

CAPÍTULO 1

La Yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenario

Hernán Ceballos*

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), junto con el maíz, la caña de azúcar y el arroz, constituyen las fuentes de energía más importantes en las regiones tropicales del mundo. Originaria de América del Sur (Olsen y Schaal, 2001), la yuca fue domesticada hace unos 5000 años y cultivada extensivamente desde entonces en zonas tropicales y subtropicales del continente. Los primeros viajeros europeos reconocieron rápidamente las virtudes de este cultivo y lo distribuyeron por las colonias que los países europeos tenían en África y Asia.

En el sur del continente, la yuca se conoce como mandioca, nombre que recibe también en Brasil. El nombre en inglés (cassava) puede haberse derivado de la palabra *casabi*, que entre los indios Arawak significaba raíz (FAO/FIDA, 2000), o bien de la palabra *cazabe*, que es una torta o galleta seca producida por los indígenas de la cuenca amazónica (Cock, 1989).

Hasta hace unas pocas décadas, la yuca y sus productos eran poco conocidos fuera de las regiones tropicales, en donde ésta había sido cultivada por muchos años. Este cultivo ha recibido poca atención en otras regiones, en parte porque sus productos no eran exportados, y porque la especie no se adapta a los climas templados. Sin embargo, luego de la creación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Colombia, y del International Institute of Tropical Agriculture (IITA), en Nigeria,

alrededor de 1970, por primera vez se iniciaron esfuerzos coordinados para un mejoramiento con bases científicas del cultivo (Cock, 1989). Adicionalmente, numerosos países han desarrollado programas de yuca exitosos.

Actualmente, la yuca es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°), que van desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m. Si bien, el principal producto económico son sus raíces, las hojas de la yuca también tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia, ya sea para la alimentación humana o animal. La yuca es el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, y es un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas (FAO/FIDA, 2000).

Según Scott et al. (2000), para el período 1995-97, la producción anual de yuca en el mundo fue de 165.3 millones de toneladas, con un valor aproximado de US\$8800 millones.

Además del valor económico que brindan los productos y subproductos que se obtienen de la yuca, este cultivo ofrece otras reconocidas ventajas: tolerancia a la sequía, capacidad de producir en suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a los suelos ácidos (predominantes en la mayoría de las sabanas tropicales del mundo), así como flexibilidad en cuanto al momento de la plantación y cosecha.

En la preparación del presente Capítulo, el autor formalmente reconoce tres escritos en los que ha basado muchas de las secciones aquí desarrolladas. Estos son: la publicación

* Ph.D., Mejoramiento, Líder del Proyecto Mejoramiento de Yuca, CIAT, Cali, Colombia.
E-mail: h.ceballos@cgiar.org

del Dr. James H. Cock (1989) titulada “*La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional*”. Muchas de las inquietudes y observaciones aquí presentadas, fueron primeramente mencionadas por el Dr. Cock en su libro.

Para el Foro de la Estrategia Global de la Yuca, realizado en abril del año 2000 en Roma, Italia, se prepararon numerosas publicaciones, entre ellas “*La economía mundial de la yuca: Hechos, tendencias y perspectivas*”, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). En esta publicación se pueden encontrar muchos de los datos estadísticos aquí presentados.

Finalmente, el manuscrito de G. J. Scott, M. W. Rosegrant y C. Ringler, denominado “*Roots and tubers for the 21st century. Trends, projections, and policy options*”, también es fuente de numerosos datos que fueron de gran utilidad en la preparación de este Capítulo.

Estadísticas mundiales de producción

La mayor parte de la yuca se produce en fincas de pequeños agricultores y en áreas agrícolas marginales. Por lo tanto, una proporción importante de la producción no se registra en las estadísticas de manera adecuada y precisa. Las mejores estadísticas que se tienen son los reportes de la FAO, pero los errores en las estimaciones pueden ser aún bastante grandes (Cock, 1989).

En Africa se planta aproximadamente un 60% del área mundial total (Cuadro 1-1), pero sólo se cosecha 50% de la producción mundial (Cuadro 1-2). Por su parte, Asia produce 30% de la yuca del mundo en un área que representa sólo 22% del total, lo que indica las altas

productividades en ese continente (Cuadro 1-3). De hecho, India es el país de más altos rendimientos en el mundo, pues produjo en el período 1993-95, aproximadamente, 24.0 t/ha (FAO/FIDA, 2000). En América Latina y el Caribe se planta 16% de la superficie dedicada a la yuca en el mundo, con una producción que representa un poco menos que 19% del total.

El crecimiento anual de la producción mundial de yuca en el periodo 1961-63 a 1995-97 fue de 2.35% por año (Scott et al., 2000). Esto es comparable con el de otros cultivos como trigo (4.32%), papa (4.00%), maíz (3.94%), ñame (3.90%), arroz (2.85%) y batata (1.07%). Se estima que para el período 1994-2005 el incremento de la productividad a escala mundial será de 1.1% por año, aunque este valor, para el caso de América Latina, es de sólo 0.7% (Cuadro 1-3). Esto implica que los rendimientos observados entre los años 1993-95 (11.9 t/ha) llegarán, en el año 2005, a 12.8 t/ha (Cuadro 1-4). Para el caso específico de Colombia, las predicciones indican que los rendimientos aumentarán a una tasa de, aproximadamente, 0.8% por año, es decir, levemente más que el promedio para la región (FAO/FIDA, 2000). Estos valores coinciden de manera general con lo observado para el período 1983-85 a 1993-95 (Cuadro 1-3).

Producción de Yuca en Colombia

Usos de la yuca

La yuca se caracteriza por su gran diversidad de usos. Tanto sus raíces como sus hojas pueden ser consumidas por humanos y animales, de maneras muy variadas. Los productos de la yuca también pueden ser utilizados por la industria, principalmente a partir de su almidón. A

Cuadro 1-1. Superficie (miles de hectáreas) plantada con yuca en el mundo, por región, de 1973 a 1995.

