

CIAT-CO1
000170

Prácticas Agronómicas para la Producción de Yuca:

(Una Revisión de la Literatura)



CIAT

COLECCION HISTORICA

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, ambas en Cauca. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas, en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus estaciones experimentales en Colombia, así como con instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT. Durante 1981 tales donantes son: la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional de Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), y las agencias de cooperación internacional de los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Holanda, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania y Suiza. Además, varios proyectos especiales son financiados por algunas de tales entidades y por la Fundación Kellogg y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

FOTO PORTADA

Esta escena en Papua Nueva Guinea (Oceania) podría ser de cualquier lugar del mundo, puesto que gran parte de la yuca es sembrada por pequeños agricultores en el patio de la casa como cultivo de subsistencia.

SB
211
.e3
T61
e1



Serie CIAT No. 09SC-5
Julio 1981

Prácticas Agronómicas para la Producción de Yuca: (Una Revisión de la Literatura)

J. C. Toro
C. B. Atlee



4896

52340

Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIAT, Apartado 6713
Cali, Colombia

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado 6713
Cali, Colombia

Serie CIAT No. 09SC-5

Cita correcta:

TORO, J.C. y ATLEE, C.B. Prácticas agronómicas para la producción de yuca: una revisión de la literatura. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 44p.
Esp., 149 Rels., Ilus.

Yuca/ Propagación/ Materiales de propagación/ Estacas/ Almacenamiento/ Preparación del terreno/
Siembra/ Registro del tiempo/ Espaciamento/ Mecanización/ Control de malezas/ Herbicidas/ Riego/
Poda/ Cosecha/ Cultivos de rotación /

Disponible en inglés.

CONTENIDO

INTRODUCCION	5
MATERIAL DE PROPAGACION	6
Tamaño de la estaca	7
Número de nudos/edad del tallo	8
Almacenamiento	8
LA SIEMBRA	11
Preparación del terreno	11
Camellones vs. camas vs. surcos	13
Epoca	14
Posición de la estaca	15
Profundidad	19
Densidad	21
Mecanización	23
Resiembra	24
EL CONTROL DE MALEZAS	25
EL RIEGO	28
LA PODA	29
LA COSECHA	30
LA ROTACION DE CULTIVOS	31
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS CITADAS	35

PRACTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCION DE YUCA:

UNA REVISION DE LA LITERATURA

Julio César Toro
Charles B. Atlee*

INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), una euforbiácea nativa de América tropical, es tolerante a la sequía, se desarrolla bastante bien en suelos pobres con un pH bajo y es relativamente resistente a las enfermedades e insectos. El cultivo generalmente se propaga en forma vegetativa y como no tiene una época precisa de madurez, las raíces se pueden dejar en el terreno y cosechar prácticamente en cualquier época del año. La planta de yuca es una productora sumamente eficiente de hidratos de carbono. La producción diaria de calorías por hectárea es mucho más alta que la de cualquier cultivo básico. Además, su follaje puede producir hasta 5 t de proteína cruda/ha-año (98).

De acuerdo con proyecciones recientes de la FAO (62), la producción actual mundial de yuca es de aproximadamente 110 millones de t, el equivalente a casi 40 millones de t de grano, de las cuales aproximadamente el 60% se emplea para consumo humano, un alimento básico en las dietas de más de 500 millones de personas en los trópicos. El resto se utiliza como alimento para animales o para fines industriales (e.g., almidón, alcohol). Las raíces son altamente perecibles pero, si se las seca o procesa, se pueden almacenar como la mayoría de los cereales. Brasil, el mayor productor de yuca, está cultivando actualmente una cantidad considerable para la producción de alcohol que se utilizará como suplemento de la gasolina.

Hasta hace muy poco, los investigadores agrícolas no le habían puesto la debida atención a esta raíz, a pesar de ser el cultivo que ocupa el séptimo lugar en importancia en el mundo. La razón es probablemente que se trata de un cultivo de subsistencia (102) que, aunque se produce en más de 60 países tropicales, sólo reviste especial importancia en 6, que representan aproximadamente dos terceras partes de la producción mundial. Sin embargo, se ha efectuado un trabajo excelente durante los últimos 10 años como resultado del énfasis que se ha dado a la investigación de yuca en varios centros de investigación nacionales e internacionales.

Aunque su potencial de rendimiento parece ser mucho mayor que el de otros cultivos que se han investigado ampliamente (se han registrado rendimientos experimentales de más de 70 t/ha), el rendimiento promedio mundial es de sólo 9,4 t/ha. Cock (32) ha

* Agrónomo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia; y Profesor, Crop Science Dept., California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California, respectivamente.

sugerido que los rendimientos a nivel de finca son bajos debido a las prácticas agronómicas deficientes y a la falta de variedades adecuadas.

Esta revisión actualizada de la literatura cubre las prácticas agronómicas principales utilizadas actualmente para producir yuca en diversas regiones del mundo. Como gran parte de estos trabajos son repetitivos, no se ha tratado de incluir todas las referencias y se han seleccionado principalmente aquellas que se publicaron durante los últimos 20 años. Se han omitido los aspectos de fertilización y cultivo múltiple que ya se han tratado en otras publicaciones (Fig. 1).



Figura 1. Un 40 por ciento de la yuca en el mundo se siembra en asociación con uno o más cultivos. En esta fotografía tomada en Papua Nueva Guinea, se puede apreciar yuca en asociación con batata dulce (*Ipomea batata*), plátano (*Musa paradisiaca*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

MATERIAL DE PROPAGACION

El tamaño y la calidad de la semilla son de importancia fundamental para lograr rendimientos óptimos en cualquier sistema de producción. De acuerdo con Lozano et al. (87), la calidad de la "semilla" de yuca *per se* está determinada por la edad del tallo empleado como material de propagación, el número de nudos por estaca, el espesor y la longitud de la estaca, las diferencias varietales en los porcentajes de brotación y enraizamiento, la duración del almacenamiento y el grado de daño mecánico que sufre la estaca durante la preparación, transporte, almacenamiento y siembra.

Tamaño de la estaca

Cock et al. (33) mostraron que de una estaca muy pequeña con sólo una yema se puede obtener una planta de yuca, pero que las posibilidades de brotación bajo condiciones de campo son muy bajas, especialmente cuando la humedad del suelo es deficiente. Celis & Toro (15) indicaron que el desarrollo inicial se ve afectado cuando se siembra en suelos pobres porque las reservas nutricionales en una estaca pequeña no son suficientes para las primeras etapas de desarrollo. También afirman que entre más pequeña sea la porción de la estaca que queda por encima de la tierra mayor será la competencia de las malezas. Las ventajas de utilizar una estaca muy larga (i.e., 60 cm) reside en la mayor altura inicial de la planta y en que forma sombrío más rápidamente sobre la superficie del suelo aumentando, por consiguiente, la habilidad de la planta de yuca para competir con las malezas.

Los agricultores generalmente usan estacas de 15-25 cm de largo. Las recomendaciones de los diversos investigadores se encuentran dentro de estas dimensiones y se pueden aplicar, a menos de que un ensayo de campo efectuado bajo condiciones locales indique lo contrario. Debe mantenerse presente que las condiciones económicas (e.g., costos de producción), lo mismo que las consideraciones prácticas relacionadas con el manejo de los trozos de tallos, pueden afectar el tamaño del material de propagación empleado.

González Chacón (66) evaluó en Venezuela estacas de 10-40 cm de largo, sembradas inclinadas, vertical y horizontalmente, sin riego durante dos años. No se encontraron diferencias en la posición de siembra, pero las estacas de 40 cm dieron los mejores rendimientos. Jennings (76) también indicó que las estacas más largas (30-45 cm) dieron rendimientos más altos que las cortas.

En Misiones, Argentina, Rodríguez y Sánchez (120) encontraron que las estacas de 30 cm dieron mayores rendimientos que las de 10 en un período de 3 años. En La Molina, Perú, Rosas (122) observó que las estacas de 10 cm dieron rendimientos más altos que las de 20 y 30 cm.

Silva (132) observó que las estacas de 30 cm eran superiores a las de 10-25 cm en el Estado de Santa Catarina, Brasil. En Bahía, Conceição & Sampaio (37) obtuvieron rendimientos más altos con estacas de 20, 25 y 30 cm, sembradas horizontalmente a 10 cm de profundidad. Para el país en general, Normanha & Pereira (107) recomendaron el uso de estacas de 20-25 cm de largo sembradas de esta misma manera.

Jeyaseelan (77), trabajando en Sri Lanka con estacas basales y apicales de 15 y 30 cm de largo, obtuvo los mejores rendimientos con las estacas de 30 cm, provenientes de la parte basal, sembradas verticalmente. Chan (30) no encontró diferencias cuando utilizó estacas de 8, 15 y 23 cm de largo en Malasia.

El CIAT (23) obtuvo los mejores resultados con estacas de 40 cm de longitud en ensayos con estacas de 20-80 cm provenientes de variedades locales, efectuados en 3 localidades de Colombia sin riego. Sin embargo, en condiciones de riego en la estación experimental del CIAT en Palmira, las estacas de 20 cm de longitud dieron un rendimiento significativamente mejor que las de 40-60 cm (28).

Número de nudos/edad del tallo

Como se mencionó anteriormente, se pueden emplear estacas con un solo nudo pero los riesgos bajo condiciones de campo son grandes. En 2 experimentos efectuados en la zona de bosque de Ghana bajo condiciones adecuadas de precipitación (1080 mm) se evaluaron estacas con 2-8 nudos (70). El rendimiento aumentó con el número de nudos hasta 5; los incrementos subsiguientes en el número de nudos no afectaron los rendimientos. Las estacas más largas tenían más nudos enterrados que las cortas; presumiblemente esto daría más tallos y hojas que a su vez producirían rendimientos más altos. Donkor (35) también observó que cuando se enterraban más nudos, brotaban más raíces y tallos. Debe resaltarse que las estacas empleadas en estos experimentos provenían de tallos recién cortados. Si los tallos deben ser transportados a distancias largas o almacenados por períodos prolongados antes de la siembra, la resistencia y capacidad para sobrevivir en almacenamiento se convierten en factores importantes, en cuyo caso las estacas más maduras (de las partes basal y media del tallo) pueden dar un mayor porcentaje de brotación y probablemente mejores rendimientos. Durante ambos años del experimento, la precipitación fue adecuada y bien distribuida. Es probable que si escasean las lluvias durante un tiempo largo después de la siembra, los tipos de estacas utilizados también muestren diferencias. Las estacas de la parte apical seguramente sufrirán más en estas condiciones, pero en la zona de bosques donde la precipitación es abundante se puede utilizar confiadamente cualquier tipo de estaca.

Conceição & Sampaio (37) utilizaron estacas provenientes de plantas de 12 meses de edad en un área brasilera con precipitación adecuada (1196 mm). Jennings (76) recomendó el uso de estacas moderadamente gruesas tomadas de la parte basal de la planta, lo mismo que Jeyaseelan (77).

