

Capítulo 1

La yuca

La yuca -*Manihot esculenta* Crantz- pertenece a la familia *Euphorbiaceae*. Esta familia está constituida por unas 7 200 especies que se caracterizan por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa. Su centro de origen genético se encuentra en la Cuenca Amazónica. Dentro de esta familia se encuentran tipos arbóreos como el caucho, *Hevea brasiliensis*; arbustos como el ricino o higuera, *Ricinus communis* y numerosas plantas ornamentales, medicinales y malezas además del género *Manihot*.

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Crantz en 1766. Posteriormente, fue reclasificada por Pohl en 1827 y Pax en 1910 en dos especies diferentes: yuca amarga *Manihot utilissima* y yuca dulce *M. aipi*. Sin embargo, Ciferri (1938) reconoció prioridad al trabajo de Crantz en el que se propone el nombre utilizado actualmente.

Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales sólo la yuca tiene relevancia económica y es cultivada. Su reproducción alógama y su constitución genética altamente heterocigótica constituyen la principal razón para propagarla por estacas y no por semilla sexual (Ceballos y De la Cruz, 2002).

La yuca recibe diferentes nombres comunes: *yuca* en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, *mandioca* en Argentina, Brasil y Paraguay, *cassava* en países anglo parlantes, *guacamote* en México, *aipi* y *macacheira* en Brasil y *mhogo* en swahili en los países de África oriental.

La planta de yuca crece en una variada gama de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano. Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía. Sin embargo, no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo. Es un cultivo de amplia adaptación ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1 800 msnm, a temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C con una óptima de 24 °C, una humedad relativa entre 50 y 90 por ciento con una óptima de 72 por ciento y una precipitación anual entre 600 y 3 000 mm con una óptima de 1 500 mm.

Su ciclo de crecimiento desde la siembra a la cosecha, depende de las condiciones ambientales: es más corto, de 7 a 12 meses, en áreas más cálidas y es más largo, 12 meses o más, en regiones con alturas de 1 300 a 1 800 msnm. Su producción se desarrolla en varias etapas a saber:

- enraizamiento de las estacas en el primer mes;
- tuberización, entre el primer y segundo mes o hasta el tercero, dependiendo del cultivar;
- engrosamiento radical, entre el tercero y cuarto mes o hasta el sexto, dependiendo del cultivar, y
- acumulación, entre el quinto y sexto mes hasta el final del ciclo del cultivo.

VARIETADES DE YUCA

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) conserva en el banco de germoplasma *in vitro* que constituye la mayor colección de yuca del mundo, 6 073 clones discriminados en 5 724 clones de *Manihot esculenta*, que incluyen cultivares primitivos, cultivares mejorados y material genético y 349 accesiones correspondientes

a 33 especies silvestres. La conservación en el banco de germoplasma se basa en dos sistemas: en el campo e *in vitro*. Estas dos modalidades de conservación *ex situ* mantienen exitosamente las combinaciones de genes, sin cambios comprobados en la estabilidad genética de los clones.

Según Debouck y Guevara (1995) la colección de germoplasma de yuca del CIAT está constituida en un 96 por ciento por accesiones procedentes de América Latina que es el centro primario de diversidad. Se han introducido aproximadamente 800 accesiones de Brasil. Se estima que 87 por ciento de los clones de la colección son cultivares primitivos y el resto son cultivares avanzados, híbridos y material genético. De los 61 países donde *Manihot esculenta* es importante, 24 de ellos han contribuido a la colección. Algunos de estos países con áreas de alta prioridad para la adquisición de germoplasma son: en la región de Mesoamérica, El Salvador, Honduras y Nicaragua; en la región del Amazonas, la zona central y occidental de Brasil; la región del Chaco de Bolivia y Paraguay; Venezuela y la parte oriental de Colombia, Guyana y Suriname y la región montañosa de Ecuador. En la región caribe se encuentra en República Dominicana y Haití. Importantes genotipos élite fueron introducidos del continente asiático de China, Filipinas, Tailandia y Viet Nam. Hay escasas accesiones procedentes del continente africano.

El CIAT asigna un código único específico y permanente a las variedades colectadas; en caso que el clon desaparezca, su código nunca será asignado a otro clon. En la nomenclatura para los clones de yuca también son importantes los nombres vulgares, regionales o comunes. Usualmente, los agricultores designan las variedades con nombres muy sencillos que guardan relación con alguna característica de la planta o con su procedencia. Por ejemplo: *algodonas*, variedades de fácil cocción; *rojitas*, variedades de pecíolos rojos; *llaneras*, variedades procedentes de los Llanos; *negritas*, variedades de tallo o cogollo oscuro. El uso del nombre vulgar tiene limitaciones y se presta para confusiones ya que un mismo nombre vulgar puede atribuirse a genotipos diferentes o contrastantes. Otra nomenclatura corresponde a los materiales liberados; es común que las instituciones de fitomejoramiento liberen materiales de yuca con nombres comunes que guardan relación con detalles particulares del clon o del sitio de liberación, como por ejemplo: venezolana, panameña, brasileña, americana (Jaramillo, 2002).

La presencia de glucósidos cianogénicos tanto en raíces como en hojas es un factor determinante en el uso final de la 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* tienen niveles tan elevados de glucósidos que necesitan un proceso adecuado para que puedan ser aptas para el consumo humano; por ello estas variedades son generalmente utilizadas para procesos industriales. Contrariamente a lo que se cree, no existe una relación definida entre el sabor amargo o dulce y el contenido de glucósidos cianogénicos.

La diferenciación entre variedades amargas y dulces no siempre es precisa, ya que el contenido de glucósidos cianogénicos no es constante dentro de una variedad y depende también de las condiciones edafoclimáticas del cultivo. Por lo tanto, una variedad de yuca puede ser clasificada como amarga en una localidad y como dulce en otra. Aparentemente, en los suelos fértiles se incrementa el sabor amargo y la concentración de glucósidos cianogénicos. Las yucas amargas son más comunes en el área amazónica y en el Caribe, mientras que las dulces se encuentran con mayor frecuencia en el norte de América del Sur.

Dependiendo del uso final de la yuca, esta puede ser clasificada como de calidad *culinaria* cuando se destina al consumo humano directo; como *industrial* cuando se usa para la producción de subproductos tales como harina, almidón, trozos secos o como de *doble propósito*, es decir, fenotipos que podrían ser usados tanto para el consumo humano como industrial. Esta variabilidad da lugar a que el agricultor venda para el mercado en fresco si los precios son altos o, en caso contrario que venda las

raíces para procesos industriales, por lo general a un precio considerablemente menor. Esta estrategia ha interferido con el uso industrial de la yuca porque no permite un suministro constante y confiable de la materia prima. Actualmente, los programas de mejoramiento genético están dirigidos a la búsqueda de variedades específicas para la industria, ya que las variedades de doble propósito resultaban, en algunos casos inadecuadas para consumo en fresco o para la industria (Ceballos, 2002).

MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE YUCA EN PEQUEÑA, MEDIANA Y GRAN ESCALA

Existen diferentes métodos de producción de yuca, desde los pequeños agricultores cuyas labores son realizadas manualmente, hasta productores en gran escala con extensas plantaciones del cultivo y labores mecanizadas desde la siembra hasta la cosecha. El cultivo de yuca demanda una cantidad apreciable de mano de obra, especialmente en la siembra y la cosecha. En países como Brasil y Tailandia se ha avanzado en el desarrollo de sistemas mecanizados de siembra y cosecha y se ha reducido apreciablemente el costo de producción.

Los avances logrados en los últimos años en el desarrollo de variedades de yuca con alto potencial de rendimiento ayudan a mejorar la productividad del cultivo y le permiten competir en diferentes mercados y condiciones de producción, tanto dentro de esquemas de agricultura de conservación como en la agricultura mecanizada y en grandes extensiones. La mecanización agrícola pretende ofrecer mejores condiciones para el desarrollo del cultivo contribuyendo a reducir la mano de obra requerida, otros costos de producción, el tiempo que insume cada labor por unidad de área y el costo final de producción. En consecuencia, un productor de yuca puede aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial en maquinaria agrícola, generando además un valor agregado a este cultivo por medio de su industrialización.

Preparación del suelo

La yuca, como cualquier otro cultivo, requiere una buena preparación del suelo que varía según el clima, el tipo de suelo y sus características físicas, biológicas y de vegetación, la topografía, el grado de mecanización y otras prácticas agronómicas. Es importante conocer la historia de uso del lote para mantener la sostenibilidad del suelo, verificar que no tenga zonas de encharcamiento y si fuera necesario realizar obras de drenaje y manejo de aguas.

Una preparación adecuada del suelo garantiza una cama propicia para la semilla¹ y, en consecuencia, altos niveles de brotación y de producción. La preparación del suelo comienza, generalmente, en la época seca; en regiones de clima muy húmedo se procede al contrario, preparando la tierra hacia el final de las lluvias intensas y sembrando las estacas al comienzo de la época seca; de esta manera se aprovechan las lluvias poco copiosas para el desarrollo inicial de las raíces. En zonas de menor precipitación pluvial es necesario, a veces, arar antes del período seco para aprovechar algo de humedad, ya que más tarde el terreno se secará y endurecerá demasiado para la labranza (Ospina *et al.*, 2002).

Puede ser utilizada labranza convencional, con arados de disco y rastras pesadas o labranza vertical, utilizando el arado de cincel rígido o vibratorio (Lámina 1). Este último contribuye a solucionar los problemas de compactación y sellado que muchas veces ocasiona la labranza convencional. El terreno se debe preparar por lo menos a 25-40 cm de profundidad para obtener un suelo disgregado y libre de terrones que facilite el crecimiento horizontal y vertical de las raíces.

¹ En esta publicación el término «semilla» se utiliza para el material reproductivo asexual conocido comúnmente como estacas o cangres.



CLAYUCA

Lámina 1

Labranza vertical y labranza convencional
 a) Labranza vertical con cincel vibratorio
 b) Labranza vertical con cincel rígido
 c) Labranza convencional con rastra
 d) Labranza convencional con arado de disco



PMY-CIAT



CLAYUCA

Lámina 2

Preparación de caballones con bueyes (a) y
 caballoneador mecánico (b)

Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones de drenaje interno y superficial se deben realizar caballones entre 30-40 cm de altura; estos pueden realizarse a pequeña escala con el uso de bueyes y a gran escala con caballoneadores mecánicos (Lámina 2) como sigue:

- *en suelos de textura arcillosa* donde caen más de 1 200 mm de precipitación pluvial, se deben hacer caballones para facilitar el drenaje y mejorar el establecimiento del cultivo y las labores de cosecha manual.
- *en suelos más pesados y compactos*, se deben hacer caballones porque estos suelos se saturan de agua y en la época de lluvia en razón de la mala aireación propician la pudrición de las raíces causando pérdidas al cultivo.
- *en suelos de textura arenosa*, que predominan en los climas secos del trópico la yuca puede ser plantada en tierras llanas, exceptuando lotes que se encharcan por mal drenaje, en los que se deben realizar caballones.
- *en los terrenos en declive* no es recomendable plantar yuca cuando las pendientes superan el 15 por ciento; en caso de hacerlo deben hacerse surcos en contorno para prevenir la erosión y aplicar otras prácticas de manejo del suelo (Cadavid, 2005).

Selección y manejo del material de siembra

Entre los factores más importantes de la producción de yuca responsables del buen establecimiento, de su sanidad y de su nutrición inicial se encuentran la variedad y la calidad del material de siembra. En la selección del material de siembra se deben tener en cuenta el potencial de rendimiento, la estabilidad, el tipo de planta, el número de ramificaciones, la resistencia a plagas y enfermedades y la calidad fisiológica. La calidad de la semilla de yuca depende de la madurez y el grosor del tallo, del número de nudos, del tamaño del cangre o estaca, la variedad, los daños mecánicos que presente a causa de su manipulación y su sanidad, o sea libre de patógenos.

Las partes más apropiadas para seleccionar las ramas de las cuales se obtendrán las estacas, son la basal y la media ya que en ellas hay mayor acumulación de sustancias de reserva y presentan una mejor madurez fisiológica. Para seleccionar la semilla, se acostumbra realizar una prueba de viabilidad que consiste en efectuar un corte superficial en la corteza del tallo y comprobar si de este fluye inmediatamente látex; en caso positivo significa que la rama tiene humedad

y capacidad de brotación, de lo contrario, si el látex no sale o demora en salir el material debe ser descartado porque no es viable. Finalmente, a las ramas seleccionadas se les elimina la punta de la base, el tercio superior y las partes secas con un corte con machetes afilados y limpios. Las estacas se cortan y luego se realizan atados compactos de aproximadamente 25 unidades para facilitar su transporte y conservar la integridad de las ramas.

Las varas se deben conservar en un lugar fresco, evitando la exposición directa a los rayos solares. Es preferible almacenar las ramas en posición vertical ya que ocurre una menor pérdida del material de siembra (Lámina 3). Se pueden conservar de esta manera hasta por cuatro meses pero el período óptimo es un mes. Como medida preventiva las ramas se deben tratar con una mezcla de insecticida-fungicida, sumergirlas por un tiempo de 5-10 minutos, para protegerlas contra enfermedades, organismos patógenos, insectos y ácaros; una de las formulaciones utilizadas es a base de compuestos con principios activos como benomil 3g/L de agua, captan 2-3 g/L de agua, dimetoato 3 mL/L de agua y dos por ciento de sulfato de zinc (López, 2002).