Región	Área plantada			Crecimiento (porcentaje anual)	
	1973-75	1983-85	1993-95	1973-75 a 1983-85	1983-85 a 1993-95
Africa	7,030	7,518	10,158	9.7	3.1
América Latina/Caribe	2,722	2,592	2,593	-0.5	0
Asia	2,928	3,730	3,775	2.5	0.1
Todo el mundo	12,693	13,855	16,450	0.9	1.8

FUENTE: FAO/FIDA, 2000.

Cuadro 1-2. Producción (miles de toneladas) de raíces de yuca (o equivalente) en el mundo, por región, de 1973 a 1995.

Región	Producción			Crecimiento (porcentaje anual)	
	1973-75	1983-85	1993-95	1973-75 a 1983-85	1983-85 a 1993-95
Africa	43,378	55,207	83,062	2.4	4.2
América Latina/Caribe	31,628	28,690	30,804	-1.0	0.7
Asia	30,262	47,371	49,740	4.6	0.5
Todo el mundo	105,400	131,424	163,746	2.2	2.2

FUENTE: FAO/FIDA, 2000.

Cuadro 1-3. Rendimiento (toneladas por hectárea) del cultivo de yuca en el mundo, por región, de 1973 a 1995.

Región	Rendimiento			Crecimiento (porcentaje anual)	
	1973-75	1983-85	1993-95	1973-75 a 1983-85	1983-85 a 1993-95
Africa	6.2	7.3	8.2	1.6	1.2
América Latina/Caribe	11.6	11.1	11.9	-0.4	0.7
Asia	10.3	12.7	13.2	2.1	0.4
Todo el mundo	8.3	9.5	9.9	1.4	0.4

FUENTE: FAO/FIDA, 2000.

Cuadro 1-4. Predicciones para el año 2005 sobre área, producción y rendimiento en el mundo por regiones.

Región	Período 1993-95			Predicción para 2005		
	Area (miles ha)	Producción (miles t)	Rendimiento (t/ha)	Area (miles ha)	Producción (miles t)	Rendimiento (t/ha)
Africa	10,158	83,062	8.2	11,961	114,202	9.5
América Latina/Caribe	2,593	30,804	11.9	2,777	35,590	12.8
Asia	3,775	49,740	13.2	3,836	57,572	15.0
Todo el mundo	16,540	163,746	9.9	18,595	207,556	11.2

FUENTE: FAO/FIDA, 2000.

continuación se presenta una breve descripción de las principales formas de utilización de la yuca.

Alimentación humana

Tanto las raíces como las hojas de la yuca son adecuadas para el consumo humano. Las primeras son una fuente importante de hidratos de carbono, y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas (particularmente carotenos y vitamina C).

La presencia de glucósidos cianogénicos, tanto en raíces como en hojas, es un factor determinante en el uso que se le dará a la producción de yuca. Muchas variedades

llamadas “dulces” tienen niveles bajos de estos glucósidos y pueden ser consumidas de manera segura, luego de los procesos normales de cocción. Otras variedades llamadas “amargas”, sin embargo, tienen niveles tan elevados de dichas sustancias, que necesitan un proceso más sofisticado para que sean aptas para el consumo humano. Estas variedades son generalmente utilizadas para procesos industriales. Los habitantes del continente americano conocen desde hace mucho tiempo el problema de los glucósidos cianogénicos, y desarrollaron varios métodos para eliminar el cianuro de las yucas amargas.

Existen numerosas formas de consumo humano de la yuca. En Colombia,

tradicionalmente se hierva de 10 a 40 minutos en la preparación de sancochos, sopas y atoles. El tiempo de ebullición requerido depende de la variedad y éste es uno de los factores para tener en cuenta en el proceso de selección de variedades para tal fin. Sólo deben utilizarse variedades dulces, ya que las amargas conservan su sabor después de la cocción y, además, pueden ser peligrosas por su toxicidad.

La yuca también se consume frita. En años recientes se ha venido desarrollando una interesante industria de croquetas precocidas y congeladas. Esta alternativa soluciona, por un lado, la rápida perecebilidad de las raíces y permite agregarle valor mediante el procesamiento. Esto, a su vez, facilita el acceso de zonas urbanas a la yuca, pues la comercialización de las raíces frescas siempre ha presentado los problemas de mercadeo a los que se hizo mención.

La yuca también puede consumirse como harinas, las que se clasifican como fermentadas o 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 (Cock, 1989).

En Brasil, una gran proporción de la yuca es consumida como *farinha* en la preparación de diversos platos típicos. La *farinha* se obtiene primeramente pelando, rallando y exprimiendo las raíces (lo que eventualmente eliminará el glucósido cianogénico). Existen diversas alternativas para exprimir la masa de raíces ralladas, desde el tradicional *tipiti*, hasta métodos más sofisticados como filtros-prensas. Enseguida, se ralla nuevamente la masa, que luego es horneada, secada y molida; en esas condiciones es envasada y comercializada. Una vez exprimida la masa de las raíces, puede ser amasada hasta formar una torta plana, semejante a una gran tortilla que se asa a la plancha para obtener una especie de pan o galleta llamada *cazabe*, común en las islas del Caribe, Venezuela y Colombia.

Otra alternativa para el consumo humano de la yuca, que está creando sus propios e interesantes mercados, son los *chips* de yuca frita, similares a las papas fritas pero con la ventaja adicional de que el producto absorbe

menos aceite en el proceso de cocción, por lo que es más atractivo desde el punto de vista de la salud humana. Este producto está siendo producido de manera comercial en Colombia, Venezuela, Brasil y en otros países, e incluso es exportado a zonas de Estados Unidos donde la población latina es predominante.