Almacenamiento

Para obtener producciones óptimas independientemente del tamaño de la empresa agrícola, las estacas de tallos frescos de plantas maduras son ideales. Esto no siempre es factible en razón del suministro insuficiente debido a tallos infestados o infectados, a los efectos del frío, a las sequías prolongadas o incluso al exceso de humedad. En muchas regiones del mundo, a menudo es necesario recurrir a métodos para preservar la viabilidad de los tallos por medio del almacenamiento. Las prácticas comunes pueden no solamente afectar la brotación y el enraizamiento sino también reducir el vigor de la planta, según el tipo de almacenamiento. El almacenamiento prolongado ocasiona pérdida de humedad y expone los tallos al ataque de plagas.

Stephens (137) afirmó que para cualquier método de almacenamiento era necesario mantener estos factores en mente: a) los tallos deben estar bien maduros cuando se los almacena; b) no se los debe almacenar húmedos ni permitir que se humedezcan; y c) se los debe cubrir ligeramente al comienzo para permitir que escape el exceso de humedad y luego deben quedar bien cubiertos para protegerlos del frío. Krochmal (81) afirmó que los tallos sin cortar se deberían almacenar en áreas sombreadas bien ventiladas.

En el sur de México, estos atados de tallos se mantienen invertidos bajo árboles de mango hasta 8 semanas. En la India, los tallos se conservan atados y apilados en posición

vertical en la sombra o en cobertizos bien ventilados hasta 6 semanas. Si el cultivo se cosecha en épocas de alta precipitación, el almacenamiento de los tallos se limita a 10 días.

Durante la estación fría (julio-agosto) en el sur de Brasil, las estacas en estado de latencia se pueden almacenar al aire libre, muchas veces horizontalmente hasta durante 8 semanas. En esta misma área, Mendes (93) recomendó apilar los tallos en un área bien ventilada bajo árboles o bajo un techo de paja para protegerlos de la luz solar directa y de la humedad. Mediante este método, las estacas se mantuvieron de 3-5 meses sin que se deterioraran. Para el Estado de Minas Gerais, Correa (43) recomienda colocar tallos largos en posición vertical, cubriendo su base (10 cm) con tierra y paja para evitar la desecación.

En Paraguay, Bertoni (6) registró que las estacas almacenadas en un lugar seco mantenían su viabilidad después de 5 meses. También afirmó que una muestra de estacas con síntomas de una enfermedad que ocasiona pudrición se empleó como material de propagación después de 6 meses de almacenamiento en un cobertizo de madera cerrado durante la estación seca.

En Argentina, Kiersnowski (79) almacenó tallos de 3 variedades en: 1) parva rústica - en posición vertical, expuestas al ambiente; 2) silo-parva - en posición horizontal en silo cavado en el suelo y evitando el contacto con el suelo mediante una capa de paja de maíz; 3) parva racional húmeda - en posición vertical sobre el suelo bajo cobertizo de paja; 4) parva racional seca - igual que el anterior pero sobre un entablado; 5) en seco - en posición horizontal en cobertizo y sobre piso de madera. Tanto los cobertizos de paja húmeda como los de paja seca dieron los mejores resultados. También encontró que la respuesta al almacenamiento dependía de la variedad, la humedad y el método de colocación de las estacas bajo la paja. En la provincia de Misiones, Sánchez & Rodríguez (123) estudiaron 3 métodos para preservar los tallos de yuca durante el invierno: vertical y horizontalmente bajo un cobertizo de paja, bajo los árboles y al aire libre. En todos los casos, las estacas se cubrieron con tierra y/o paja. La mejor forma de preservar los tallos fue el almacenamiento en un cobertizo de paja en posición horizontal y completamente cubiertos con tierra.

En la Costa Atlántica de Colombia se almacenaron estacas de 30 y 50 cm de longitud, cubiertas con hojas de banano durante 40 días con resultados óptimos (12). La viabilidad de las estacas de más de 30 cm mejoró cuando los extremos se sumergieron en cera.

El CIAT (19) mencionó que se han mantenido estacas largas (más de 1 m) por más de 3 meses con la porción central viable, mientras que las estacas cortas (menos de 25 cm) se deterioraron rápidamente. Las estacas con los extremos parafinados se compararon con estacas sin tratar para determinar la pérdida de humedad. La cera no redujo la pérdida de peso fresco; el contenido de humedad se redujo de 67-46% después del almacenamiento durante 50 días en condiciones ambientales. Por consiguiente, el uso de la parafina para prevenir la pérdida de humedad es ineficaz. La posición de almacenamiento no afectó el comportamiento del almacenamiento, aunque la protección de yemas fue menor cuando las estacas se almacenaron en posición invertida. Se desarrolló una mayor proporción de yemas nodales en los brotes de estacas almacenadas horizontalmente.

En otros experimentos efectuados en el CIAT (17), las estacas conservadas a 4°C durante 29 días no brotaron, en tanto que aquellas cuyos extremos estaban protegidos con un fungicida fueron viables durante 65 días. Cuando los extremos de las estacas se sumergieron en parafina líquida, su viabilidad aumentó a 85 días; en este caso, la cera se retiró en el momento de la siembra. En experimentos posteriores se observó que la viabilidad era mejor con estacas largas envueltas en costales y almacenadas en un cobertizo con techo de palma (21), que con estacas cortas sin protección. Después de dos semanas, los brotes aparecieron en el extremo apical de las estacas; estos brotes no solamente agotan las reservas del tallo sino que transpiran agua.

Lozano et al. (87) recomendaron mantener el área de almacenamiento bien sombreada pero dejando pasar algo de luz; la humedad relativa no debe ser excesiva (alrededor de 80%) y la temperatura moderada (20-23°C). Un tratamiento anterior a la siembra con fungicidas favorece la germinación aún más. Aunque se desconoce si hay o no resistencia varietal a los factores que afectan los tallos durante el almacenamiento, se encontraron diferencias varietales altamente significativas.

En experimentos con 2 variedades (una con buena y otra con deficiente capacidad de brotación), efectuados en el CIAT (27), se trataron estacas de 20 y 70 cm de longitud sumergiéndolas en 2000 ppm de i.a. de carbendazim (Bavistin) + captán (Orthocide) ó 4000 ppm de i.a. de clorotnil (Daconil) + maneb (Manzate). Después del almacenamiento en condiciones de campo pero con sombrero, se observaron diferencias varietales en la brotación. También se concluyó que el tratamiento de las estacas con fungicidas evitaba las pérdidas de brotación debidas al almacenamiento.

En uno de los ensayos para resolver algunos de los problemas de almacenamiento de tallos, el CIAT (29) encontró que el almacenamiento de las estacas en bolsas de polietileno o el tratamiento con alginato sódico (Agricol), una gelatina soluble en agua, evitaban la deshidratación. Una película seca de esta gelatina permite el intercambio de oxígeno pero evita la pérdida de agua.

Para evitar el daño ocasionado por enfermedades e insectos, las estacas se trataron antes del almacenamiento con soluciones de fungicidas e insecticidas. Noventa por ciento de las estacas de 20 cm de longitud enraizaron, y las yemas brotaron después de 12 semanas de almacenamiento cuando se las trató con captán/carbendazim y se mantuvieron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente. Después del tratamiento con 2000 ppm de i.a., tanto de captán como de carbendazim, aproximadamente el 95% de las estacas de 20 cm de largo provenientes de tallos largos (70 cm) enraizó y las yemas brotaron después del almacenamiento durante 10 semanas en un piso seco en condiciones ambientales (24°C, 80% de humedad relativa). De igual manera, 90% de las estacas de 20 cm de largo enraizó y las yemas brotaron después de 90 días de almacenamiento cuando se habían tratado por inmersión en una solución de captán/carbendazim (3000 ppm de i.a. cada una) más alginato sódico (10.000 ppm) y se habían mantenido en condiciones ambientales.

El tratamiento de las estacas inmediatamente después de la cosecha aumentó el rendimiento de raíces frescas por ha, independientemente del tiempo de almacenamiento.

LA SIEMBRA

Preparación del terreno

Como cualquier otro cultivo, la yuca requiere una buena preparación del suelo. Las prácticas varían considerablemente según el clima, el tipo de suelo, la vegetación, la topografía, el grado de mecanización y otras prácticas agronómicas (128).

Donde no es posible mecanizar y la yuca constituye el primer cultivo después de un aclareo del bosque, la única preparación necesaria es la tala de árboles pequeños, la remoción de arbustos y enredaderas y el corte de ramas de árboles grandes para que el suelo pueda recibir la luz solar. Los árboles y arbustos se apilan y se queman al final de la estación seca (146).

Cuando las primeras lluvias ablandan el terreno, la tierra se afloja con un azadón, un plantador u otro instrumento afilado dejando una ligera depresión, hueco o montículo de tierra suficientemente floja para sembrar la estaca. La capa de cenizas que queda después de la quema aumenta la cantidad de potasio disponible para el cultivo de yuca (68).

De acuerdo con Tan & Bertrand (139), la preparación de la tierra generalmente se comienza en la estación seca, excepto en las regiones con un clima muy húmedo. En estas últimas, la tierra se prepara al final de las "lluvias fuertes", y las estacas se siembran al comienzo de la estación seca cuando se pueden aprovechar las lluvias poco copiosas para el desarrollo inicial de las raíces. En áreas con menor precipitación pluvial, algunas veces es necesario arar antes del período seco para aprovechar algo de lluvia, ya que el terreno se endurece y se seca demasiado para la labranza. Cuando es posible emplear la mecanización, muchos cultivadores de yuca preparan el terreno con un arado sencillo y uno de discos, a fin de obtener un buen almácigo, ventilar el suelo y controlar las malezas. Una práctica común en Brasil es abrir surcos de 10-20 cm de profundidad para sembrar las estacas en posición horizontal. La arada y la primera pasada con el arado de discos se efectúan aproximadamente 30 días antes de la siembra (57); la segunda pasada se hace justo antes de la siembra para mejorar las condiciones del suelo y eliminar las plántulas de malezas. Para terrenos en declive, los surcos se deberían hacer en contorno para prevenir la erosión, la cual puede convertirse en un problema grave cuando se siembra en suelos arenosos especialmente durante los primeros meses de crecimiento del cultivo (119).

Santos (125) encontró que el método de preparación de la tierra influía significativamente en el porcentaje de brotación y en el rendimiento. El método corriente de rastrillar-arar-rastrillar y hacer surcos antes de la siembra dio el porcentaje más alto de brotación y producción (17,6 t/ha). El segundo lugar lo ocupó la rastrillada-arada-siembra (14,9 t/ha), seguido por la arada-siembra (12,5 t/ha) y, finalmente, la rastrillada y perforación de huecos (10,6 t/ha).

Por otra parte, Seixas (128) no encontró diferencias significativas en el rendimiento cuando aró el terreno a 10, 15 ó 20 cm de profundidad pero los resultados podrían diferir en suelos más pesados. Normanha (111) sugiere que la arada y la rastrillada deberían dejar el suelo flojo a una profundidad de por lo menos 20 cm, que es el área donde la mayoría de las raíces se desarrollan para facilitar la penetración de las raíces. Tineo (141) recomienda arar a una profundidad de 25 cm y luego rastrillar.