Debido a que la tasa de multiplicación es baja la planta de yuca no permite suministrar en corto tiempo abundante cantidad de estacas; un método para garantizar el uso de semilla sana es utilizar plantas obtenidas por propagación rápida, la cual se puede realizar mediante dos sistemas:

- el *método de inducción de retoños*, que consiste en la inducción de brotes y su posterior enraizamiento, a partir de estacas de dos nudos; en promedio cada estaca de dos yemas llega a producir alrededor de ocho retoños en un año, cortando cada 20 días, por lo cual de una planta adulta de ramificación tardía se pueden obtener en un año hasta 800 retoños (Lámina 4).
- el *método de multiplicación por esquejes de una hoja y una yema*, consiste en inducir el enraizamiento de una yema con su correspondiente hoja; aunque requiere más equipo que el sistema de retoños su potencial de propagación es mucho mayor, ya que en un año y medio es posible producir alrededor de 60 000 estacas a partir de una sola planta madre (López, 2002).

Siembra

La siembra de yuca puede ser realizada de forma manual o mecanizada. Las variables más importantes a tener en cuenta en la siembra son:

- *la profundidad de siembra* que debe ser entre 5-8 cm
- *la longitud de la estaca*: comúnmente se utilizan estacas entre 15-30 cm, con promedio de 20 cm y de 5-6 nudos por estaca



Lámina 3
Tratamiento de semilla (a) y almacenamiento de tallos (b)



CLAYUCA

Lámina 4
Brotes de retoños en agua para enraizar

- *la posición de la estaca:* se pueden plantar en posición vertical, horizontal o inclinada; estudios realizados por Cock y Howeler (1978) demostraron que la posición en que se planta la estaca no tiene un efecto significativo en el rendimiento; la posición vertical es la más utilizada y se recomienda porque favorece el crecimiento inicial y reduce el vuelco de las plantas; sin embargo, cuando la operación es mecanizada se recomienda plantarlas en posición horizontal ya que las raíces se separan y facilita la cosecha
- *la distancia entre plantas y caballones:* depende de la fertilidad del suelo, de la época de plantación, de la variedad, de la topografía, del clima; las distancias más comunes son 80 x 80 cm y 100 x 100 cm, que corresponden a densidades de siembra de 15 625 y 10 000 plantas por hectárea, respectivamente.

En la siembra manual, las estacas se colocan sobre el caballón o en plano y se entierran de 5-10 cm de los 20 cm que tiene la estaca. Se planta en el sentido del crecimiento de las yemas, procurando que un buen número de ellas quede bajo el suelo. En la siembra mecanizada se utilizan máquinas sembradoras de dos líneas que colocan el cangre a una profundidad estandarizada de 5-8 cm en posición horizontal. Las máquinas sembradoras disponen de mecanismos para ajustar la distancia entre plantas y caballones y se pueden utilizar en plano o en caballones (Lámina 5).

Con la siembra manual usualmente se requieren entre 6-8 jornales hectárea/día, mientras que con las máquinas sembradoras se requieren dos operarios alimentadores y el tractorista, y se siembran entre 5-7 hectáreas/día (Cadavid, 2005).

Control de malezas

Después de la siembra es necesario realizar el control de malezas para evitar el crecimiento de las gramíneas y de las malezas de hoja ancha ya que la competencia de las malezas por luz, agua y nutrimentos durante los primeros 60 días en los cultivos de yuca, causa una reducción en los rendimientos de aproximadamente el 50 por ciento. El control de malezas puede realizarse de forma manual, mecánica o química.

El *control manual* se utiliza en plantaciones pequeñas y consiste en deshierbes con implementos manuales (Lámina 6). Se emplean entre 10-15 jornales por hectárea/día dependiendo del estado de las malezas; es necesario realizar varios deshierbes hasta cuando el cultivo cierre completamente e impida el desarrollo de las malezas por la



PMT-CIAT

Lámina 5
Siembra manual (a) y siembra mecanizada (b)



reducción en la entrada de luz. Este método es utilizado en plantaciones pequeñas cuando existe mano de obra disponible y a bajo costo (Calle, 2002).

El *control mecánico* consiste en la utilización de herramientas como cultivadoras rotativas o ganchos tiradas por animales o tractores que pasan entre las hileras y los caballones; este tratamiento se inicia cuando el cultivo tiene entre 15-30 días y hasta que el cultivo lo permita.

El *control químico* se realiza mediante el uso de herbicidas preemergentes que evitan el crecimiento de malezas por un período de 45-50 días. Si es necesario se puede aplicar un herbicida posemergente para eliminar las malezas que escapan a la acción del preemergente; esta práctica puede acompañarse por medio de deshierbes manuales. Sin embargo, para la correcta elección del herbicida es necesario reconocer las malezas predominantes antes de la preparación del suelo y saber cuales malezas son controladas por los herbicidas disponibles. La aplicación de herbicidas puede hacerse con el uso de bombas de espalda (20 L) donde son necesarios dos jornales por hectárea/día o con bombas acopladas a tractores (600-1 000 L); además la aplicación debe realizarse con el suelo a capacidad de campo, es decir que tenga la humedad adecuada para que el herbicida penetre en el suelo y forme un sello sobre este (Lámina 7). La yuca es uno de los cultivos en los cuales es más necesaria la integración de los métodos de control de las malezas, dado que su lento crecimiento inicial permite el desarrollo vigoroso de estas.



PMK-CIAT



Lámina 6
Control de malezas con machete (a) y palín (b)

Fertilización

La fertilización se realiza para recuperar, sostener y aumentar la productividad de los suelos y para aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo. La fertilización puede ser química u orgánica. Para realizar una adecuada fertilización es necesario realizar un diagnóstico del suelo; este incluye como principales análisis el análisis químico y el análisis físico, de tejido vegetal, del nivel crítico de nutrientes en el suelo, el conocimiento de desórdenes nutricionales y la respuesta del cultivo a la fertilización. En general, se requieren entre 4-5 jornales por ha/día para realizar esta labor.

La cantidad y el tipo de fertilizante a utilizar dependen del balance de los nutrientes disponibles que indique el análisis de suelo, los requerimientos del cultivo y de la eficiencia del fertilizante.

- Los *fertilizantes químicos*, en general se aplican un mes después de la siembra, y luego se repite la aplicación a los 60 días después de la siembra; en suelos arenosos y si se utilizan fertilizantes de alta solubilidad, el suelo debe tener buena disponibilidad de agua en el momento de la aplicación.