En otras regiones del mundo, la yuca es consumida de maneras muy diversas. Existen variantes de harinas muy tradicionales como el *gaplek* de Indonesia o el *kokonte* de Ghana.

En países como Nigeria, el *gari* es una forma muy popular de consumo de yuca. Las raíces se lavan, pelan y rallan, tal como se hace para la producción de *farinha* en Brasil, pero con la diferencia de que la masa resultante es colocada en bolsas y luego es exprimida con pesos que se colocan sobre éstas (piedras o maderos). El proceso es lento y la masa permanece así por varios días, durante los cuales la misma fermenta. La masa así tratada se tuesta o fríe (a menudo con aceite de palma), hasta que se seca. Después se empaca en bolsas para ser almacenada o comercializada.

Alimentación animal

Por su alto valor energético, la yuca ofrece muy buenas oportunidades para la alimentación animal. Una vía, quizás la más conocida a escala mundial, es la del secado para producir trozos secos o *chips*, actividad en la que Tailandia es líder mundial. Alternativamente, los trozos de yuca pueden procesarse para producir *pellets* (gránulos).

Ya sea como trozos secos o como *pellets*, la yuca puede ser incorporada en la formulación de alimentos balanceados para aves y porcinos, en la piscicultura y para otros animales domésticos. En Asia, la actividad de secado se realiza en patios, exponiendo el material al aire y al sol, por lo que el proceso es totalmente natural. En este método de secado se emplea un gran número de personas, pero los costos de construcción de patios en la actualidad son exorbitantes para la mayoría de los casos. Por otra parte, se necesita de un período sin lluvias relativamente prolongado, cosa que no es posible en muchas zonas de Colombia. En la Costa Caribe (particularmente en los departamentos de Sucre, Córdoba y Magdalena), sin embargo, existe una

considerable infraestructura para este tipo de secado, que ha sido explotada de manera regular desde la década de los 80.

La yuca también puede ser utilizada en nutrición animal sin ser previamente secada. En muchos lugares del mundo se ensilan tanto la raíz como las hojas; este proceso permite almacenar el producto por un largo período y, a la vez, reducir los niveles de glucósidos cianogénicos aun cuando inicialmente sean muy altos. De esta manera, una importante actividad porcina de Asia se beneficia de esta alternativa, la cual tiene la ventaja adicional de combinar la fuente de energía de las raíces con el alto contenido de proteínas de las hojas. Los trozos de yuca fresca cortados y oreados al aire libre por unas pocas horas también pueden ser ofrecidos a porcinos y bovinos, con excelentes resultados (Buitrago, 1990).

Almidones

Sin duda, una de las utilidades de yuca más importantes es la producción de almidón. Existen numerosas fuentes de almidón que satisfacen las crecientes demandas del hombre: entre otras, además de la yuca, están el maíz, la papa y el arroz.

La extracción de almidón puede realizarse en plantas artesanales con capacidad de unas pocas toneladas al mes y en enormes plantas con capacidades hasta de 400,000 t/año. De cualquier manera, el proceso es en esencia el mismo: las raíces se lavan, se pelan y luego son maceradas finamente. En seguida, se separan el almidón y el agua que lo arrastra, por un lado, de las fibras y proteína que las raíces contienen, mediante diferentes sistemas de filtrado. A continuación, el agua y el almidón son separados por sistemas de gravedad o centrifugado. Finalmente, el almidón se seca y muele para ser envasado y comercializado.

Así como existen alternativas de harinas de yuca normales y fermentadas, el almidón también puede encontrarse sin fermentar o *nativo*, o bien fermentado o *agri*. La producción de este último tipo de almidón es muy popular en los *rallanderos* del norte del departamento del Cauca, en Colombia.

El almidón de yuca tiene propiedades particulares que lo hacen especialmente apto

para ciertos procesos industriales. Entre las propiedades que definen las características de un almidón, se pueden mencionar la proporción de amilosa y amilopectina, y el tamaño del gránulo. Estas características se describen con más detalle en el capítulo sobre taxonomía y morfología.

Existe una creciente demanda por almidones modificados, los cuales son utilizados con fines muy específicos. El almidón de yuca ofrece oportunidades ya que, en algunos casos, la modificación química por realizar es más sencilla y menos costosa cuando se efectúa a partir de este almidón que partiendo de otros como el de maíz o el de papa. Debe destacarse que en años recientes se observa un uso creciente de la yuca para la producción de almidones en países como Brasil y Tailandia. Se espera que esta tendencia continúe en los próximos años.

Alcohol

Cock (1989) hace un interesante recuento del potencial de la yuca para producir alcohol. Luego de la crisis petrolera de la década de los 70, Brasil hizo planes para sustituir parte del combustible derivado del petróleo con alcohol producido a partir de caña de azúcar o yuca. A pesar del escepticismo inicial, los resultados posteriores demostraron que el enfoque brasileño para resolver la crisis energética tenía considerable sustento. Por ejemplo, Brasil produjo en 1980 suficiente alcohol para sustituir 20% de la gasolina necesaria para sus automóviles (Cock, 1989).

La caída de los precios del petróleo durante las décadas de los 80 y 90 redujo el interés por esta estrategia, hasta cuando en el año 2000 se produjo nuevamente una crisis por los altos precios. Si bien es posible prever una oscilación del interés por producir alcohol como sustituto del petróleo (como lo descrito), es inevitable que, a medida que el suministro de productos derivados del petróleo sea más difícil, la demanda de sustitutos será más constante y fuerte.

Si bien en el pasado gran parte del alcohol producido con estos fines fue a partir de la caña de azúcar, en el futuro es posible predecir que de una manera creciente será a partir de la yuca, por su capacidad de crecer en suelos marginales, cosa que no hace la caña de azúcar.