En suelos arenosos, livianos, la preparación de la tierra debe ser tal que requiera un mínimo de gasto de energía cuando se piensa sembrar en plano, en tanto que en suelos deficientemente drenados se deben hacer camellones de 15 cm de alto. El CIAT (25) también informa que la siembra en camellones facilita la cosecha, aunque los rendimientos son algunas veces ligeramente menores que los obtenidos cuando se siembra en plano. Con base en los resultados experimentales obtenidos por el Programa de Yuca del CIAT, Díaz (48) afirma que la yuca se debería plantar en camellones en suelos de textura pesada donde existe peligro de pudrición radical (Fig. 2). El número de horas tractor varía de 8,40 h/ha para la siembra en plano hasta 12,60-15,33 h/ha en camellones, según la altura y forma del camellón.

Para las plantaciones grandes, la tierra generalmente se prepara como para maíz; el terreno se ara a una profundidad de por lo menos 20 cm y luego se rastrilla con una rastra de discos. La siembra se puede efectuar en surcos en plano, excepto en suelos pesados en áreas húmedas donde es necesario caballonear o hacer camas en los camellones de por lo menos 15 cm de altura, a fin de permitir el drenaje y disminuir los problemas de pudrición de las raíces asociadas con los altos niveles de humedad del suelo. Muchos agricultores en



Figura 2. Como hasta el momento la parte de la planta económicamente aprovechable es la raíz, ésta requiere suelo bien preparado para un mejor desarrollo y mayor producción. En regiones de suelos pesados y una precipitación superior a 1200 mm por año, es necesario la formación de caballones para evitar la pudrición de las raíces.

el sureste asiático aran a una profundidad de sólo 15 cm que con frecuencia tiene como resultado la disminución del rendimiento.

Camellones vs. camas vs. surcos

Cualquiera que sea el método de preparación de la tierra empleado, debe hacerse énfasis en que la buena brotación y enraizamiento de las estacas requiere una humedad adecuada del suelo y una buena preparación; por consiguiente, el método empleado dependerá principalmente del tipo de suelo y del clima.

Toro et al. (143) informan que los estudios llevados a cabo por el CIAT en los Llanos Orientales demostraron que la siembra en plano es ventajosa durante la estación seca mientras que la siembra en camellones es más aconsejable durante la estación húmeda. Un sistema de camas desarrollado en el CIAT emplea un camellón con la parte superior plana. Las camas se hacen enganchando un conformador a un cultivador rotatorio, lo que permite preparar la tierra para la siembra, efectuando una sola operación. Las camas o camellones no son recomendables para suelos arenosos puesto que no conservarían su forma; por otra parte, el drenaje no constituye un problema en estos suelos. Las camas serían más prácticas que los camellones para el cultivo intercalado de la yuca con frijol o caupí, los cuales se pueden sembrar mecánicamente al mismo tiempo que la yuca en suelos más pesados.

Para suelos de textura arcillosa con más de 1200 mm de precipitación pluvial, deberían hacerse camellones para facilitar el drenaje, lo que mejoraría también considerablemente el establecimiento y el rendimiento del cultivo (86).

La yuca se siembra algunas veces en la parte superior de un montículo de forma cónica construido manualmente, por lo general con la ayuda de un azadón. Este método puede reemplazar los camellones o las camas cuando no se dispone de maquinaria (143).

Krochmal (81) afirma que la siembra en surcos o en camellones es una práctica poco común y no se debe promover puesto que la siembra mecanizada sería muy difícil con dichos sistemas. El costo de las operaciones adicionales podría ser compensado por el aumento en los ingresos, si acaso los hay. La siembra en plano casi siempre se hace en surcos si las estacas se siembran horizontalmente, como en Brasil. Como la siembra mecanizada en camellones es difícil, los terrenos llanos son más ventajosos en áreas donde las pudriciones radicales no constituyen un riesgo grave, toda vez que se tienen informes de que las pudriciones pueden causar pérdidas de rendimiento hasta del 80%.

Ezeilo et al. (60) informaron que en Nigeria la yuca se cultiva en suelos más livianos, y el 77% se siembra en montículos, el 11% en camellones y el 11% en plano. Lulofs (89) indicó que la siembra en plano en Malasia era satisfactoria, pero que los camellones permitían obtener un establecimiento más uniforme, facilitaban la cosecha y controlaban mejor la erosión; en tanto que Harper (71) afirmó que, en Tailandia, la siembra en camellones daba menores rendimientos que la siembra en plano. Cock (80) no encontró diferencias significativas en rendimiento cuando se sembró tanto en plano como en camellones.

Conceição (41) informó que la siembra horizontal a 10 cm de profundidad en surcos,

facilita la cosecha comercial. La siembra en camellones también da buenos resultados si las malezas no constituyen un problema tan grave. En suelos más pesados y compactos, Normanha (111) indicó que se deberían utilizar camas y camellones, puesto que los suelos pesados se saturan de agua, lo cual va en detrimento de la yuca durante la estación lluviosa debido a la mala aireación. Ha sido demostrado que la yuca no forma raíces engrosadas cuando se cultiva en una solución nutritiva, debido a la cantidad limitada de oxígeno; la acumulación de almidón probablemente necesita grandes cantidades de oxígeno libre. Para una mejor aireación, la yuca debería sembrarse en la parte superior de montículos o camellones.

Grace (68) informa que el acaballonamiento produjo rendimientos más bajos que la siembra en plano en algunos experimentos. En un experimento efectuado en el CIAT (25) en parcelas de tamaño comercial con suelos francos, se observaron resultados similares; sin embargo, el acaballonamiento reduce el número de desyerbas requeridas y facilita la cosecha.

Epoca

Tanto el tiempo como la disponibilidad de material de propagación influyen en la época de siembra (68). Para reducir los riesgos y distribuir el trabajo duro de cultivo más uniformemente, la siembra se divide, de vez en cuando, entre 2 estaciones húmedas. Se recomiendan 2 épocas de siembra para las Filipinas y Colombia, debido a las 2 estaciones lluviosas bien definidas del año. En muchas regiones productoras de yuca, la precipitación se distribuye de manera relativamente uniforme durante el año, lo cual ofrece la posibilidad de sembrar en diferentes épocas; las diferencias en rendimiento sólo son menores, especialmente cuando los suelos presentan un buen drenaje pero a pesar de ello mantienen la humedad del suelo.

Hay muchos factores que pueden influir en la humedad del suelo —textura del suelo, materia orgánica, precipitación, humedad relativa del aire, temperatura y viento— que deben ser considerados cuando se va a determinar la estación apropiada de siembra. El exceso de humedad en suelos pesados, deficientemente drenados, favorece el desarrollo de organismos causantes de pudriciones radicales (115).

Sin embargo, la época de siembra más común para la yuca parece ser al comienzo de la estación seca, lo cual puede constituir un problema por cuanto, a menudo, hay competencia de otros cultivos por la mano de obra disponible. En áreas con temperatura y humedad del suelo adecuadas durante la estación seca, la siembra se puede llevar a cabo casi en cualquier momento, aprovechando de esta forma la mano de obra disponible, evitando los problemas por enfermedades y aumentando los rendimientos.

La época de siembra apropiada puede disminuir la incidencia de enfermedades y la siembra al comienzo de la estación húmeda garantiza un buen establecimiento (86). Es recomendable esperar hasta que las primeras lluvias sean definitivas para eliminar el riesgo de perder la siembra. La parte aérea se desarrolla cubriendo las hileras durante la estación seca, aproximadamente 4 meses después de la siembra. El ambiente seco (a pesar de la poca circulación del aire y la falta de humedad relativa entre plantas) evita que se forme un microclima favorable para el desarrollo de patógenos.

Es deseable sembrar y cosechar durante aproximadamente la misma estación para evitar el tener que almacenar los tallos durante un tiempo prolongado. La experiencia ha demostrado que, desde el punto de vista de la producción de almidón, el desarrollo de la planta es mejor cuando la siembra tiene lugar al comienzo de la estación lluviosa. El problema de esperar hasta que la estación lluviosa ha entrado es la obtención de buen material de siembra. Si los tallos ya han comenzado a brotar, estos brotes se pueden quebrar fácilmente durante el manipuleo. Por otra parte, si los tallos se almacenan durante un tiempo prolongado, se deshidratan y pierden su vigor.

De acuerdo con Correa (42), la época de siembra es el factor de producción más importante. Zijl (149) también afirma que la época de siembra influye marcadamente en la producción y recomienda el mes de noviembre para Indonesia. En Kerala, India, Ninan et al. (103) encontraron que la yuca se puede cultivar durante todo el año, pero que para obtener rendimientos máximos, la siembra debería efectuarse en abril; el segundo mes más apropiado es septiembre. Nair (100) también recomienda la época de abril a mayo para condiciones de precipitación pluvial en Kerala, Tamil Nadu, donde el clima es cálido y los 1500-2000 mm de lluvia están distribuidos uniformemente a lo largo del año.

La investigación efectuada por Normanha & Pereira (104) en São Paulo, Brasil, indicó que los rendimientos y el contenido de almidón más altos se obtuvieron sembrando durante el período normal de cosecha (mayo-julio). Esta época también resolvería el problema de almacenar las ramas para material de propagación y ocasionaría una menor erosión del suelo que la siembra en septiembre a octubre, después de que las lluvias han comenzado. Para otras regiones brasileñas, Correa (43) afirma que es recomendable sembrar al comienzo de la estación lluviosa en Minas Gerais (octubre-diciembre) o durante la estación lluviosa en área secas como Bahía (abril-junio); por otra parte, Viegas (146) recomienda la siembra en octubre para la región nordeste de Brasil. Albuquerque et al. (3) no recomiendan sembrar de octubre a enero en el valle del Amazonas en el oriente de Pará, toda vez que éste es el período más húmedo y la pudrición podría convertirse en un problema. Al sur del Brasil todas las siembras deberían efectuarse en agosto y en años secos, en octubre. Silva (135) aconseja sembrar al comienzo de la estación lluviosa, pero las siembras más tempranas son recomendadas por Normanha & Pereira (104) para São Paulo, y por Drummond (56), para Belo Horizonte. Viegas (146) afirma que aunque la siembra debería efectuarse al comienzo de la estación lluviosa, también es importante hacerlo en un día despejado y sin lluvia.

Podría pensarse que los períodos óptimos de siembra y cosecha dependen de la variedad. Esta es probablemente la razón por la cual muchos agricultores de subsistencia a menudo siembran diferentes cultivares a lo largo del año, a fin de disponer de yuca en cualquier época del año. En un experimento de 3 años llevado a cabo en la provincia de Misiones, Argentina, se obtuvieron mejores resultados sembrando una variedad temprano (agosto-septiembre) y cosechándola en mayo, en tanto que la otra se sembró tardíamente (octubre-noviembre) y se cosechó en junio (121).