PMY-CIAT

Lámina 7

Aplicación de herbicida con bomba de espalda (a) y bomba acoplada a tractor (b)



- En el caso de los *fertilizantes orgánicos* como estiércoles, abonos verdes, coberturas superficiales, residuos de cosecha y en el caso de fertilizantes *de lenta solubilidad* en agua como rocas fosfóricas, escorias Thomas o cales se deben aplicar al voleo 20-30 días antes de la siembra e incorporar en la última labor de preparación del suelo. En el caso del encalado, usado para contrarrestar el efecto negativo del aluminio y como fuente de calcio no debe exceder 2 t/ha ya que produce efectos de inhibición sobre otros nutrientes del suelo como el potasio y el zinc (Cadavid, 2005).

Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas (MIP) en la yuca está relacionado fundamentalmente con el empleo de prácticas agronómicas, el control biológico, la resistencia de la planta hospedante y el uso de plaguicidas. Un programa exitoso de manejo integrado de plagas debe evitar el deterioro ambiental, la posible contaminación de los alimentos en el futuro y estar disponible a un bajo costo para los agricultores de países en desarrollo (Bellotti *et al.*, 2002).

Entre las principales plagas de la yuca se encuentran el gusano cachón (*Erynnis ello*), el ácaro verde-manchado (*Tetranychus urticae*), el ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*), el ácaro rojo (*Tetranychus cinnabarinus*), el ácaro plano (*Olygonichus peruvianus*), la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*), los piojos harinosos (*Phenacoccus herreni*, *P. grenadensis* y *P. manihoti*), los trips (*Frankliniella williamsi* y *Scirtothrips manihoti*), la chinche subterránea de la viruela (*Cyrtomenus bergi*), la chinche de encaje (*Vatiga manihotae* y *V. illudens*), barrenadores del tallo (*Chilomina clarkei*, *Lagochirus araneiformis* y *Coelosternus* spp.) y chisas (*Phyllophaga* spp. y *Leucopholis rorida*).

El hecho de mantener los insectos perjudiciales a niveles de baja importancia económica, significa que no siempre la presencia y el daño de un insecto incidirán en la reducción de la producción del cultivo; la planta de yuca tiene la capacidad para soportar cierto daño causado por los insectos y tiene habilidad para recuperarse. No se debe recurrir a la aplicación de insumos de control, sobre todo pesticidas, a menos que se haya hecho una estimación de la pérdida del rendimiento. Por ser la yuca un cultivo de ciclo largo, el uso continuo de pesticidas es costoso y antieconómico en relación con su rentabilidad; por ello, este cultivo es ideal para programas de control biológico especialmente en áreas donde se cultiva sin interrupción y en grandes extensiones.

Las *prácticas agronómicas* más usadas por los pequeños agricultores incluyen:

➤ *los cultivos intercalados o cultivos mixtos* que reducen la población de las plagas como la mosca blanca, el gusano cachón y la chinche subterránea de la viruela; además de reducir el daño que causan las plagas, evitan brotes de plagas en extensiones grandes de cultivo. Los agricultores podrían ser renuentes a utilizar cultivos intercalados si las especies usadas no son comercialmente aceptadas o si el rendimiento del cultivo de la yuca se reduce considerablemente. En las grandes plantaciones, donde la mecanización hace parte de las prácticas de producción, el cultivo intercalado podría no ser aceptado.

➤ *otras prácticas culturales* que pueden reducir la población de plagas son la mezcla de variedades, la destrucción de residuos de cosecha, la rotación de cultivos, la época de siembra y el uso de material de alta calidad.

➤ *el control biológico* permite el control de las plagas mediante la utilización deliberada y sistemática de sus enemigos naturales. La acción de parásitos, predadores y patógenos mantiene la densidad de población de otros organismos en un nivel más bajo que el que podrían tener en ausencia de ellos. Sus ventajas radican en que es relativamente permanente, es económico, mantiene en buen nivel la calidad del ambiente y permite consumir alimentos no contaminados por plaguicidas.

El Banco de Germoplasma del CIAT posee más de 6 000 variedades de yuca que tienen un grupo de genes de resistencia a plagas; un gran número de ellas son variedades silvestres. Por otro lado, las nuevas herramientas biotecnológicas disponibles permiten un eficiente y fácil acceso a genes resistentes y una más rápida manipulación de los niveles moleculares. El mapa genético molecular de la yuca podría ser una herramienta muy útil para desarrollar plantas transgénicas de yuca con resistencia a las plagas. Estos materiales están siendo continuamente plantados en campo y se hallan disponibles para hacer evaluaciones sistemáticas de resistencia a plagas.

En los agroecosistemas tradicionales de yuca el uso de plaguicidas es muy limitado, debido a su alto costo y al largo ciclo del cultivo que puede hacer necesarias varias aplicaciones; sin embargo, los pequeños agricultores usan fungicidas e insecticidas de bajo costo y también se ha incrementado su uso en grandes plantaciones (Lámina 8). Actualmente hay buenas posibilidades de reemplazar los plaguicidas químicos por bioplaguicidas para el control de plagas en yuca; un ejemplo de ello es el baculovirus contra el gusano cachón (Bellotti, 2000).

Manejo de enfermedades

La yuca es afectada por varias enfermedades fungosas y bacterianas que causan manchas foliares, necrosis del tallo o pudriciones radicales con consecuentes pérdidas en el rendimiento del cultivo.

Las enfermedades más frecuentes en la yuca son el superalargamiento (*Sphaceloma manihoticola*), la mancha parda de la hoja (*Cercosporidium henningsii*), la mancha blanca de la hoja (*Phaeoramularia manihotis*), la mancha de anillos circulares de la hoja (*Phoma* sp.), la mancha angular de la hoja (*Xanthomonas campestris* pv. *cassavae*), la antracnosis de la yuca (*Glomerella manihotis*), la ceniza de la yuca (*Oidium manihotis*),



CLAYUCA

Lámina 8
Aplicación de plaguicida

la roya de la yuca (*Uromyces* spp.), el añublo pardo fungoso (*Cercospora vicosae*), el añublo bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), el necrosamiento del tallo (*Glomerella cingulata*), la pudrición seca del tallo y la raíz (*Diplodia manihotis*), la pudrición bacteriana del tallo (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*), la pudrición radical (*Phytophthora* sp., *Rosellinia* spp. y *Pythium* spp.), el mosaico común de la yuca (*Potexvirus*) y el cuero de sapo (fitoplasma, virus).

Dentro de los métodos de prevención y control utilizados en estas enfermedades se recomienda, de forma preventiva, usar material de siembra sano y resistente obtenido de plantaciones sanas provenientes de cultivos de meristemas y por enraizamiento de cogollos o de brotes, rotación del cultivo con gramíneas como maíz o sorgo, sembrar en suelos sueltos, controlar las malezas, fertilizar adecuadamente; mejorar el drenaje del suelo y sembrar al final de períodos lluviosos. Como medidas de control se recomienda reducir el exceso de humedad en la plantación, el uso de fungicidas específicos para una enfermedad, erradicación de plantas enfermas, evitar el movimiento de personas, máquinas y animales de lotes afectados a lotes sanos y eliminación del material afectado después de la cosecha, esto es, quemar ramas y tallos y residuos de cosecha (Álvarez y Llano, 2002).