Problemas para el desarrollo del cultivo

A pesar de su enorme potencial productivo, su destacable adaptación a una gran diversidad de ambientes, su reconocida tolerancia a factores bióticos y abióticos adversos para la producción, y su diversidad de usos, la yuca no ha logrado desarrollar plenamente todo su potencial en la agricultura tropical. Numerosos factores explican esta demora.

Influencia de las tecnologías de regiones templadas

La evolución de la agricultura y de las diferentes agroindustrias de países tropicales, con gran frecuencia, se benefició de los desarrollos obtenidos en regiones templadas. El maíz ha sido, y continúa siendo, una de las principales fuentes de energía y almidón para estas últimas regiones. Gran parte de la tecnología, maquinaria, procesos industriales y formulaciones para alimentos concentrados que fueron adoptados por los países tropicales, se ajustaron a aquellos cultivos y procesos prevalentes en regiones templadas. Esta situación, sin duda alguna, favoreció al sector cerealero de los países tropicales, pero resultó en un desestímulo para el desarrollo de tecnologías propias para cultivos específicamente adaptados al trópico como lo es la yuca.

Falta de cultivares específicamente desarrollados para la industria

Con frecuencia, los objetivos de los programas de mejoramiento genético y desarrollo de variedades de yuca apuntan a materiales de “doble propósito”, es decir, genotipos que podrían ser usados para el consumo humano o por la industria. Si los precios para el mercado en fresco son altos, entonces el agricultor vende su producto en este mercado; en caso contrario, se podrían vender las raíces para procesos industriales, por lo general a un precio considerablemente menor.

De hecho, esta estrategia ha interferido con el uso industrial de la yuca porque no permite un suministro constante y confiable de la materia prima.

Adicionalmente, la búsqueda de variedades de doble propósito resultaba en materiales que no eran óptimos para una cosa ni la otra. Desde

el punto de vista genético, resulta muy difícil lograr progresos cuando se imponen demasiadas metas.

El caso del maíz ofrece otro buen ejemplo que contrasta con la situación descrita para la yuca. Existen dos actividades muy distintas y totalmente independientes en este cultivo: el maíz común y el maíz dulce. El primero está destinado a suplir de manera eficiente y competitiva las necesidades de diversas agroindustrias, por lo que la productividad es el objetivo principal. El segundo es básicamente un cultivo hortícola y las variedades o híbridos desarrollados buscan, principalmente, calidad culinaria y aspecto del producto, más que la productividad. Los programas de mejoramiento y las mismas compañías de semilla que se dedican a uno y otro tipo de maíz son del todo independientes y tienen relativa poca interacción entre ellos.

Duración de cada ciclo de selección y baja tasa de reproducción

El proceso de mejoramiento genético de la yuca es lento. Mientras que un ciclo de selección recurrente de familias de hermanos completos en cualquier cereal puede completarse en menos de un año, la yuca requiere 5. Dos factores influyen en esto: la yuca es cosechada usualmente entre los 10-12 meses de edad, y la tasa de reproducción es relativamente baja. Por ejemplo, una hectárea de maíz produce suficiente semilla para sembrar 100 o más. En el caso de la yuca, la relación es mucho menor, pues una hectárea produce semilla para unas 7 a 10 hectáreas. Gran parte del tiempo requerido para el proceso de selección de variedades se emplea básicamente para obtener suficiente semilla, requerida para las evaluaciones con repeticiones y en varias localidades, para completar cada ciclo de selección. Esta situación afecta también la tasa de adopción de nuevas variedades una vez que las mismas son oficialmente liberadas.

Políticas gubernamentales

Debido a una conjunción de factores, los gobiernos de países en desarrollo, generalmente, no le han prestado la debida atención al cultivo de la yuca. Entre los años 1970 y 1990, las políticas de la mayoría de los gobiernos de las regiones tropicales y subtropicales se

encaminaron a fomentar la producción de cereales, luego de las exitosas experiencias de la Revolución Verde (FAO/FIDA, 2000).

Los datos sobre inversiones en la investigación en estos países, fraccionados por cultivo, son extremadamente difíciles de obtener. Sin embargo, Judd y colaboradores demostraron en un detallado estudio en 1987 que “varios cultivos básicos, específicamente yuca, batata y palma de coco han recibido muy poca atención en cada región del mundo”. Por su parte, Cock (1989) publicó los datos que se presentan en el Cuadro 1-5. Resulta obvio que la inversión para la investigación en yuca ha sido baja, de una manera injusta y desproporcionada, en comparación con otros cultivos.

Estos datos seguían siendo vigentes 2 décadas más tarde. Por ejemplo, de acuerdo con el CIMMYT (1994), en el año 1992, unos 372 científicos trabajaban en el mejoramiento genético del maíz (224 y 148 en los sectores público y privado, respectivamente). Por su parte, no más de tres mejoradores de tiempo completo dedicaban sus actividades a la yuca (Iglesias C., comunicación personal) en ese mismo periodo. En otras palabras, la región dedicaba menos de 1% de los recursos humanos a la yuca comparada con el maíz.

Cuadro 1-5. Inversiones de los países en desarrollo para la investigación sobre alimentos amiláceos en 1975.

Producto	Valor 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	> 13000	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: Adaptado por Cock, 1989, a partir de datos de la National Academy of Sciences (1977).

Para esta época (Scott et al., 2000), la relación entre el valor de la producción del maíz y el de yuca a escala mundial fue de aproximadamente 3:1, o sea, 32,500 contra 8800 millones de dólares, respectivamente.

Las políticas de los gobiernos también quedaron, inevitablemente, reflejadas en el sector privado que, de manera similar, invirtió favoreciendo a los cereales e ignorando (o prestándole una menor importancia a la merecida) a los cultivos de raíces y tubérculos.