Posición de la estaca

La variedad y los factores edáficos y climáticos influyen también en alto grado en la posición de siembra. Antes de hacer cualquier recomendación, es necesario experimentar en diferentes zonas ecológicas para determinar la posición más apropiada. Cock (32)

afirmó que los resultados de estudios sobre posición de siembra (vertical, inclinada u horizontal), en plano o en camellones, no muestran tendencias consistentes.

Galang (63) empleó estacas de 30 cm de longitud de 21 variedades diferentes en las Filipinas y encontró que 13 dieron rendimientos más altos cuando se las sembró verticalmente, mientras que las 8 restantes respondieron a la posición inclinada. Después de 2 experimentos concluyó que las estacas se pueden sembrar en cualquiera de las 2 posiciones prácticamente con los mismos resultados.

Chan (30) no encontró diferencias en el rendimiento cuando se sembraron estacas de 15 cm inclinadas, horizontal o verticalmente. En un experimento de 2 años en suelos de turba en Malasia, Chew (31) tampoco encontró diferencias significativas en el rendimiento para las 3 posiciones.

En Tailandia, la posición de siembra depende, principalmente, de las condiciones edáficas y climáticas (71). La siembra horizontal generalmente se efectúa en la estación seca (octubre-mayo) para preservar la humedad. Este método da un porcentaje de brotación y un rendimiento mayores, debido a que las raíces se forman en más puntos de crecimiento. Las raíces también tienden a crecer más cerca de la superficie del suelo, lo cual facilita la cosecha. La siembra inclinada o vertical se emplea en áreas donde la precipitación es alta y durante la estación húmeda (mayo-octubre), o donde las estacas horizontales pueden podrirse como en regiones con un alto contenido de humedad del suelo. En la India, por otra parte, la siembra vertical es más ventajosa cuando la precipitación es moderada (118), y la posición inclinada se adopta cuando la precipitación sobrepasa los 1700 mm anuales. Kundju (82) indicó que la siembra vertical era mejor cuando se empleaban camellones.

Brandão (8) comparó 2 sistemas de siembra en suelos pesados. Las estacas basales de 40 cm de largo sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad dieron un 30% más de producción que las de 20 cm sembradas horizontalmente. La distribución de las raíces fue diferente para cada tratamiento; así, las estacas sembradas verticalmente alcanzaron casi 5 cm más de profundidad que aquellas sembradas horizontalmente. Estas últimas fueron más fáciles de cosechar. Por otra parte, Conceição & Sampaio (40) al utilizar 4 sistemas de siembra y 4 cultivares, encontraron que el efecto del sistema de siembra no era estadísticamente significativo. Por consiguiente, se recomendó la siembra en plano utilizando estacas de 20 cm de longitud sembradas horizontalmente a una profundidad de 10 ó 20 cm, por cuanto ésta sería menos costosa en el caso de la siembra mecanizada.

González (66) estudió el tamaño de las estacas y la posición de siembra en 2 ensayos en Venezuela. En ambos ensayos, las estacas de 20, 30 y 40 cm fueron significativamente superiores a las de 10 cm. En relación con la posición de siembra, los resultados del primer ensayo dieron 15,0, 13,7 y 12,0 t/ha para las posiciones horizontal, vertical e inclinada, respectivamente. No hubo, sin embargo, diferencias significativas entre las 2 primeras posiciones. En el segundo experimento no se encontraron diferencias significativas entre las 3 posiciones y los rendimientos fluctuaron entre 22 y 23,8 t/ha. Los rendimientos más bajos del primer ensayo probablemente se debieron a la poca precipitación. En las Islas Vírgenes, Krochmal (81) registró que era mucho más ventajoso sembrar estacas de 25 cm de longitud con 3 yemas, horizontalmente, a 5 y 10 cm de la superficie del suelo que

sembrarlas inclinadas. Las estacas sembradas en posición invertida perecen fácilmente, y si llegan a desarrollarse producen raíces inmaduras con un rendimiento bajo.

En Colombia, la yuca se siembra ampliamente en posición vertical en sólo una de las 5 zonas cultivadoras de yuca investigadas (51). Esta región se caracteriza por suelos arenosos, una estación seca prolongada (hasta de 4 meses), una precipitación pluvial media de 1200 mm anuales y una temperatura promedio de 28°C.

Wahab et al. (147) no encontraron diferencias significativas en los rendimientos entre la siembra manual y mecanizada en posición horizontal en Guyana. Onweme (117) encontró que los rendimientos eran significativamente más altos para las estacas sembradas verticalmente con las yemas hacia arriba que para aquellas en posición invertida. Fernando & Jayasundera (61) observaron que la posición vertical era significativamente superior a la horizontal, en tanto que Loria (85) notó diferencias significativas en el rendimiento en Costa Rica, aunque las estacas sembradas verticalmente produjeron más. En Perú no hubo diferencias significativas entre las diferentes posiciones de siembra (122).

De acuerdo con Grace (68), la siembra en posición vertical bajo condiciones de poca precipitación puede ocasionar el resecamiento de las estacas, mientras que en áreas de alta precipitación, las estacas sembradas horizontalmente pueden podrirse. La siembra horizontal entre 5 y 10 cm de profundidad es recomendable para climas secos y donde se emplea la siembra mecanizada; esto también facilita la cosecha manual. Por otra parte, la siembra en posición vertical se emplea en áreas lluviosas y la siembra inclinada en regiones semilluviosas.

En otro trabajo sobre la posición de siembra, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento, pero hubo una diferencia marcada en la profundidad y distribución de las raíces (70). Las estacas sembradas verticalmente produjeron raíces mucho más profundas y más juntas, en tanto que las sembradas horizontalmente produjeron raíces superficiales distribuidas a lo largo de la estaca. Jennings (76) informó que las raíces de estacas sembradas verticalmente tienden a penetrar más profundamente que las que están en posición inclinada u horizontal. Rodríguez & Sánchez (120) evaluaron 2 posiciones de siembra (inclinada y horizontal); la inclinada dio mayores rendimientos pero la cosecha fue más difícil.

Crawford (45) concluyó de sus trabajos en Jamaica que sembrar horizontalmente estacas de 25 cm era mejor cuando la humedad del suelo era poca en el momento de la siembra. Como las estacas se cubren con 2-3 cm de tierra, hay menos resecamiento de las mismas por exposición al medio ambiente, lo cual mejora el porcentaje de brotación. Las raíces también brotaron de un mayor número de puntos de crecimiento a lo largo de la estaca y tuvieron, por consiguiente, más espacio para desarrollarse. Las raíces tendieron a esparcirse y desarrollarse más cerca de la superficie del suelo, aprovechando mejor el fertilizante y la materia orgánica aplicados. La siembra horizontal dio también mayores rendimientos que la siembra en ángulos de 15 y 45°.

Castro et al. (13) determinaron que ni el ángulo de corte ni la posición de siembra de la estaca tenían un efecto significativo en el rendimiento. Al cortar las raíces en ángulo recto,

éstas se distribuyeron uniformemente alrededor del perímetro. Con la siembra horizontal, la cosecha y la separación de las raíces fue más fácil que con la siembra vertical o inclinada. Se recomienda un ángulo de corte recto y una posición de siembra vertical, porque hay una leve tendencia a producir un mayor rendimiento. En ensayos efectuados en el CIAT, el enraizamiento y brotación de las estacas bajo condiciones de campo fueron siempre más rápidos en posición vertical. La posición horizontal se recomienda para la siembra mecanizada cuando la humedad del suelo es apropiada.

Celis & Toro (16) recomiendan: a) **Siembra vertical**. Por lo menos se deben enterrar 4 yemas para garantizar una buena brotación. En esta posición las raíces tienden a formarse en el extremo inferior de la estaca y se distribuyen radialmente en forma más o menos uniforme. b) **Siembra inclinada**. Las estacas se insertan en el suelo a un ángulo de 45°; en este caso, las raíces tienden a seguir la misma dirección del ángulo al cual fueron sembradas las estacas. Algunos agricultores creen que la cosecha se facilita con este método debido a la posición de las raíces. c) **Siembra horizontal**. La estaca generalmente se coloca en un surco y se entierra por completo. Esta posición facilita la siembra mecánica; las raíces tienden a formarse en el extremo más grueso de la estaca. Cuando las estacas son largas (30-40 cm), las raíces se pueden desarrollar a los lados de los nudos.



Figura 3. La siembra en posición horizontal produce un desarrollo inicial más lento y una distribución de las raíces superficial e irregular, lo cual favorece el volcamiento de la planta, especialmente en regiones de vientos fuertes.

Aunque las muchas ventajas de sembrar estacas de yuca verticalmente son evidentes, hay ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta en relación con la siembra horizontal: a) es mucho más fácil sembrar estacas mecánica o manualmente, ya que no es necesario tener presente que no deben sembrarse en posición invertida, lo cual no es recomendable según Bolhuis (7); b) no es necesario agacharse para efectuar la siembra (113); y c) las raíces son más superficiales y más fáciles de cosechar.

Las desventajas obvias son: a) bajo condiciones climáticas sumamente adversas, la siembra superficial (5 cm) puede ocasionar más daño debido al calor, a la mayor exposición de las raíces a los efectos de la erosión y al mayor volcamiento producido por el viento debido al mal soporte que tiene la estaca a tan poca profundidad (Fig. 3) (14,80); y b) la siembra a mayor profundidad (10 cm) puede retardar la brotación y la emergencia (14), lo cual ocasiona mayor competencia de las malezas y daño a las estacas durante las desyerbas si éstas todavía no han emergido (119); por otra parte, los rendimientos comerciales algunas veces son más bajos que cuando se siembra en posición vertical o inclinada.

Con base en la experiencia de los autores en muchas regiones yuqueras de América Latina, se debe tener en cuenta el siguiente criterio en relación con la posición de siembra: en regiones con suelos entre medio y pesados, con precipitación adecuada (1000-2000 mm/año), la posición de siembra no es importante puesto que hay una humedad apropiada para estimular la brotación de las yemas. En áreas de suelos arenosos o precipitación irregular, sin embargo, la posición vertical es el método más seguro, toda vez que una estaca de 20 cm de longitud tendrá por lo menos 10-15 cm enterrados en el suelo, lo cual le da mejor contacto con la humedad disponible para estimular la brotación (Fig. 4 y 5). Las yemas de las estacas sembradas horizontalmente bajo estas condiciones se pudrirán debido al calor, ya que la temperatura del suelo siempre es más alta que el aire que las rodea. En el caso de la siembra vertical, la misma estaca sirve como un difusor del calor (J.C. Lozano, com. pers., 1975).

Las consideraciones y recomendaciones de los autores en relación con la posición de siembra se basan principalmente en experimentos llevados a cabo por el equipo de yuca del CIAT, en diferentes ecosistemas de Colombia durante los últimos 7 años. Se debe resaltar que el concepto fundamental de estos experimentos ha sido la selección cuidadosa y el tratamiento de las estacas. La mayoría de las discrepancias en los resultados registrados en la literatura son atribuibles a la falta de conocimiento de esta sencilla tecnología, la cual es más bien reciente.