Cosecha

La labor de cosecha constituye la etapa final del cultivo cuya época es definida por el agricultor en función de su productividad, del contenido de materia seca y de la calidad culinaria de las raíces, del clima y del estado de madurez del cultivo. Esta operación es quizás la que más influye en la estructura de los costos de producción de yuca en razón de la demanda de mano de obra: la cosecha manual requiere alrededor de 25-30 jornales/hectárea para una cosecha de 25-30 t/ha en una jornada de trabajo de ocho horas. Esta labor de cosecha no incluye la selección y recolección del material de las raíces para plantación ni su empaque (Ospina *et al.*, 2002).

La cosecha puede ser realizada de forma manual o mecanizada, dependiendo del tamaño de la plantación. En general, la cosecha de la yuca es más simple si se ha plantado el cultivo en caballones y más difícil si está en plano. Así mismo, la extracción de las raíces es más fácil en un suelo arenoso y suelto que en un suelo arcilloso o pesado. Esta conformación del cultivo se debe planear antes de la siembra, sea esta manual o mecanizada, para de esta manera facilitar la cosecha.

Cosecha manual

La primera etapa en la cosecha manual comprende el corte y la selección del follaje y de la semilla. Se deja sólo una parte del tallo de 20-40 cm de longitud adherida a las raíces para extraerlas más fácilmente del suelo. La segunda etapa comprende la extracción de las raíces y va acompañada de la recolección, la limpieza y el empaque de las mismas. Estas tres últimas labores son comunes a las dos formas de cosecha, tanto manual como mecanizada.

En la cosecha manual se consideran cuatro modalidades:

- *con la mano*: en los suelos livianos o arenosos las raíces se pueden arrancar fácilmente con la mano (Lámina 9 a).
- *con palanca*: en los suelos cuya textura va de franca a arcillosa y que presenten problemas de compactación, se amarra el tallo con cadenas o cuerdas a un palo suficientemente largo, recto y firme para que sirva de palanca contra el suelo.
- *con arrancador*: en esta técnica se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche a modo de tenaza que va unido aproximadamente a 30 cm del extremo de un palo que se apoya en el suelo; el tallo se engancha por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba. Este método se utiliza comúnmente en Tailandia (Lámina 9 b).
- *con cincha*: en los suelos de textura mediana, se usa una especie de correa que el agricultor se ata, dándole vuelta a su espalda, pasándolo sobre su hombro y

Lámina 9

Cosecha de yuca con la mano (a) y con arrancador (b)



CLAYUCA

amarrándolo luego al tallo. Las manos sirven de agarre y dan vibración al tallo y el cuerpo sirve de palanca.

Cosecha mecanizada

La cosecha de la yuca es una de las labores más difíciles de mecanizar, dadas las restricciones que provienen de la forma y distribución de las raíces en el suelo, la profundidad en que se encuentran, la presencia de los residuos de la recolección del follaje y de la semilla. La cosecha mecanizada de la yuca ofrece ventajas competitivas ya que esta implica una reducción en la mano de obra requerida, en los costos de producción, en el tiempo de recolección por unidad de área y en el costo final del producto. En consecuencia, se puede aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial en maquinaria agrícola. Según estimaciones realizadas por CLAYUCA en Colombia, la reducción de jornales para la cosecha de una hectárea pasa de 25 en cosecha manual a 15 en cosecha mecanizada.

Las máquinas cosechadoras de yuca, que se ofrecen comercialmente, requieren la acción humana en el momento de extraer las raíces (Lámina 10). La función de estos implementos consiste en romper el suelo y aflojar las raíces. Trabajan a profundidades promedio de 40-50 cm y son muy exigentes en potencia.

Existen dos clases de cosechadores: de tipo rígido y de tipo flexible (Lámina 11). El cosechador rígido consta de una cuchilla en forma de V y su desventaja es que causa compactación en el suelo. El cosechador flexible consta de un implemento en forma de tenedor, que actúa como un subsolador -equipo utilizado para romper capas compactadas de suelo y labranza vertical; tiene un mejor desempeño en cuanto a la forma de romper el suelo ya que luego de la labor este queda más



PMY-CLAT

Lámina 10

Cosecha mecanizada de yuca usando cosechador flexible



CLAYUCA

Lámina 11

Cosechador rígido (a) y cosechador flexible (b)



suelto; se recomienda el uso de este implemento. Los dos tipos de cosechadores tienen la misma eficiencia de trabajo.

Cuando se planea utilizar un cosechador deben tenerse en cuenta algunos factores como:

- la *humedad del suelo*: es más fácil cosechar cuando el suelo está seco que cuando está húmedo
- la *densidad de siembra*: estos implementos pueden aflojar el suelo de dos surcos simultáneamente
- el *espaciamiento entre surcos*: es recomendable que no sea menor de 90 cm para evitar pérdidas por raíces enterradas o cortadas y que no sea mayor de 120 cm ya que esta es la longitud de las alas de la cuchilla del cosechador y si la distancia fuera mayor las raíces no se aflojarían de manera satisfactoria, y finalmente
- la *velocidad de operación del tractor*: debe ser constante durante toda la operación de cosecha ya que un cambio puede variar la profundidad de trabajo del cosechador lo que aumenta la pérdida por raíces cortadas o enterradas.

Capítulo 2

Mercado y comercialización de la yuca

El cultivo de la yuca tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz y es un componente básico en la dieta de más de 1 000 millones de personas. Entre sus principales características se destacan su gran potencial para la producción de almidón, su tolerancia a la sequía y a los suelos degradados y su gran flexibilidad en la plantación y la cosecha adaptándose a diferentes condiciones de crecimiento. Tanto sus raíces como sus hojas son adecuadas para el consumo humano; las primeras son fuente de hidratos de carbono y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas, particularmente carotenos y vitamina C.

A causa de la estacionalidad de las lluvias, gran parte de la producción de yuca se concentra en ciertas épocas del año. Esta situación ocasiona a la agroindustria de la yuca una escasez de materia prima durante algunos meses del año y abundancia en otros, pérdidas de las raíces frescas que se almacenan durante largo tiempo en épocas de oferta excesiva y oscilaciones en los precios de la materia prima y del almidón. A lo anterior, se une el hecho de que en ciertas épocas del año la escasez de yuca impide cubrir la demanda para su transformación poscosecha.