Volumen de las raíces y rápida perecebilidad

Las raíces de la yuca tienen dos problemas importantes para su comercialización extensiva y dinámica. El primer obstáculo es su volumen y contenido de agua (cerca de 65%); esto determina que los costos de transporte de raíces frescas sean altos en relación con la materia seca que contienen. La producción de yuca, por lo tanto, debe localizarse cerca de los centros de procesamiento. El segundo problema es la corta vida de las raíces luego de ser cosechadas, las que deben ser consumidas o procesadas no más de 7 días después de la cosecha. Esto último, debido al proceso conocido como deterioro fisiológico de poscosecha.

Las características de las raíces tienen también un efecto en los costos de procesamiento. De acuerdo con Cock (1989), los métodos tradicionales para el procesamiento de la yuca son tan laboriosos que el trabajo que se invierte en el mismo es probablemente más grande que el que se utiliza para el cultivo y para la cosecha.

Escaso desarrollo de los mercados

Siempre ha existido un problema similar a la paradoja del huevo y la gallina en los usos industriales de la yuca: no existían mercados para la industria porque no había garantía de disponibilidad de la materia prima, y no se producían raíces para dichos mercados porque los mismos no existían.

Los problemas relacionados con el mercadeo son más pronunciados en la yuca que en otros cultivos. Esto es así porque ésta es cultivada, generalmente, por pequeños agricultores, lo que requiere una mayor coordinación para su

utilización en procesos industriales. Las zonas de producción generalmente están localizadas en áreas con pobres o deficientes infraestructuras.

Adicionalmente, las tecnologías de bajos insumos que caracterizan una gran proporción de los cultivos de yuca, implican un aumento en la variabilidad ambiental cuyo efecto son las variaciones en la calidad de las raíces. Existen dificultades para acelerar la producción y pasar a grandes escalas, por la baja tasa de multiplicación del cultivo. La falta de crédito es un problema que no tienen agricultores que siembran arroz, maíz o caña de azúcar.

Como se verá más adelante, muchos de los obstáculos que han impedido que la yuca alcance el lugar más relevante, el cual le corresponde en las regiones del mundo donde se cultiva, ya han sido superados o están en proceso de ser resueltos.

Nuevas oportunidades para la yuca en la agricultura tropical

A pesar de todas las dificultades mencionadas anteriormente, la yuca permanece como un cultivo de importancia mundial y se están dando pasos acelerados para resolver algunos de sus problemas inherentes, que se describen brevemente a continuación.

La yuca será un cultivo más relevante en la agricultura del siglo XXI. La tendencia económica más clara y generalizada durante la década de los 90 ha sido, sin lugar a dudas, la globalización de las economías. Los mercados de productos agrícolas no han sido una excepción a esta tendencia. Como resultado, los aranceles comerciales y otras barreras proteccionistas han sido gradualmente reducidos. Por ejemplo, mientras que Colombia en 1990 importó una cantidad insignificante de maíz (32,000 toneladas), para el 2000 este valor era cercano a los 2 millones de toneladas. Esto representa un crecimiento anual de las importaciones de 79.5%. Esta situación se repite en muchos otros países tropicales, en los que la producción local de maíz no es competitiva frente a la de regiones templadas.

El crecimiento anual de las importaciones de maíz en países de África y Asia fue, respectivamente, de 5.53% y 4.58% (FAO/FIDA, 2000) durante la pasada década. El

maíz es un componente fundamental de las dietas animales y una importante materia prima para la industria del almidón, por lo que compete directamente con la yuca. Esto implica que el futuro de la producción y utilización de la yuca en los países tropicales depende en gran medida de la producción local del cereal y de la posibilidad de importarlo.

Existen numerosas razones para explicar la escasa competitividad del maíz en regiones tropicales. Según Pandey y Gardner (1992): “Los rendimientos de maíz en los trópicos están principalmente limitados por el cociente entre radiación interceptada y unidades de calor. Este cociente es mucho más bajo en las tierras bajas comparado con zonas más altas y es menor en los trópicos que en regiones templadas. Relativamente, menor cantidad de luz es interceptada durante la época de lluvias en los trópicos, que coinciden con el período de llenado del grano para el cultivo. La interceptación de luz es reducida aún más por las bajas densidades de plantas. Las variaciones extremas del clima, precipitaciones erráticas, altas temperaturas, particularmente durante la noche, y bajas temperaturas en zonas altas también reducen los rendimientos”.

Otros factores que limitan la productividad del maíz en los trópicos son:

- a. Baja fertilidad de la mayoría de los suelos de la región.
- b. Bajo potencial de rendimiento de los cultivares tropicales.
- c. Alta presión de plagas y disponibilidad de agua menor a la óptima.
- d. Enfermedades que con frecuencia reducen la producción hasta 30%-40%.
- e. Malezas que en sistemas de producción de bajos insumos pueden reducir los rendimientos hasta 50%.
- f. Pobres prácticas culturales, recursos limitados, aplicación inadecuada de insumos y un retraso en la transferencia de la tecnología.

Es claro que muchos de los factores que reducen la competitividad del maíz en zonas tropicales son muy difíciles o imposibles de superar. Por lo tanto, si la tendencia a la

apertura de los mercados continúa, habrá aun menos oportunidades en el futuro para la producción competitiva local que, por necesidad, deberá realizarse en las áreas óptimas con adecuada fertilidad de suelos, confiable pluviosidad, infraestructura apropiada y mecanización eficiente de la producción.