Profundidad

Tan & Bertrand (139) creen que la profundidad de siembra debería regularse de acuerdo con las condiciones ambientales. Una exposición excesiva de las estacas en áreas donde la humedad del suelo es inferior a la óptima podría dar como resultado establecimientos bajos y, en consecuencia, menor rendimiento. Celis & Toro (16) afirman que las estacas se pueden sembrar superficial o profundamente en varias posiciones. Los criterios que se deben tener en cuenta son: para suelos secos, arenosos, las estacas se deberían plantar a mayor profundidad, mientras que en suelos húmedos, pesados, se debe hacer superficialmente. En el primer caso debe recordarse que la siembra profunda dificulta la

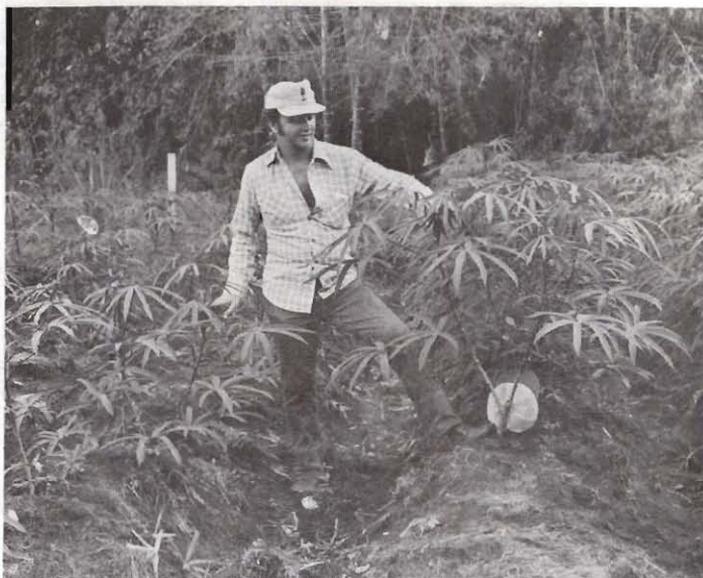


Figura 4. La siembra de las estacas en posición vertical es la más segura, garantizando buena germinación en regiones con una precipitación irregular; además, proporciona un mayor vigor y desarrollo inicial, favoreciendo una cobertura temprana, lo cual permite controlar mejor las malezas. En un cultivo de 45 días se puede ver el mayor desarrollo de las plantas de estacas sembradas en posición vertical (derecha) en comparación con las que se sembraron en posición horizontal (izquierda).

cosecha (119) y aumenta los costos de producción cuando esta última se efectúa manualmente.

Para medir la profundidad de enraizamiento de las plantas, Campos & Sena (11) sembraron estacas de 20 cm de longitud, horizontalmente, a 10 cm de profundidad con un espaciamento de 100 x 60 cm. Las raíces alcanzaron una profundidad de 90 y 140 cm a los 210 y 365 días, respectivamente. En los primeros 30 cm de suelo se encontraron el 95,3 y el 96,4% de todas las raíces; y de éstas, el 65,6 y el 85,8% se desarrollaron en los primeros 10 cm.

Normanha & Pereira (105) evaluaron 3 profundidades (5, 10 y 15 cm) y 2 estaciones de siembra en un período de 3 años. Bajo condiciones cálidas, secas, las estacas sembradas a 15 cm de profundidad brotaron más rápidamente y en un período más corto de tiempo que las que se sembraron más superficialmente, tal vez debido a la mayor humedad. Cuando la temperatura y la humedad fueron adecuadas ocurrió exactamente lo contrario. La cosecha fue más fácil cuando las estacas se sembraron a 5 cm que a 15 cm, en razón de la profundidad de enraizamiento de las últimas. Los rendimientos fueron 18,2, 16,5 y 13,2 t/ha para las plantas provenientes de estacas sembradas a 5, 10 y 15 cm de profundidad, respectivamente. La profundidad de siembra de 5 cm es bastante ventajosa, pero para prevenir el desenraizamiento de las plantas debido a la erosión y para que la planta se

Figura 5. En la cresta del caballón se deben sembrar en posición vertical estacas frescas, bien seleccionadas, de 20 cm o más de longitud, sanas y vigorosas. Esta posición proporciona una distribución radial y uniforme de las raíces alrededor del tallo y un mejor anclaje para evitar el volcamiento.



- establezca de tal forma que soporte el volcamiento, se recomienda una profundidad de 10 cm. Conceição & Sampaio (39, 40) recomiendan sembrar estacas de 20 cm de longitud horizontalmente a una profundidad entre 10 y 20 cm para disminuir los costos/ha de la siembra mecánica. En otros lugares de Brasil (57), se recomienda sembrar yuca en surcos continuos, utilizando equipo de tracción animal o accionado por tractores para sembrar estacas horizontalmente a una profundidad de 10-15 cm.

Holguín et al. (73) encontraron que, bajo condiciones óptimas en el momento de la siembra (e.g., adecuada humedad del suelo, estacas tratadas de buena calidad), la profundidad de siembra no tiene efecto en el crecimiento o rendimiento de plantas de estacas sembradas verticalmente. Una profundidad de 10 cm para la siembra vertical es la más apropiada en relación con la siembra y la cosecha. El mejoramiento genético podría contribuir a facilitar la separación de las raíces en el momento de la cosecha. Se recomienda repetir este estudio en suelos livianos, arenosos, poco húmedos, ya que el autor observó que bajo condiciones adversas estos suelos se pueden tornar excesivamente calientes y secos a una profundidad de 5 cm, creando un ambiente muy desfavorable para la brotación y el enraizamiento adecuado de las estacas, como informaron Normanha & Pereira (105).

Densidad

La situación en relación con la densidad de siembra y los rendimientos óptimos fluctúa considerablemente de un país a otro e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. Como el hábito de crecimiento de las plantas y su morfología, lo mismo que las condiciones ambientales influyen en el efecto de las poblaciones en el rendimiento, las recomendaciones que se hagan para una variedad en un ambiente en particular no son necesariamente aplicables a otra de hábito de crecimiento y morfología diferentes o en otro ambiente.

Los experimentos llevados a cabo en el CIAT (23), en diferentes zonas, demostraron que la población óptimas de plantas varía de acuerdo con las condiciones ecológicas. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos en población, en tanto que en los suelos ricos los incrementos en la respuesta a la población dependen del hábito de crecimiento de las variedades. Las poblaciones óptimas de plantas por unidad de superficie también dependen de la forma de la planta (25). Dos variedades de porte bajo y 2 de porte alto con diferentes características de ramificación se sembraron en el CIAT, a densidades entre 2500 y 40.000 plantas/ha y se cosecharon a los 12 meses. Se encontró que el rendimiento total de raíces aumentó con el incremento en la población de plantas, una buena característica para el cultivo industrial. Para el consumo de raíces frescas (es deseable raíces grandes), sin embargo, la población óptima fue de 10.000 plantas/ha para variedades de porte bajo y alto, erectas, y de 5000 plantas/ha para tipos de porte alto, ramificado.

En el Central Tuber Crops Research Institute in India, Mandal (91) encontró que el rendimiento de raíces más alto se obtenía con 12.345 plantas/ha para una variedad ramificada y 17.777 plantas/ha para un tipo no ramificado. También encontró que al aumentar el número de brotes de 1-2/planta se incrementó el rendimiento significativamente, tanto para los tipos ramificados como no ramificados. En Tamil Nadu, Narasimham y Arjunan (101) encontraron que la incidencia del mosaico africano disminuía adoptando un espaciamiento mayor (12.345 plantas/ha).

En Brasil, Normanha & Pereira (106) recomendaron sembrar de 16.666-20.000 plantas/ha en suelos de baja fertilidad en el estado de São Paulo, incluso habiendo fertilizado; y 13.888 plantas/ha en suelos fértiles, debido a un crecimiento más vigoroso bajo estas condiciones. En suelos de baja fertilidad en 3 municipios del Estado de Río de Janeiro, 20.000 plantas/ha dieron los mejores resultados para una producción total de raíces (112). Por cada 20 cm de aumento en el espaciamiento entre plantas, los rendimientos disminuyeron en 765 kg/ha. Igualmente, en la estación experimental de Patos, Minas Gerais, la cantidad óptima de plantas/ha para suelos fértiles fue de 20.000 (56). Silva (132) también encontró ventajoso sembrar de 16.666-20.000 plantas/ha en suelos fértiles en el sur de Santa Catarina y en la región de Sete Lagoas en Minas Gerais. Mattos (92) recomienda 16.666 plantas/ha para suelos de poca fertilidad sin fertilizar en la región de Cruz das Almas en Bahía. Santos (124) aconseja 10.412 plantas/ha para el Estado de Pernambuco; también indicó que era preferible emplear 20.000 plantas/ha en suelos pobres en el nordeste, en contraste con 13.888 para los suelos fértiles de esta misma región. Después de muchos años de investigación, Albuquerque (2) recomendó 10.000 plantas/ha para suelos de baja fertilidad en el Estado de Pará en la cuenca amazónica; 17.777 para suelos de fertilidad inferior al promedio; y 4473 para suelos fértiles.

Tardieu & Fauche (140) registraron los rendimientos más altos con 10.000 plantas/ha, mientras que Rodríguez et al. (121) recomendaron poblaciones mucho mayores (13.300-20.000 plantas/ha). Calderón (10) trabajó con 2 variedades empleando densidades de siembra de 10.000-30.000 plantas/ha en suelos fértiles y encontró que el rendimiento aumentaba con la población únicamente para una de las variedades.

En la zona boscosa de Ghana, Gurnah (69) obtuvo los mejores rendimientos con 18.500 plantas/ha cuando se sembraron con un espaciamiento de 60 x 60 cm; los espaciamientos mayores o menores de 60 cm disminuyeron el rendimiento. La distancia generalmente

recomendada para ese país es 91,4 cm (52). Por otra parte, Takyi (138) observó que los espaciamientos menores (90 x 90 y 90 x 60 cm) en un Ocrossol, boscoso, franco arenoso en Kwadaso dieron aumentos significativos de rendimiento en comparación con los espaciamientos más amplios (90 x 120 cm), pero que se obtuvieron pocas raíces grandes con los espaciamientos más reducidos.

En Sierra Leona, Enyi (59) empleó un espaciamiento de 90 x 120 cm, pero Godfrey-Sam-Aggrey & Bundu (64) emplearon uno de 120 x 120. En las tierras altas de Njala, Godfrey-Sam-Aggrey (65) encontró que el incremento en la densidad de población a más de 7000 plantas/ha con una variedad muy ramificada, disminuía todos los parámetros estudiados con excepción de la relación parte aérea:peso raíces, la cual aumentó. Estos efectos se atribuyeron a la competencia por los recursos ambientales, ya que la superficie de tierra/unidad de plantas disminuyó con el aumento en la población de plantas.