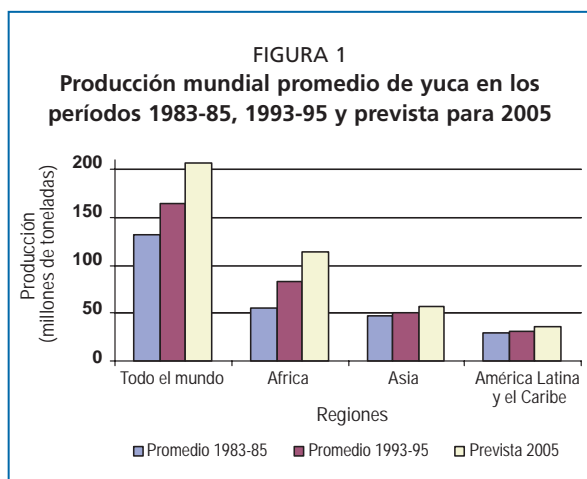
Los obstáculos que han impedido la consolidación del cultivo de la yuca en muchos países son los altos costos de producción, la baja productividad y las técnicas inadecuadas de transformación. La yuca, en la mayoría de los países en que se cultiva, no se ha visto beneficiada por inversiones a nivel de tecnologías de siembra, cosecha y poscosecha, ni de investigación sobre productos de alto valor agregado. La industrialización de la yuca mejoraría la rentabilidad de la cadena agroindustrial y podría abastecer un mercado insatisfecho y reducir la dependencia de las importaciones de los países productores de yuca. La promoción de nuevas plantaciones tendría justificación en el momento en que se hayan desarrollado los mercados para los productos de yuca o asegurado su empleo y aprovechamiento de forma planificada.

Si se considerara el cultivo de la yuca como un producto estratégico y base para el desarrollo de numerosas industrias y se le diera el tratamiento correspondiente en cuanto a inversiones, esta raíz seguramente podría favorecer el desarrollo del sector agroalimentario e industrial de los países en desarrollo contribuyendo a la generación de riqueza y de empleo rural y urbano. Sin embargo, para hacer viable su consolidación se deben desarrollar sistemas de producción rentables y sostenibles por lo cual, es cada vez más urgente la adaptación, desagregación o generación de tecnologías que, una vez incorporadas, fortalezcan la cadena productiva y sus derivados industriales.

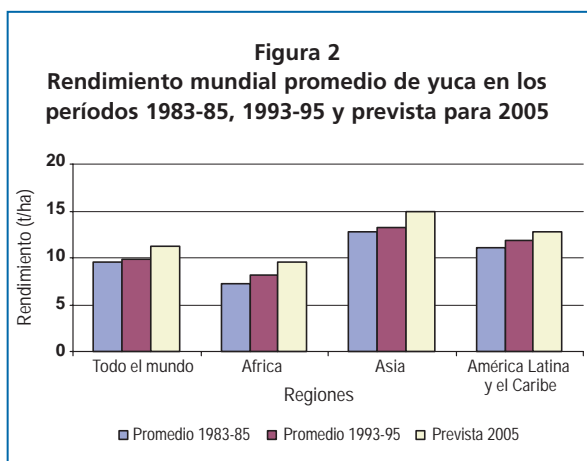
El principal competidor de la yuca es el maíz que tiene consolidada una posición de liderazgo en los mercados agrícolas e industriales especialmente porque los Estados Unidos de América, primer productor a nivel mundial, poseen un grado avanzado de tecnificación, estandarización de procesos, altos rendimientos del cultivo con uso de ingeniería genética que permiten grandes volúmenes de abastecimiento con calidad estándar y estabilización de precios. Grandes cantidades de maíz con destino al mercado de concentrados para animales y la industria alimenticia son comercializados a nivel mundial.

En la mayor parte de las regiones productoras de yuca se ha explotado la posibilidad de utilizar este cultivo como insumo en los procesos manufactureros y solamente países como Brasil, Indonesia y Tailandia han promovido el desarrollo de la industria de la yuca y sus derivados para satisfacer las necesidades internas y de exportación; cuentan con ventajas comparativas identificadas con grandes extensiones de tierra, mano de obra

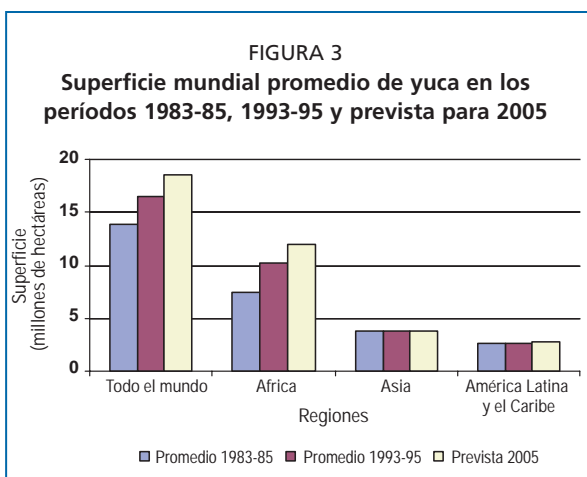
a bajo costo, reducción de costos de transporte y un manejo eficiente de la comercialización de sus productos con precios competitivos.



Fuente: Con datos de FIDA y FAO (2000).



Fuente: Con datos de FIDA y FAO (2000).