Resulta también obvio que muchas de las debilidades de la producción tropical del maíz son, precisamente, las fortalezas de la yuca. En efecto, la yuca se caracteriza por la estabilidad de su producción. Tiene una tolerancia innata a la baja fertilidad de los suelos y a las deficiencias hídricas. Por su metabolismo fisiológico, la relación entre temperatura diurna y nocturna no se ve tan severamente afectada como en el caso del maíz, y es naturalmente tolerante a las condiciones edáficas típicas de los suelos ácidos. La estabilidad de la producción de yuca y el cultivo mismo fueron revalorizados después de las sequías que afectaron a África entre 1983 y 1985, cuando se deterioraron gravemente los cereales.

“Más recientemente, en Asia y América del Sur, la yuca ha desempeñado un papel de gran importancia en la seguridad alimentaria con ocasión de la escasez de cereales derivada de las anomalías meteorológicas acaecidas en 1997 y 1998, como consecuencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, respectivamente (FAO/FIDA, 2000).

Como resultado de esta evolución, el gobierno de Colombia ha iniciado un vigoroso apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Numerosos proyectos de gran relevancia han sido apoyados y muchos de sus resultados iniciales serán presentados a lo largo del presente texto. Coincidiendo con los cambios en las políticas gubernamentales, se está observando una situación similar con el sector productivo, que también está apoyando de una manera vigorosa esta iniciativa para recuperar el tiempo perdido.

Estrategias para Hacer este Cultivo aún más Competitivo

Se están desarrollando activamente cultivares específicamente orientados para satisfacer las diversas demandas del sector procesador,

mientras que se mantiene la producción de cultivares para el mercado en fresco. Esto no significa que se estén dejando de lado las necesidades de los mercados más tradicionales de la yuca, sino que un genotipo no es descartado cuando, por ejemplo, la apariencia de las raíces no se ajusta a los criterios de dichos mercados.

El potencial productivo de estas variedades será descrito con más detalle en el Capítulo 18, que corresponde a genética de la yuca. Basta mencionar que la variedad SM1433 tuvo un rendimiento comercial (en un área de casi 10 ha) superior a 80 t/ha de raíces frescas, resultado que fue reportado en el departamento de Córdoba, Colombia.

Además de una redefinición de los objetivos del proyecto de mejoramiento, el esquema empleado también se ha modificado para mejorar la eficiencia del mismo. Este nuevo esquema de mejoramiento, por un lado, permite acortar sustancialmente la duración de cada ciclo de selección y, por otro, mejorar la confiabilidad de los datos en que se basa dicha selección. Con estos cambios se espera que los materiales genéticos disponibles y que son plenamente competitivos en la mayoría de ambientes donde la yuca es cultivada, puedan ser reemplazados en el mediano plazo por variedades que sean genéticamente superiores y más específicamente adaptadas para satisfacer las necesidades a las que están orientadas.

El proceso de mejoramiento genético se verá muy favorecido por la implementación de nuevas herramientas del área de biotecnología. El CIAT ha desarrollado el mapa genético molecular de la especie y ha logrado identificar algunos marcadores moleculares asociados con variables de interés agronómico. Adicionalmente, existe la tecnología para transferir genes provenientes de la misma yuca o de especies silvestres, pero no mediante cruzamientos sexuales, sino utilizando la técnica de transformación genética. Esto permite una rápida transferencia de genes útiles de un cultivar a otro.

Las técnicas de cultivo *in vitro* permiten resolver los problemas asociados con la baja tasa de reproducción de la yuca. Si bien los costos por planta aumentan con estas técnicas, se cuenta con la posibilidad de reproducir de una

manera masiva grandes volúmenes de plántulas, cuando ello sea necesario o conveniente.

Los progresos en el potencial genético serán acompañados de manera paralela por otras estrategias para mejorar la competitividad del cultivo. Se ha introducido la mecanización de la siembra, y la cosecha que resulta es, por un lado, menos costosa y, por el otro, de mayor rendimiento. Esta maquinaria está siendo adaptada a las necesidades de las diferentes regiones de Colombia, donde la yuca es cultivada y donde la mecanización puede introducirse sin perjuicios al ambiente.

Uno de los problemas que frecuentemente encuentra el sector procesador de yuca es la oferta estacional del producto. En algunas situaciones esto implica que las plantas procesadoras (patios de secado, plantas de extracción de almidón, etc.) permanecen inactivas por periodos relativamente largos. Se está buscando solucionar estos problemas mediante la combinación de siembras escalonadas y la identificación de materiales que puedan ser cosechados en distintas edades, para así facilitar el suministro más continuo del producto en aquellas regiones donde esta situación puede ser un problema, como en el caso de la Costa Norte del país.

También se están dando los pasos necesarios para lograr un aprovechamiento económico del follaje. Para ello, es necesario, primero, desarrollar métodos para la cosecha mecanizada del producto. Se está considerando el desarrollo de variedades y prácticas culturales para siembras exclusivamente orientadas a la producción de follaje. También se está evaluando la posibilidad de aprovechar el follaje remanente y los restos de follaje cuando se cosechan las raíces en cultivos normales. Esto le adicionaría un mayor valor a lo que el agricultor cosecha, con un incremento, aunque proporcionalmente menor, en los costos de producción (derivado de la actividad adicional de la cosecha del follaje). Para esta operación se diseñó, construyó y evaluó una máquina cosechadora de follaje.

Fortalecer y crear nuevos mercados

En los últimos años se ha observado un creciente interés por la yuca en Colombia, que ha resultado en formas muy creativas para solucionar algunos problemas típicos del cultivo.

Por ejemplo, el proceso de deterioro fisiológico de poscosecha y las dificultades para el mercadeo de las raíces en sectores urbanos se pueden superar mediante la producción de croquetas precocidas y congeladas, las cuales han ganado gran popularidad y se han consolidado como un producto de valor agregado para el consumo de la yuca en grandes centros urbanos. Este es un buen ejemplo de una cadena productiva perfectamente establecida y consolidada, desde la producción en el campo hasta la distribución al consumidor final. El mercado de los *chips* de yuca frita en el sector de pasabocas puede seguir el mismo camino en el futuro cercano.