En general puede decirse que a medida que la población aumenta, el rendimiento total de raíces también aumenta; no obstante, el número de raíces/planta, el tamaño de las raíces y el índice de cosecha disminuyen, mientras que el control de malezas mejora debido a la competencia. El CIAT (18) sembró 3 variedades a poblaciones que fluctuaron entre 2000 y 80.000 plantas/ha, utilizando un diseño sistemático en abanico. A los 7 meses, la variedad CMC-84 dio los mejores rendimientos (18 t/ha), a poblaciones entre 5000 y 9000 plantas/ha, mientras que la variedad CMC-49 produjo los mejores rendimientos (18 t/ha) a una densidad de siembra de 2000-5000 plantas/ha. Llanera produjo 24 t/ha con una densidad entre 3000 y 7000 plantas/ha, lo cual sugiere que existe una densidad óptima de siembra que cambia según la variedad. Las reducciones en el rendimiento a poblaciones más altas que las óptimas se deben a la disminución en el peso de las raíces a medida que aumenta la población.

Mecanización

La necesidad de sembrar en forma mecanizada más eficientemente es cada vez más importante cuando se trata de grandes extensiones que deben sembrarse en un período corto. De acuerdo con Normanha (108), el grado más alto de mecanización en Brasil se obtuvo empleando una sembradora de 2 ruedas, enganchada a un tractor, la cual surca, fertiliza, siembra horizontalmente las estacas, las cubre con tierra y compacta el suelo simultáneamente. Esta sembradora Sans es muy pesada; cuando se ensayó en Piracicaba, efectuó un trabajo excelente. Se opera a la velocidad normal del tractor, inclusive en terreno de declive moderado. Ocho personas pueden sembrar 10 ha/día, mientras que anteriormente para sembrar la misma área a mano se necesitaban 30 obreros (96). Los tallos se deben cortar con anticipación, lo cual es bueno porque se pueden tratar antes de la siembra.

Massey Ferguson también tiene una sembradora de 2 hileras que es más liviana que la Sans. Esta excava el surco, corta los tallos a la longitud deseada, los deposita en el surco, coloca el fertilizante a ambos lados de las estacas, las cubre con tierra y compacta el suelo si es necesario. Tiene una capacidad de siembra de 3-4 ha/día. En Minas Gerais, Delfosse está tratando de desarrollar sembradoras de 4-6 hileras para la yuca.

De acuerdo con Odigboh (113), la siembra manual de estacas en posición vertical o inclinada es una labor ardua, agobiante, que constituye uno de los factores limitantes del

desarrollo de las empresas agrícolas a gran escala en Nigeria. Se ha desarrollado una sembradora de 2 hileras totalmente automática, enganchada a un tractor que funciona a velocidades hasta de 10 km/h. Esta sembradora está diseñada para estacas de 2-5 cm de diámetro, y excluye las de diámetro más pequeño por su baja viabilidad. Las estacas de 25 cm de largo se siembran a 17 cm de profundidad en un ángulo hasta de 80°, según la velocidad del tractor. El espaciamiento es de 90 x 90 cm en camellones pequeños. El mecanismo de medición está operado por las ruedas de transmisión. El desempeño de las sembradoras es bastante sensible a la calidad de preparación del terreno, especialmente a velocidades altas; por consiguiente, se recomienda una velocidad de 6 km/h. El espaciamiento entre hileras es prácticamente independiente de la velocidad de la sembradora. Makanjuola (90) informa que se pueden montar varias unidades de esta sembradora, una al lado de otra, para sembrar más de una hilera a la vez. La máquina se puede fabricar en Nigeria, a excepción de los discos para los camellones y los cojinetes.

Schulte (127) registró buenos resultados con una transplantadora de legumbres New Holland que siembra un promedio de 0,28 ha/h. El indicó que debería ser posible desarrollar una transplantadora para sembrar estacas en camellones e incluso para hacer los camellones y sembrar en una sola operación.

De acuerdo con Cock (com. pers., 1978), el Programa de Yuca en Cuba ha desarrollado una sembradora prototipo para la siembra vertical. Leihner (84) afirma que probablemente se podrían adaptar implementos de la transplantadora de legumbres o tabaco para poder sembrar las estacas verticalmente. Por otra parte, una sembradora para cultivos intercalados tendría que combinar los diferentes elementos de las sembradoras para monocultivos en una sola máquina, lo que representa un problema técnico difícil, a pesar de que la siembra de leguminosas de grano está mecanizada desde hace mucho tiempo.

Resiembra

Esta práctica consiste en remplazar las estacas que, por una u otra razón, no han brotado un mes después de la siembra. Si el material de propagación se selecciona y se trata adecuadamente (87), los porcentajes de brotación deberían ser suficientemente altos para no requerir el trasplante. Se deben tener en cuenta ciertas consideraciones económicas al decidir el porcentaje de plantas que se puede sembrar económicamente.

Tan & Bertrand (139) indican que si se desea obtener altos rendimientos, las estacas que no germinan deben remplazarse lo más pronto posible. Grace (68) sugiere que se debe resembrar a más tardar un mes después de la siembra cuando por lo menos un 5% de las estacas no ha brotado.

Seleccionando y tratando las estacas cuidadosamente, Toro (144) pudo obtener un promedio de germinación de 94% en 28 ensayos en un período de 3 años con 38 variedades promisorias y 10 cultivares locales en 10 lugares de Colombia, que abarcaban una amplia gama de condiciones ecológicas. En Caicedonia (R. Duque, com. pers., 1979), la resiembra se efectúa con estacas de talón tomadas de la primera ramificación de una planta madura. La estaca se siembra de tal forma que el tallo largo queda inclinado (75°), mientras que el talón (aproximadamente 20 cm) queda enterrado horizontalmente. La longitud de la estaca debería ser siempre 25 cm más larga que la altura promedio del

cultivo en el momento de la resiembra. Las estacas resemebradas brotan rápidamente y pronto alcanzan la misma etapa de desarrollo de las plantas originales, produciendo rendimientos similares. Hartman & Kester (72) recomiendan el uso de estacas de talón para obtener un enraizamiento máximo.

EL CONTROL DE MALEZAS

Un buen control de malezas es uno de los factores más importantes para obtener altos rendimientos. Doll & Piedrahita (53) señalan que sin control de malezas los rendimientos de la yuca pueden disminuir en un 50%, mientras que con su control mínimo, la yuca puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos. El control de malezas es especialmente importante durante los primeros meses después de la siembra (76) y durante la estación lluviosa (119). Casi todos los investigadores están de acuerdo con la importancia del control temprano de malezas, ya que las plantas jóvenes son más susceptibles a la competencia con las malezas por luz, agua y nutrientes.

La desyerba debería comenzar tan pronto como las malezas empiezan a competir con el cultivo de yuca, cuando todavía son fácilmente controlables. Delgado & Quevedo (47) sugieren que la primera desyerba debería hacerse 28-35 días después de la siembra, y Montaldo (95) recomienda hacerla 21 días después de la siembra y de allí en adelante cuantas veces sea necesario. La desyerba temprana (aproximadamente 2 semanas después de la siembra) puede ser dañina a las plantas jóvenes de yuca con raíces sin desarrollar (20); por consiguiente, la desyerba debería comenzar más tarde (4-8 semanas).

Las medidas de control dependen de la cantidad y del tipo de malezas que haya en el terreno. Es un hecho conocido que algunas especies de malezas son más difíciles de controlar que otras (e.g., *Cyperus rotundus*). Otros factores que afectan la frecuencia de la desyerba son:

- a. **Epoca de siembra y tiempo prevaleciente.** La humedad baja del suelo estimula un menor número de malezas (119, 134).
- b. **Fertilidad y pH del suelo.** Los suelos pobres tienen pocas malezas (14).
- c. **Vigor del material de propagación.** Emplee estacas frescas cuidadosamente seleccionadas y tratadas químicamente (84).
- d. **Preparación adecuada del suelo.** Una buena preparación del suelo antes de la siembra evita que las semillas de malezas germinen y reduce, por consiguiente, la población de malezas. El cultivar la tierra durante los primeros meses de crecimiento del cultivo inhibe el desarrollo de las malezas (133, 146).
- e. **Método de siembra.** La siembra horizontal da como resultado una brotación más lenta de las estacas, lo cual aumenta la competencia de las malezas (134).
- f. **Variedad.** los diferentes hábitos de crecimiento determinan la formación de la parte aérea, la que a su vez afecta la competencia por parte de las malezas (53).
- g. **Espaciamiento.** La sombra proyectada por la parte aérea 3-4 meses después de la siembra, inhibe la germinación y el crecimiento de las malezas (38, 53, 134).

El control de malezas se efectúa tradicionalmente a mano con un azadón, levantando la tierra alrededor de las plantas jóvenes. En el Estado de Ceará, Brasil, la Empresa Brasileira de Assistência Técnica y Extensión Rural (EMBRATER) (57) recomienda efectuar las 2 primeras desyerbas con una cultivadora empleando tracción animal o un tractor, y luego utilizar el azadón entre las plantas dentro de los surcos, Silva (135) prefiere el control mecanizado de las malezas siempre que sea posible, y Delgado & Quevedo (47) indican que cultivar es aconsejable aproximadamente 2 ó 3 meses después de la siembra, ya que esta operación no sólo controla las malezas sino que mejora el drenaje y facilita la cosecha. Ribeiro (119) también está de acuerdo en que debería cultivarse entre el segundo y el tercer mes, pero en adelante la maleza sólo se debería controlar por medio del azadón, ya que la cultivadora hace demasiado daño a las plantas de yuca.

El número de desyerbas necesario para la yuca varía considerablemente en la literatura, según la fertilidad del suelo, los factores climáticos y las variedades. Onochie (116) afirma que en Nigeria, cuando hay poca mano de obra para la producción de yuca, la desyerba debería efectuarse durante el tercer mes después de la siembra. Cuando se está midiendo el rendimiento de los cultivos, la desyerba es tan efectiva en esta etapa como aquellas que se efectúan durante todo el período de crecimiento. Ezeilo (60) registró un promedio de 2-3 desyerbas en Nigeria.

Santos et al. (124) recomiendan 3-5 desyerbas durante los primeros 6 meses y 1-2 desyerbas en el segundo año para las condiciones del nordeste brasileño. Crawford (45) sugiere efectuar 4-5 desyerbas durante los primeros 12 meses para las condiciones de Jamaica. Díaz et al. (51) informan de 3 desyerbas hasta los 6 meses de edad en Colombia. Tan & Bertrand (139) recomiendan desyerbar tan a menudo como sea necesario hasta que la parte aérea cubra los surcos, lo cual, de acuerdo con Doll & Piedrahita (53), tiene lugar 2-4 meses después de la siembra. En Tarapoto, Perú, el período crítico está entre 45 y 60 días, aunque el mejor tratamiento consistió en mantener el cultivo libre de malezas durante todo el crecimiento (145).

En Sierra Leona, Godfrey-Sam-Aggrey & Bundu (64) sugirieron mantener intervalos de 30 días entre las desyerbas. Godfrey-Sam-Aggrey (65) estudió los efectos de la desyerba manual tardía (a intervalos de 30, 45, 60 y 90 días), y la no desyerba de la yuca como monocultivo, y encontró que el tiempo y la frecuencia de las desyerbas influía decisivamente en el rendimiento. La demora en la desyerba disminuyó el rendimiento radical. El período crítico de competencia correspondió a los intervalos de 45 días.