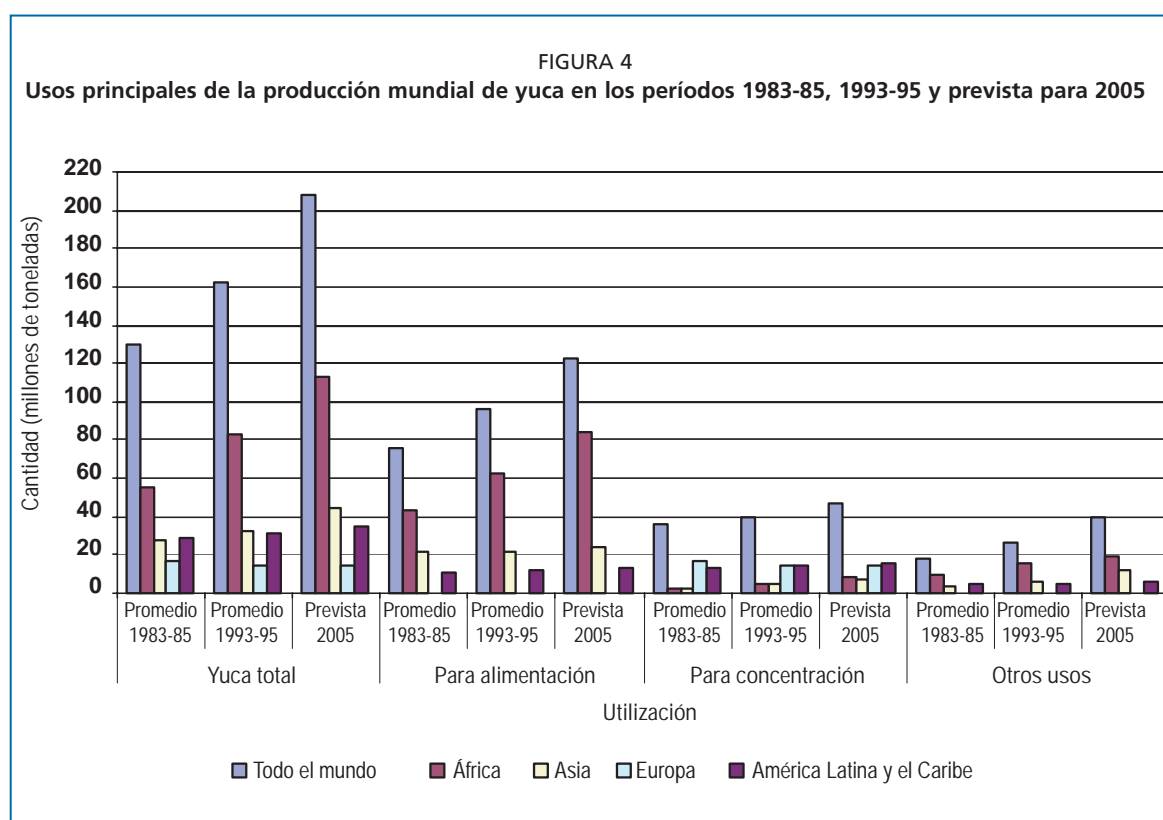


Fuente: Con datos de FIDA y FAO (2000).

PRODUCCIÓN, SUPERFICIE Y RENDIMIENTO MUNDIAL DE LA YUCA

A pesar de que la yuca es un cultivo originario de América Latina y el Caribe, esta región aporta solo el 18,3 por ciento de la producción mundial (FAO, 2006). Las proyecciones de la FAO para el 2005 indicaron que la producción de yuca aumentaría a casi 210 millones de toneladas y la tasa de crecimiento mundial sería de 2,2 por ciento. Este crecimiento no significa necesariamente un incremento en el comercio por lo que es necesario generar desde ya nuevos mercados con el desarrollo de productos innovadores y diferenciados, de mejor calidad y de mayor valor agregado ampliando así la oferta de productos derivados de la yuca. Las Figuras 1, 2 y 3 registran el promedio de la producción, el rendimiento y la superficie del cultivo de la yuca, entre los períodos de 1983-85, 1993-95 y la prevista para año 2005 (FIDA y FAO, 2000).

África, Asia y América comparten casi totalmente la producción mundial de yuca, con participaciones del 54,2 29,4 y 18,3 por ciento, respectivamente. La dinámica de la producción mundial de yuca para el período 1990–2002 señala un bajo crecimiento e incluso un descenso en algunas regiones. En efecto, la producción mundial creció un 1,16 por ciento, valor frente al cual África registra una tasa de crecimiento de 2,3 por ciento seguida por América con 0,18 por ciento. Asia y Oceanía por su parte se comportaron con tasas de crecimiento negativas. El mayor productor de yuca en el mundo, Nigeria, siguió la tendencia de crecimiento bajo, reflejado en un incremento de 0,5 por ciento durante los últimos cinco años. Ghana, por su parte, registra el mayor crecimiento del periodo: 5,6 por ciento. El 70 por ciento de la producción de yuca, tal como ocurre actualmente, seguirá concentrada en cinco países: Nigeria, Brasil, Tailandia, Indonesia y República Democrática del Congo.



Fuente: Con datos de FIDA y FAO (2000).

Según la proyección prevista para el 2005 la utilización de la yuca estará distribuida en alimentación 59 por ciento, piensos (concentrados) 22 por ciento, usos industriales 6 por ciento y pérdidas poscosecha 13 por ciento (Figura 4). Aunque probablemente la yuca en trozos y en gránulos para piensos continuará siendo el principal producto de la yuca objeto de comercio, el comercio mundial de almidón industrial y sus derivados se encuentra en fase de expansión. Del 59 por ciento de la producción de yuca destinada a la alimentación, los productos con alto valor agregado serán el principal factor de crecimiento del sector en detrimento de las raíces frescas, dado el gran volumen y carácter perecedero de estas últimas. Sin duda alguna es un mercado en el cual muchos países productores pueden incursionar y a la vez trabajar para reducir las pérdidas poscosecha con manejos adecuados para prolongar la conservación de la raíz.

Las cifras de producción, área sembrada y rendimiento de yuca estimadas para el año 2005 se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1
Cifras seleccionadas de producción, área y rendimiento estimadas para el año 2005.

País/región	Producción (millones de tm)	Área (millones de ha)	Rendimiento (tm/ha)
GLOBAL	203,9	18,6	10,9
África	110,5	12,3	9,0
Nigeria	38,2	4,1	9,3
R. D. del Congo	14,9	1,8	8,1
Ghana	9,7	0,8	12,4
Angola	8,6	0,7	11,5
R.U. de Tanzania	7,0	0,7	10,4
Mozambique	6,1	1,1	5,8
Uganda	5,5	0,4	13,5
Asia	55,9	3,4	16,4
Indonesia	10,5	1,2	15,9
Tailandia	16,9	1,0	17,2
India	6,7	0,2	27,9
Viet Nam	5,7	0,4	14,6
América Latina y el Caribe	37,3	2,9	12,8
Brasil	26,6	1,9	13,8
Paraguay	4,9	0,3	15,8
Colombia	2,1	0,2	11,5
Oceania	0,2	0,02	10,8

Fuente: FAO (2006)

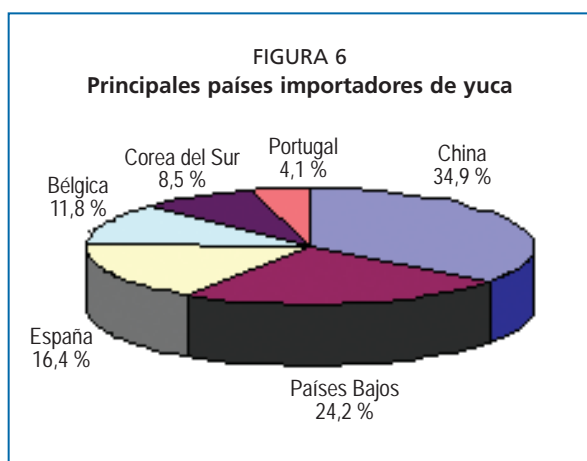
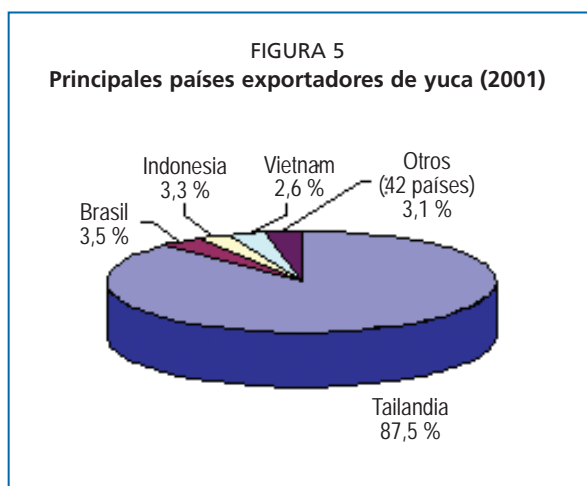
Comercio internacional