En otros casos, para fortalecer un determinado mercado se ha necesitado apelar a innovaciones tecnológicas. Este es el caso del secado artificial de la yuca. Ya se mencionó que la manera más conocida de secar yuca para ser incluida en dietas de animales es mediante los patios de secado. Esta tecnología, sin embargo, no es apta para regiones donde no existe un período sin lluvias definido y relativamente largo.

Por lo tanto, los sectores oficial y privado han invertido suficientes recursos para llegar a una solución que sea económicamente viable y compatible con la conservación del ambiente para el secado artificial de las raíces y el follaje. El primer paso fue la construcción de una planta piloto en la que se ajustaron distintas variables para medir sus efectos en la calidad del producto y en los costos del secado. Incidentalmente, la construcción de esta planta piloto ha sido posible por una asociación entre los sectores público y privado, que están colaborando activamente en distintos aspectos relacionados con el uso y los procesos de la yuca.

La factibilidad económica de un secado artificial de la yuca es importante para organizaciones con una integración vertical de la producción, como son: el trapiche yuquero y el ingenio yuquero. Estas organizaciones implican la producción centralizada (imitando el modelo de los ingenios azucareros), que varía de unas 600 a 6000 hectáreas, las cuales proveerían de materia prima a la planta de secado de manera más o menos continua durante todo el año.

Asociadas a estos centros de secado, podrían integrarse industrias avícolas o porcícolas, que

consumirían el producto de las mismas y le devolverían fertilidad al sistema en forma de gallinaza o porquinaza. Un concepto fundamental en este sistema es el de las cortas distancias que recorren los productos envueltos. Las raíces de yuca se producirían en un radio de aproximadamente 30 km respecto a la planta de secado y serían transportadas a granel. La yuca seca se transportaría también a granel, hasta los centros avícolas o porcícolas, cuya localización sería también relativamente cercana.

Esta propuesta, por lo tanto, tiende a resolver el problema del volumen de las raíces de la yuca, minimizando el transporte de la misma cuando el contenido de agua es muy alto.

Aprovechar y aumentar la rusticidad del cultivo

La yuca es reconocida por su rusticidad que implica una excelente tolerancia a diferentes estreses bióticos y abióticos. Es particularmente tolerante a la baja fertilidad de los suelos, a deficiencias hídricas y a suelos ácidos. También puede crecer en ambientes tropicales húmedos con lluvias que exceden los 3 m/año. Todas estas características le confieren a la yuca una destacada estabilidad en su producción. Sin embargo, se puede mejorar aun más esta valiosa característica.

Las técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y enfermedades han contribuido significativamente a la estabilidad de la producción. La resistencia genética o tolerancia a las principales plagas y enfermedades se han incorporado a la mayoría de los programas de mejoramiento del cultivo en el mundo. Por ejemplo, la resistencia (tipo antibiosis) a las moscas blancas (*Aleurotrachelus socialis*) de la variedad local MECU72 es la primera reportada para cualquier cultivo comercial. En aquellos pocos casos en los que la resistencia o tolerancia genética no ofrece una adecuada protección se cuenta con numerosas alternativas de control biológico.

Se están desarrollando activamente métodos prácticos para integrar estos métodos de control biológico a las prácticas corrientes de cuidado del cultivo. Además de reducir los costos de producción, estas alternativas ofrecen la ventaja de ser generalmente perdurables y de contribuir

con el ambiente al reducir o eliminar la necesidad del uso de agroquímicos.

De igual manera, los programas de mejoramiento genético están continuamente seleccionando las principales enfermedades de cada ecorregión para desarrollar cultivares con resistencia o tolerancia. En casos donde la resistencia genética no es suficiente, se desarrollan otros métodos para el control de patógenos como el de la termoterapia para “limpiar” los esquejes de la bacteriosis.

Como en otras actividades, la biotecnología ofrece herramientas que facilitan estos trabajos. En la actualidad, se está trabajando para identificar marcadores moleculares asociados al gen de resistencia a moscas blancas. Igualmente, esta metodología está siendo utilizada para un mejor entendimiento de la dinámica poblacional del patógeno de la bacteriosis. La biotecnología también permite la producción de pruebas de diagnóstico serológico, basadas en el sistema PCR para la identificación de enfermedades.

Agregar valor al cultivo y aumentar su rentabilidad

En el desarrollo de nuevas variedades también se considera la posibilidad de seleccionar para mercados específicos. Por ejemplo, dentro del genoma de la yuca existen genes para producir raíces de coloración anaranjada, la cual se debe a un elevado contenido de carotenos en las raíces. Si bien esta coloración no es deseable para mercado en fresco, ofrece ventajas para otros usos. Por ejemplo, estos materiales serían óptimos para ser utilizados en las dietas avícolas por su alto contenido de carotenos, los que además, aparentemente, demoran el inicio del proceso de deterioro fisiológico. Estas yucas de raíces amarillas o “yema de huevo” también serían de gran utilidad para la producción de *chips* de yuca frita porque, según estudios preliminares, el producto ofrece una presentación muy apetecible.

El CIAT cuenta con un capital genético de enorme importancia: el Banco de Germoplasma Mundial de Yuca, en el cual hay unas 6000 accesiones que contienen prácticamente toda la variabilidad genética del cultivo. En este momento se están llevando a cabo estudios para evaluar las propiedades y características del almidón y otras propiedades de relevancia

agronómica en raíces y hojas de cada una de estas accesiones. Es posible que como resultado de este arduo esfuerzo se puedan encontrar genotipos que presenten nuevos tipos de almidón con aplicaciones industriales específicas.