En la mayoría de las áreas cultivadoras de yuca, los herbicidas no están disponibles y representan un gasto inicial considerable para el agricultor. El uso de los herbicidas en la yuca es bastante reciente, pero en los últimos años se ha efectuado un excelente trabajo, especialmente en América Latina. De acuerdo con Montaldo (95), los herbicidas se deben emplear si los cultivos son de tamaño comercial (20 ó más ha).

En un suelo franco arenoso en Venezuela, Díaz & Arismendi (49) obtuvieron los rendimientos más altos de raíces con fluometurón (Cotoran) a una tasa de 3 kg/ha y ametrín (Gesapax) a una tasa de 2-3 kg/ha; sin embargo, Coelho & Correa (36) encontraron que el fluometurón producía cierta toxicidad durante las primeras etapas de desarrollo de la planta en un Oxisol pesado en Sete Lagoas, Brasil. En Latosoles de Cruz das Almas en el Estado de Bahía, Cunha et al. (46) observaron que el diurón (Karmex) era

selectivo, en tanto que el diurón y el linurón (Afalón, Lorox) en una dosis de 3 kg/ha redujeron los rendimientos en un 84 y 62% en suelos franco-arcillo-arenosos en Ibadán, Nigeria (97).

En suelos sumamente arenosos debe tenerse gran cuidado al utilizar los herbicidas. El trabajo efectuado en el CIAT (24) muestra que, incluso con tasas más bajas, la lixiviación de los productos químicos en los suelos arenosos puede ser tóxica para la yuca. El acaballamiento aparentemente aumentó la toxicidad de los herbicidas. Se ha encontrado una diferencia varietal en susceptibilidad a los herbicidas (22).

Hay un gran número de herbicidas selectivos en la yuca. Doll & Piedrahita (53) enumeraron 18 herbicidas altamente selectivos y 12 moderadamente selectivos. Leihner (com. pers., 1979) encontró que el oxifluorfen es moderadamente selectivo, solo o en mezcla con alaclor. El primero es un herbicida nuevo que controla tanto las malezas de hoja ancha como las gramíneas en preemergencia y se puede utilizar sin riego alguno en dosis de 0,5 y 1,0 kg/ha de i.a. El CIAT (25) recomienda una mezcla de diurón y alaclor (Lazo), pero la tasa de aplicación depende de la textura del suelo (Cuadro 1). El primero controla las malezas de hoja ancha y el último, las gramíneas. Bajo las condiciones del CIAT, que cuenta con Vertisoles pesados, arcillosos, el control de malezas más económico se obtuvo con diurón (Karmex) asperjado en preemergencia, más una desyerba manual 60-75 días después de la siembra (53).

Para el cultivo intercalado de la yuca con frijol (*Phaseolus vulgaris*), Leihner (84) recomienda una mezcla de linurón y fluorodifen (Peforan) a una dosis de 0,5 + 2,5 kg de i.a./ha en preemergencia.

Hay consenso sobre el hecho de que la desyerba representa más del 45% de los costos de producción (47, 54, 67), la mayoría de los cuales corresponden a la mano de obra manual.

Cuadro 1. Dosis de aplicación de mezclas de diurón (Karmex) más alaclor (Lazo) en preemergencia para controlar malezas en plantaciones de yuca, de acuerdo con la textura del suelo.

Textura del suelo	Diurón (kg/ha)*		Alaclor (l/ha)*
Arcillosa	2,0	+	3,0
Franco limosa	1,5	+	2,5
Franco arcillosa	1,5	+	2,0
Arenosa	1,0	+	2,0

* Producto comercial

Fuente: CIAT (25)

En ciertas épocas la mano de obra no se encuentra disponible debido a otras prioridades; como resultado, las malezas no se controlan en el momento oportuno. De no controlarlas cuando se encuentran pequeñas son mucho más difíciles de eliminar en las etapas posteriores; más aún, pueden haber producido una abundante cosecha de semillas que aumenta la competencia.

EL RIEGO

Muchos investigadores no incluyen información suficiente sobre el tipo de suelo (capacidad de retención de humedad) y las condiciones climáticas en sus informes sobre prácticas de riego, factores éstos muy importantes para calcular los requisitos de riego de un cultivo. Además se requiere información sobre espaciamiento, edad y vigor del cultivo para poder determinar los requerimientos del cultivo.

De acuerdo con Cock & Howeler (34), hay poca información sobre los requerimientos de agua de la yuca, los períodos críticos cuando el agua es esencial y la respuesta de la planta al riego. Su experiencia con yuca hasta ahora sugiere que la planta requiere suelo húmedo para la brotación y establecimiento del cultivo; sin embargo, el riego demasiado frecuente puede producir un crecimiento excesivo de la parte aérea, reduciendo los rendimientos de muchas variedades (34). Por consiguiente, la planta de yuca parece estar mejor adaptada a áreas de poca precipitación y suelos con una capacidad de retención de agua baja. La yuca, como la mayoría de los cultivos, no tolera el exceso de humedad; el drenaje deficiente en suelos pesados puede reducir considerablemente los rendimientos.

Celis & Toro (16) indicaron que la falta de humedad puede ocasionar pérdidas graves en la brotación si ésta ocurre durante los primeros 20 días de la siembra de las estacas. Una sequía pronunciada cuando las plantas son muy pequeñas también puede causar pérdidas; en consecuencia, el suelo debería regarse hasta la capacidad de campo cuando falta humedad. Si en el momento de la siembra no ha llovido por lo menos en los últimos 4 días y el riego no es factible, la siembra se debe suspender hasta las próximas lluvias.

Menezes (94) concluyó que el máximo requerimiento de agua de la yuca tiene lugar 4-6 meses después de la siembra. Si se presenta una sequía después de los 2 primeros meses de crecimiento, las plantas prácticamente dejan de crecer. Bajo estas condiciones, las hojas se caen y la planta entra en un estado de latencia, mientras que otros cultivos como el maíz, el frijol y el arroz mueren. Al comienzo de las lluvias, la planta de yuca utiliza sus reservas de hidratos de carbono de los tallos y las raíces para producir nuevas hojas (44). Estas observaciones sugieren que la yuca es un cultivo sumamente útil en las áreas tropicales con precipitación pluvial irregular.

En las áreas de baja precipitación, la yuca responde al riego (129) en relación con la distribución de raíces. Las plantas irrigadas tenían 91,0-98,4% de sus raíces en los 10 cm superiores del suelo, y algunas alcanzaron de 60-80 cm tan sólo en uno de los 3 tratamientos, mientras que las raíces de las plantas que no recibieron riego alcanzaron una profundidad mucho mayor (hasta 140 cm), el 28,8% de las cuales estaba en los 10 cm superiores del suelo y el 64,0% de 10-30 cm. Para Bahía, Brasil, Conceição (38) recomienda aplicar 35 mm de agua cada 18 días durante períodos de poca o ninguna

precipitación pluvial. Shanmugavelu et al. (130) registraron que la yuca irrigada en la India casi siempre rendía mucho más que las siembras sin riego. Los mejores resultados se obtuvieron regando la yuca cada 8 días. Por otra parte, Muthukrishnan et al. (99) & Smith (136) registraron disminuciones en el rendimiento de la yuca cuando el riego se aplicó más de una vez por semana.

Smith (136) encontró que el aumento de riego disminuía el contenido de almidón de las raíces, lo cual podría explicar por qué muchos cultivadores de yuca tratan de cosechar al final de la estación seca antes de que las lluvias provean suficiente humedad para estimular nuevamente el crecimiento vigoroso del follaje que consumirá parte de las reservas de almidón acumuladas en las raíces y tallos. Por otra parte, Conceição (38) sugirió que un riego final inmediatamente antes de la cosecha podría humedecer suficientemente un suelo pesado, facilitando la cosecha.

LA PODA

Algunos métodos de siembra de estacas, como la posición horizontal, dan como resultado 3-5 brotes principales que con el tiempo compiten por espacio durante el desarrollo de la planta. La institución brasileña de investigación agrícola (EMBRAPA) (58) recomienda reducir el número de brotes para la zona amazónica del Brasil, dejando sólo 2 por planta; esto se efectúa normalmente durante la primera desyerba. No se debe podar nuevamente hasta que las plantas tengan 1 año de edad y sólo entonces para obtener material de propagación o cuando el cultivo es atacado por plagas (124). En el último caso el material podado se debe eliminar del terreno y quemar. Para el Estado de Ceará, EMBRATER (57) recomendó la poda únicamente en casos de plagas o para obtener material de propagación. En este caso, las ramas se deben podar sólo durante el período de latencia del cultivo que, para esta área, va de enero a marzo.

Enyi (59) informa desde Africa que las plantas de un solo brote produjeron mucho más que las de varios, y que la diferencia aumentó al reducir el espaciamiento. Se dan recomendaciones para este sistema para cultivares específicos. La remoción de los brotes sobrantes debería efectuarse inmediatamente después de la emergencia. Por el contrario, Chan (30) informó que el podar la planta para dejar un solo tallo disminuía el rendimiento radical. Shanmughan & Srinivasan (131) encontraron que las plantas con 2 brotes producían mucho más que las de 1 o varios brotes. Aunque muchos cultivadores mantienen solamente un tallo por planta, otros prefieren dejar 2 tallos, lo que es de especial importancia para la cosecha periódica de hojas de yuca en algunas áreas para el consumo humano y animal (139). Sin embargo, el cultivo de plantas de "uno o dos tallos" está aún por investigar, ya que éste se basa principalmente en la tradición más que en la investigación científica.

Una práctica común en Colombia es la remoción de chupones que surgen de la base del tallo principal durante el ciclo de crecimiento, después de que la estructura básica de la planta está bien definida. El CIAT (26) informa que los chupones son útiles para la planta únicamente en poblaciones bajas con variedades de poco vigor; de lo contrario, son ineficientes y reducen los rendimientos. Por esta razón, la remoción de chupones es probablemente una práctica benéfica para algunos cultivares.

Correa (43) está en contra de la poda antes de la cosecha porque se pueden diseminar

enfermedades bacterianas y virales. La poda temprana (6, 9 y 12 meses) disminuyó los rendimientos en 43, 44 y 53%, respectivamente; no tuvo efecto alguno después de los 15 meses. Lozano et al. (88) encontraron que podar las plantas aproximadamente a 25 cm por encima del terreno y dejar las raíces en la tierra hasta 20 días antes de la cosecha disminuyó el deterioro de las raíces posterior a la cosecha de 100 a menos del 20%, según la variedad.

LA COSECHA

Esta operación consume una gran cantidad de mano de obra y de esfuerzo físico cuando se efectúa manualmente, siendo ésta la práctica más común. La cosecha en Colombia representa más del 30% de los costos de producción (60), debido principalmente al uso de métodos manuales rudimentarios, usualmente ineficientes.