El continente asiático absorbe el 94 por ciento del total mundial de las exportaciones de yuca seca, seguida por Europa y América con una mínima proporción. Con excepción de Asia, que tuvo un comportamiento comercial negativo, todos los continentes han logrado un comportamiento positivo pero con una tasa de crecimiento mínima para el período 1990-2001 que no sobrepasa en ningún caso el uno por ciento. Tailandia, en particular, que es el principal exportador, creció durante los últimos cinco años a una tasa del 1,5 por ciento anual.

En el decenio de 1990 el comercio mundial de productos de yuca, excluido el comercio con los países de la Unión Europea, ha oscilado entre 10 y 19 millones de toneladas equivalente a raíces de yuca fresca. El comercio de la yuca es relativamente limitado debido al volumen y al carácter perecedero de las raíces, por ello se reduce prácticamente al intercambio entre países limítrofes. No obstante, Costa Rica es el líder de las exportaciones de raíces frescas de yuca a Estados Unidos de América y Europa, la que es consumida principalmente por grupos étnicos radicados en esos países.

Si bien la producción de yuca esta centrada en cinco países, el mayor exportador es Tailandia con 88,5 por ciento del total de las exportaciones (Figura 5). El resto procede de exportadores de Asia, África y América Latina y el Caribe, de países como Brasil (3,5 por ciento), Indonesia (3,3 por ciento) y otros pequeños exportadores como China, Ghana, Madagascar, Nigeria y Tanzania.

Europa es el principal importador de yuca seca a nivel mundial, seguido de cerca por Asia, con participaciones del 55 por ciento y 43 por ciento, respectivamente. Ningún continente registró valores positivos en la dinámica de sus importaciones en



los últimos diez años, lo cual contrasta con el comportamiento positivo de los principales países importadores que, exceptuando a Corea del Sur, han presentado valores positivos para el último quinquenio; China creció un 36 por ciento, los Países Bajos siete por ciento y España seis por ciento (Figura 6). Altas cuotas convenidas en la Política Agrícola Común para los precios domésticos de granos, están siendo usadas para proteger la industria de los países de la EU, lo cual evidentemente afecta de manera negativa las exportaciones de regiones como Asia y África. Las importaciones de yuca tailandesa en gránulos por parte de la EU están disminuyendo desde finales de la década de 1980. Igualmente, el descenso en las importaciones ha correspondido con una baja en los precios de los cereales que han sustituido en gran parte a la yuca seca en trozos y en gránulos como insumo para la alimentación animal.

Los países que presentan el desempeño más interesante como mercados objetivo de yuca, debido a que combinan en mejor medida el comportamiento de sus importaciones (crecimiento y volumen) y su consumo interno (total y *per capita*) son, en orden de importancia, Países Bajos, China, España, Corea del Sur, Portugal, Singapur, Reino Unido, Francia, Estados Unidos de América,

Japón y Corea del Norte. China se considera como un mercado altamente atractivo dentro del contexto mundial por tener una tasa media de crecimiento anual y un volumen de importación superiores al promedio; es decir, nueve por ciento y 68 400 toneladas respectivamente (CCI, 2003).

La yuca continúa su transición hacia un mercado orientado a productos y materias primas para la industria de procesamiento. Mientras más del 60-70 por ciento de los suministros de la yuca todavía se destina para comidas tradicionales la capacidad de la industria de almidón de yuca está aumentando significativamente, sobre todo en el suroeste de Brasil, seguido por Colombia, Venezuela y recientemente Paraguay. Dentro de la industria se ha puesto en evidencia una tendencia hacia la utilización de almidón modificado e hidrolizado, en preferencia a la utilización de almidón nativo. Durante la última década, la utilización de la yuca para la alimentación de animales ha aumentado su importancia relativa sobre todo en Colombia y también, en menor grado, en Brasil, Ecuador, Bolivia y Perú. Más reciente es la captación de yuca para bocadillos y la industria de productos típicos, sobre todo en Brasil y Colombia.

CONSUMO MUNDIAL

El consumo mundial *per capita* de yuca en 2001 fue 29 kg/año y la tasa de crecimiento en el período 1997-2001 fue de 1,7 por ciento. Al igual que todas las raíces y tubérculos la yuca es considerada como un bien inferior; es decir, su nivel de consumo disminuye al aumentar el ingreso del consumidor. Las características nutricionales de la raíz y sus precios relativos, así como las condiciones agroecológicas, climáticas y tecnológicas requeridas para su cultivo hacen de la yuca un producto popular entre pequeños agricultores de bajos ingresos en América Latina, el sudeste de Asia y África.

La yuca es una de las fuentes más ricas de almidón del cual sus raíces contienen más de 30 por ciento. A nivel mundial la utilización del almidón se destina a fines industriales como papel, cartón, dextrinas, colas, textiles, resinas, maderas compuestas, productos farmacéuticos, edulcorantes, alcohol, entre otros. Estos productos, aunque representan un bajo porcentaje del uso de la producción mundial de yuca, son los que tienen mayor valor agregado en el mercado. La harina, almidón y otros productos para alimentación humana de gran valor agregado como trozos deshidratados, copos, productos para refrigerios, mezclas para tortas, panadería, tallarines, helados son los que se intensificarán según el análisis de las nuevas tendencias (FIDA y FAO, 2000).

La incorporación de nuevas tecnologías en el sector de transformación primario -sistema de biomasa integrada- y secundario -modificación de almidones- implica el aprovechamiento integral de la planta de yuca con técnicas de cultivo ambientalmente sostenibles y permite una utilización de materiales de la planta considerados como residuos con productos que le agregan valor a la cadena productiva. Las tecnologías de modificación surgen como la alternativa más rentable para el desarrollo del cultivo de la yuca. Estas incorporaciones constituyen el motor de un desarrollo tecnológico sostenible para el cual es indispensable trabajar en la identificación de nichos de mercado para productos procesados y en los factores que harían viable el desarrollo de la agroindustria de la yuca: la producción de material vegetal para la reproducción de nuevas variedades, la transferencia de tecnología, los estudios de factibilidad de proyectos agroindustriales, la identificación de mercados internos y externos y la aplicación de tecnologías de procesamiento, entre otros, ya que la economía se ha transformado y la globalización exige esquemas más competitivos.