Unir la investigación, la producción y el procesamiento

Existe un factor común en todos los casos en los cuales una iniciativa que involucre a la yuca ha sido exitosa. En todos ellos se puede detectar una interacción estrecha y activa entre el productor, el investigador y el procesador. De manera similar puede decirse que cuando este “triángulo del éxito” no estaba bien establecido, las historias de fracasos fueron frecuentes. La situación actual de la yuca en Colombia está mostrando numerosos casos en los que se está logrando este vínculo tan positivo como necesario.

La investigación se ha visto favorecida, en un momento muy oportuno, por un vigoroso apoyo institucional por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que con el apoyo de diferentes gremios fue un promotor incondicional para la creación del Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA).

Este consorcio es la más clara instancia donde la interacción entre procesadores, productores e investigadores se ha venido dando de una manera armoniosa y productiva. La presencia del sector privado y gremios asociados (particularmente FENAVI y ACOPOR, ver Lista de Acrónimos y Abreviaturas) fomentando el cultivo con tecnologías apropiadas, ha sido fundamental para acercar este cultivo a la posición de relevancia que merece en la agricultura tropical.

En esta interacción, el sector oficial ha contribuido adicionalmente con la capacidad técnica y logística de CORPOICA y la continua y oportuna intervención del ICA, cuando la situación lo ameritó.

Predicciones Sobre el Futuro de la Yuca

La producción mundial de yuca ha crecido a una tasa anual de 2% (entre 1987 y 1997), de manera ligeramente mayor que durante la década inmediatamente anterior, cuando creció a una tasa de 1.7%. La expansión del área ha sido la principal forma en que la producción aumentó (1.7% contra sólo 0.3% debida al aumento en la productividad). Las proyecciones para el período 1993 al 2020 estiman una tasa de crecimiento similar al observado hasta ahora y que oscilará entre 1.93% y 2.15% por año, pero con un cambio sustancial en la importancia relativa del incremento en la productividad (superior a 1%) respecto al del área plantada que tendrá un rango entre 0.74% y 0.95% (CGIAR, 1999).

En los Cuadros 1-6 y 1-7 se presentan otras proyecciones extraídas de Scott et al. (2000). En el Cuadro 1-6 se presentan estadísticas derivadas de un escenario base, mientras que los datos del Cuadro 1-7 se obtuvieron asumiendo una alta demanda de productos agrícolas. En líneas generales, estas proyecciones coinciden con las descritas arriba: la producción aumentará entre 1.74% y 1.95% por año, los rendimientos se incrementarán en aproximadamente 1% por año, y el área sembrada aumentará entre 0.73% y 0.94% cada año.

Cuadro 1-6. Proyecciones del área plantada, producción y rendimiento para el año 2020.

Región	Área plantada			Producción			Rendimiento		
	Año		Tasa de cambio (%/año)	Año		Tasa de cambio (%/año)	Año		Tasa de cambio (%/año)
	1993	2020		1993	2020		1993	2020	
	(millones ha)			(millones t)			(t/ha)		
China	0.3	0.3	0.08	4.8	6.5	1.18	15.1	20.2	1.10
India	0.2	0.2	0.02	5.8	7.0	0.71	23.6	28.4	0.69
Asia	3.9	3.9	0.25	42.0	48.2	0.51	12.1	13.7	0.46
ALC	2.7	2.7	-0.01	30.3	41.7	1.19	11.3	15.6	1.21
África	11.9	15.9	1.09	87.8	168.6	2.45	7.4	10.6	1.34
Mundo	18.8	22.9	0.73	172.7	275.1	1.74	9.2	12.0	1.00

FUENTE: Adaptado de Scott et al., 2000.

Cuadro 1-7. Proyecciones (basadas en un escenario de alta demanda) del área plantada, producción y rendimiento para el año 2020.

Región	Area plantada			Producción			Rendimiento		
	Año		Tasa de cambio (%/año)	Año		Tasa de cambio (%/año)	Año		Tasa de cambio (%/año)
	1993 (millones ha)	2020		1993 (millones t)	2020		1993 (t/ha)	2020	
China	0.3	0.3	0.09	4.8	6.6	1.21	15.1	20.3	1.12
India	0.2	0.2	0.03	5.8	7.1	0.76	23.6	28.7	0.73
Asia	3.5	3.5	0.03	42.0	48.2	0.51	12.1	13.8	0.49
ALC	2.7	2.7	-0.01	30.3	42.0	1.22	11.3	15.7	1.23
Africa	11.9	17.2	1.39	87.8	183.8	2.77	7.4	10.7	1.36
Mundo	18.8	24.2	0.94	172.7	290.8	1.95	9.2	12.0	1.00

FUENTE: Adaptado de Scott et al., 2000.

Bibliografía

- Buitrago A JA. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 450 p.
- CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research). 1999. Annual Report 1999: science for the poor and environment. Washington, USA.
- CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 1994. En: World Maize Facts and Trends. Maize seed industries revisited: emerging roles of the public and private sectors. México, D.F.
- Cock JH. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 240 p.
- FAO/FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma, Italia. 59 p.
- Judd MA; Boyce JK; Evenson RE. 1987. Investment in agriculture. En: Ruttan VW; Pray CE (eds.). Research and extension policy for agricultural research. Westview Press. p. 7-38.
- Olsen KM; Schaal BA. 2001. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. American Journal of Botany 88(1):131-142.
- Pandey S; Gardner CO. 1992. Recurrent selection for population, variety, and hybrid improvement in tropical maize. Advances in Agronomy 48:1-87.
- Scott GJ; Rosegrant MW; Ringler C. 2000. Roots and tubers for the 21st century. Trends, projections, and policy options. International Food Policy Research Institute (IFPRI)/CIP (Centro Internacional de la Papa). Washington, USA. 64 p.