 137, 159, 162, 186
 arenoso, 117
 con aluminio, 38, 79, 118, 119
 deteriorado, 37, 159
 extracción de nutrimentos por los cultivos, 88
 fertilidad e infertilidad, 18, 22, 34, 37, 39, 62, 75, 81, 87, 104-115, 117, 119, 137, 141, 159, 162, 183-184, 186, 194
 y hojas de yuca, 62
 pesado, 35, 141
 pH, 38, 79, 118
 Sumatra, 62
 Superalargamiento, 91, 92, 105, 124, 130, 131
 Superfosfato, 117
- Tabaco, 87
- Tailandia, 21
 y alcohol de yuca, 70
 consumo de yuca, 28, 60
 exportaciones de almidón, 68
 exportaciones de yuca, 25, 28, 34, 60, 62, 64-65, 152, 168-172, 181
 granos, 168
 procesamiento de yuca, 62-63, 152
 producción de almidón, 68
 producción de yuca, 21, 22, 28, 76, 77, 78, 88, 169, 172, 175
 rendimiento de la yuca, 21, 81, 172
 siembra de yuca, 138
 variedades de yuca, 83
 uso de la yuca, 25
- Taiwan, 34, 80
 Tamaño de las fincas, 75-76
 Tanganika, 33
 Tanzania, 20, 21
 consumo de yuca, 27, 28, 33, 47
 enfermedades y plagas de la yuca, 105
 población, 28
 procesamiento de la yuca, 51
 producción de yuca, 20, 21, 78
- Tapioca, 34
 Taro, 43
 Tecnología. Ver Investigación
 Thiabendazole. Ver Mertect
 Tiamina, 42, 43
 Tiocianato, 45, 46
 Tipití, 48, 49, 50
 Tiroides, 45
 Togo, 21, 28, 68
 Tolima (Colombia), 34
 Tracción animal, 76, 81, 140
 Tractores (uso de), 76, 137
 Trasmigración, 39
Trichogramma spp. Ver Avispas
 Tricograma. Ver Avispas
 Trigo, 19, 21, 55, 59-60, 88, 96, 99, 115, 198
 Trinidad y Tobago, 149
 Trips, 92, 97, 106, 124, 131
 Triptófano, 27

- Tumba y quema, 76, 190
- Uganda, 21,
- Ultisoles, 37, 79
- Unión Soviética, 65
- Urbanización, 58
- Usos industriales, 23, 24, 25, 41, 67-73
consumo, 41
- Valle del Cauca (Colombia), 34
- Venezuela, 21, 50, 79, 179-180
- Vietnam, 20, 21
- Vitaminas, 43, 44, 61. Ver también bajo Yuca
- Volcamiento de plantas, 136
- Yodo, 45, 47
- Yuca
alimentación animal, 23
almacenamiento, 51, 55, 85, 108, 133, 135, 145, 146-151, 197
almidón en la, 23, 31, 32, 42, 58, 94, 102, 108, 117, 139
amarga, 32, 47, 108
aparición, 30, 82
Boletín de yuca, 228
calcio en, 43
carbohidratos en, 17, 35, 39-40, 43, 44, 100, 135
Centro de documentación, 227
cerveza, 50. Ver también Masato.
cianuro en, 17, 32, 44-46, 47, 102, 108, 117
ciclo de crecimiento, 31, 39-40, 93, 100, 101, 103, 106
clones, 80, 83, 84, 91, 99, 102, 141, 161, 166-168, 182, 191
comidas y viandas, 23, 25, 48, 52, 146. Ver también Gari;
Farinha
como cultivo de subsistencia, 17, 19, 25, 34, 42
como fuente de energía, 22, 23. Ver también Calorías; Relación de la energía neta
como un cultivo de reserva para hambrunas, 38-39, 42
comparada con otros productos, 27, 57, 88, 96, 115, 160, 162, 188, 198, 205, 223-226
confitería, 60
consumo y uso, 17, 23-26, 57-58
consumo e ingresos, 57, 58, 59, 189
cosecha, 39-40, 52, 77, 78, 84, 93-94, 139-140, 145, 146
costos de producción, 183, 187, 197, 205, 223, 226
cruda, 44, 47
demanda, 18, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 176, 183, 187, 189
dispersión, 31-34
domesticación, 32
dulce, 32, 47, 108
efectos benéficos, 46-47
enfermedades y plagas, 81, 84, 90-93, 99, 103, 106, 110, 111, 122-136, 138, 141, 142-143, 185, 193, 196
engrosamiento de las raíces, 31, 39
espaguetis y fideos, 60,
especies, 29, 31-32
exportación e importación, 23, 24, 25, 33, 65, 149. Ver también Tailandia
familia de la, 29
fermentada, 48, 50. Ver también Gari
fitomasa, 38, 40, 43, 88, 100, 117, 151
genética de la, 31, 81-84, 103-104, 109, 193
grasas en, 43
harina, 23, 25, 26, 48, 52, 58-59, 60, 146, 151, 155, 198
hierro en la, 43
hojas (follaje), 27, 32, 36, 39, 40, 62, 100, 102, 104, 105, 106, 112
híbridos, 83, 84, 101, 141, 161
índice de cosecha, 100-102
injerto, 83
latencia, 36

- Yuca (continuación)
- y lluvia, 32, 34, 35-37, 78-79, 104, 131, 132, 136, 186
 - mano de obra, 76-78, 90, 111, 119, 140, 193, 224
 - nitrógeno en la, 42
 - nombre genérico, 29
 - origen de la, 29, 31-32, 97-98, 103
 - pan, 60, 68, 15. Ver también Cazabe
 - pélets, 25, 151
 - perecibilidad, 18, 23, 32, 47, 52, 57, 145, 146, 179, 180, 197
 - plantas para procesamiento, 52, 63, 67, 152, 155, 169. Ver también Industrias rurales
 - porcentaje de agua, 40-43
 - porcentaje de desperdicio, 23, 24
 - procesamiento, 17, 23, 24, 42, 45, 47-52, 146, 150-157
 - producción, 20-23, 41, 75-94, 179, 204, 205
 - propagación, 30-31, 110, 111-114, 133-136, 196
 - proteínas en, 27, 42, 43, 44, 108-109
 - raíces, 19, 23, 25, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 42, 47, 62, 63, 100, 102, 107-108, 109, 114, 131, 146, 147, 148, 149, 150, 151
 - ramificación, 100, 102
 - rendimiento, 20, 22, 37, 38, 66, 77, 80-81, 83, 84, 85, 87, 89, 91, 95, 96, 97, 98, 100-103, 108, 109, 115, 119, 136, 137, 138, 139, 141, 166, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 194, 205. Ver también Mercadeo de Yuca; Precio; Investigación; Suelo; Tapioca; países y regiones individuales
 - requerimientos de nutrimentos, 114-116
 - resistencia (o tolerancia) a la langosta, 39, 40
 - seca, 17, 18, 25, 47, 48, 51, 52, 56, 62-64, 151, 155
 - semillas, 31, 104, 109, 110, 191. Ver también Bancos de semillas
 - siembra, 77, 81, 84-86, 120, 136, 139, 186
 - silvestre, 29
 - tallo de la, 30, 31, 39, 84, 86, 101, 157
 - y temperatura, 22, 34-35, 78-79, 94, 103, 186
 - tolerancia a la sequía, 19, 39, 86
 - toxicidad, 17, 32, 44-46, 47
 - trocititos, 25, 151-152. Ver también bajo Alimentación animal
 - usos, 23-26. Ver Alcohol; Alimentación animal; Usos industriales;
 - Almidón valor nutricional, 26, 27, 42-44, 61, 107-108
 - variedades, 81-84, 95, 97-100, 102, 109-111, 115, 120, 123, 139, 161, 166, 192, 193
 - vitaminas en, 42-43
 - Yuca de árbol, 83, 104
- Zaire, 20, 21, 25
- consumo de la yuca, 27, 28, 45
 - domesticación de la yuca, 33
 - enfermedades y plagas de la yuca, 91, 196
 - población, 28
 - procesamiento de yuca, 51
 - producción de la yuca, 20, 21, 77, 78
- Zambia, 70
- Zanzíbar, 92
- Zimbabwe, 70
- Zinc, 118, 119
- sulfato, 118