Con cualquier método de cosecha, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones generales. Si la siembra se hace en camellones o camas, la cosecha tiende a ser más fácil que cuando se efectúa en plano. En suelos sueltos o arenosos, la operación es más sencilla que en suelos arcillosos o pesados, independientemente del sistema empleado. Finalmente, en cualquier tipo de suelo, la cosecha se facilita cuando el suelo está húmedo. La distribución de las raíces es también un factor importante. Cock et al. (35) señalaron que para extraer las raíces es aconsejable tener un tipo de enraizamiento compacto o arracimado. Esto se puede lograr seleccionando la variedad correcta y cortando las estacas en forma recta, las cuales luego se siembran verticalmente sobre camellones que pueden variar para adaptarse a los requerimientos de la maquinaria.

Toro et al. (142) describieron varios dispositivos manuales y semimecánicos para facilitar y mejorar la eficiencia de la cosecha. De acuerdo con Briceño & Larson (9), la vibración y la acción de halar o extraer son las 2 fuerzas que, combinadas, pueden hacer la cosecha más eficiente. Cuando se ejerce únicamente tracción, el tallo puede quebrarse y las raíces permanecerán enterradas en el suelo. Ellos desarrollaron una cuchilla levantadora, acoplada a los 3 puntos de enganche de un tractor, cuya fuerza de arranque debe ser de 80 caballos. Este implemento cosecha 0,29 ha/día.

Hossne (74) indicó que la cosecha se podría efectuar halando los tallos por medio de un par de bandas inclinadas, modificadas, resistentes, como las que se utilizan para la remolacha azucarera. Bates (4) sugirió que una cosechadora de papas modificada podría servir para la yuca. Beeny (5) indicó que un principio de vibración aplicado a la cosecha mecánica facilitaba la extracción de las raíces. Para aumentar la producción de yuca, muchos fabricantes de maquinaria están interesados en desarrollar nuevas cosechadoras. La G.M.D. de Reims, Francia, ha sacado al mercado un excavador de yuca que se engancha al levantador hidráulico de un tractor.

En la estación experimental de Quilichao del CIAT se efectuó una evaluación de 2 cosechadoras empleando 3 variedades diferentes con una densidad de siembra de 5000, 10,000 y 20,000 plantas/ha, sembradas verticalmente en plano en un Ultisol friable, franco arcilloso (83). Las parcelas con las variedades M Mex 11, CMC-84 y M Col 22—clasificadas como difíciles, regulares y fáciles de cosechar a mano— se recolectaron mecánica y manualmente con fines comparativos. La diferencia en el desempeño de la maquinaria fue insignificante; tanto la cosechadora Richter (Richter Engineering Ltd.,

Bonah, Australia) como la cuchilla levantadora del CIAT disminuyeron el tiempo y el esfuerzo requeridos (78). Ambos métodos mecánicos fueron superiores a la cosecha manual de la variedad más difícil de cosechar, en relación con el menor número de raíces dejadas en el campo.

En el ITTA en Nigeria (148) se evaluó el desempeño de 4 cosechadoras mecánicas en un suelo arcilloso, húmedo, con 10.000 plantas/ha sembradas en plano. Una cosechadora europea de raíces (Ransomes) con una cuchilla fija y un transportador de cadena se comportó bien separando apropiadamente la tierra de las raíces a una velocidad de 4,5 h/ha. El principio de la cuchilla vibratoria con un transportador oscilatorio (A.P.I.), que trabaja bien en suelos livianos secos, no fue tan efectivo en este tipo de suelo; la otra cuchilla oscilatoria y el diseño de la levantadora (Alpha-Record) confirmaron que los mecanismos oscilatorios no eran apropiados en suelos arcillosos, húmedos. La cuchilla levantadora del CIAT fue la de mejor desempeño; el suelo y las raíces pasaban fácilmente sobre la cuchilla y el mecanismo levantador, dejando las raíces bien sueltas y aproximadamente un 50% por fuera de la tierra. Este implemento se opera a una capacidad de 3,5 h/ha.

Para la mecanización total, una buena solución sería la cuchilla levantadora sencilla como la diseñada en el CIAT (Fig. 6), de 2 metros de ancho para 2 hileras, seguida por un transportador de correa sinfín de 2 etapas, para separar la tierra y depositar las raíces en un remolque que corre a lo largo del transportador.

LA ROTACION DE CULTIVOS

La yuca se destaca por su habilidad para dar buenos rendimientos en suelos ácidos e infértiles y generalmente es el último cultivo que se siembra en un programa de rotación, debido a su capacidad excepcional para extraer nutrimentos del suelo. La yuca extrae más nutrimentos del suelo que la mayor parte de los cultivos tropicales, por lo menos en relación con el fósforo, el potasio y el magnesio (75). Las reservas de potasio del suelo se pueden agotar (la yuca extrae casi 100 kg de K_2O por cada 25 t de raíces producidas) si se cultiva yuca continuamente sin la fertilización adecuada (75). Por esta razón, a menudo es aconsejable dejar el terreno en barbecho o rotar después de la segunda o tercera cosecha consecutiva de yuca, especialmente en suelos de fertilidad media a baja. Si se siembra otro cultivo inmediatamente después de la yuca se debe fertilizar apropiadamente, a fin de obtener buenos rendimientos. En Africa Oriental, normalmente se siembra maíz, frijol, batata, banano, ñame o caña después del barbecho, y a continuación yuca (114).

Normanha (109) hace énfasis en la importancia de la rotación de cultivos. La yuca se puede sembrar después de cultivos como algodón, maíz, sorgo, maní, soya y frijol. La rotación es especialmente importante después de varios años de cultivar algodón, debido a los residuos de fosfato que se espera haya en el suelo. No solamente se controlarían las plagas insectiles del algodón sino que la yuca se beneficiaría de los residuos (materia orgánica) que quedan en el suelo.

Correa (43) recomendó comenzar un programa de rotación tan pronto como los rendimientos de la yuca empiezan a decrecer. Se puede emplear soya o cualquier otra leguminosa normalmente cultivada en esa área en particular. En Estado de São Paulo, Brasil, se han obtenido buenos resultados sembrando *Stizolobium* sp., la cual se corta y se

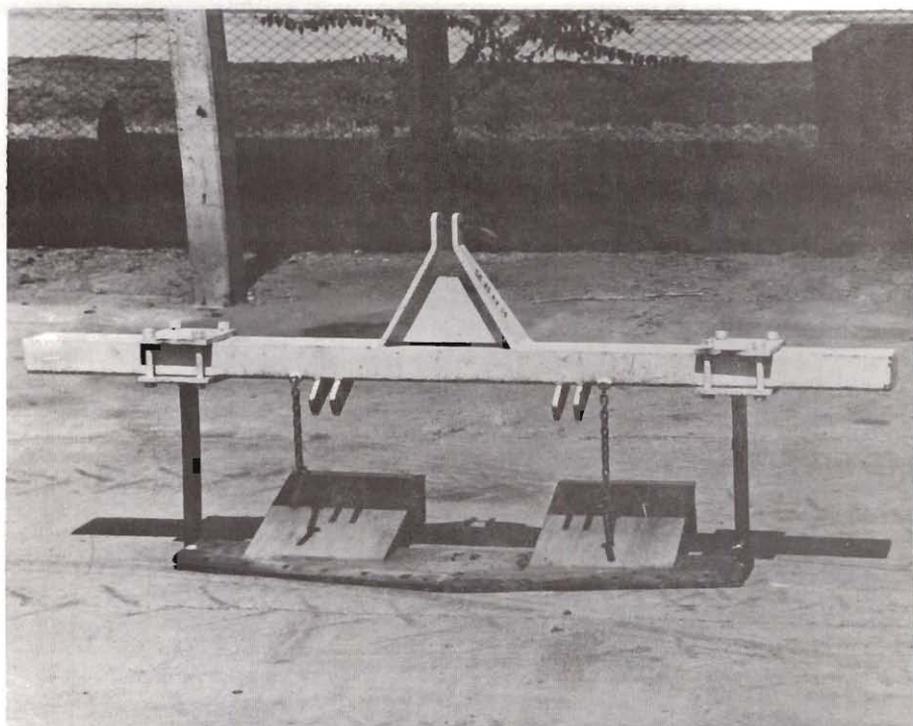


Figura 6. La inhumana y fatigosa cosecha de la yuca realizada tradicionalmente a mano, actualmente se puede hacer mediante el uso de maquinaria. Entre los diferentes prototipos disponibles en los últimos años se encuentra la "Arrancadora CIAT". Este implemento trabaja bien en cualquier condición y tipo de suelo y puede arrancar media hectárea de yuca por hora.

incorpora al suelo como abono verde después de cada 2 ciclos de yuca. En suelos pobres, Albuquerque (1) recomendó la rotación de yuca con las leguminosas *Cannavalia ensiforme*, *Cajanus indicus* y *Arachis hypogaea*. Sasidhar & Sadanandan (126) encontraron que cultivar la yuca después del caupí en un suelo franco, rojo, ácido (pH 5,8), era más ventajoso que cualquier otra secuencia que incluyera la yuca.

Como una práctica general de manejo de suelos, Castro (14) recomienda rotar la yuca con otros cultivos para mantener la fertilidad del suelo y evitar las plagas. Lozano & Terry (86) recomiendan la rotación con maíz o sorgo o dejar el terreno en barbecho durante 6 meses cuando la incidencia de enfermedades radicales es más alta que el 3%, debido al hongo del suelo *Phytophthora drechsleri*. Esta práctica debería disminuir la población del hongo, haciendo posible sembrar nuevamente yuca.

CONCLUSIONES

Como se deduce de lo anterior, es imposible generalizar sobre prácticas agronómicas para cultivar la yuca en determinado país, ya que cada área se caracteriza por tener factores edáficos, climáticos y ambientales específicos que afectan la respuesta del rendimiento de una determinada variedad de diversas formas. Por ejemplo, el CIAT y su subestación de Quilichao están ubicada en el mismo valle, pero hay marcadas diferencias en los suelos en relación con el pH, el drenaje, la profundidad, la fertilidad, el contenido de materia orgánica y la textura. Por consiguiente, corresponde a los centros de investigación nacionales desarrollar paquetes tecnológicos apropiados para cada región en particular.

Dos organizaciones de investigación internacionales han llevado a cabo trabajo multidisciplinario intensivo sobre sistemas de producción de yuca en la última década: El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el International Institute of Tropical Agriculture (IITA). En el CIAT, por ejemplo, se han obtenido resultados consistentes en ensayos regionales en los últimos 5 años, que prueban que es posible para los agricultores duplicar los rendimientos de la yuca utilizando variedades locales cuando se emplea el paquete tecnológico recomendado.

En muchos casos, únicamente se requieren pocos cambios para obtener una producción óptima en las diferentes áreas. Actualmente hay 2 paquetes: uno para áreas donde la yuca se ha cultivado tradicionalmente y el otro para producir yuca en Ultisoles y Oxisoles subutilizados, los cuales representan casi 1760 millones de hectáreas en el mundo.

Tecnología para áreas cultivadoras de yuca tradicionales

- a. Buena preparación del suelo.
- b. Selección y tratamiento del material de propagación (87).
- c. Siembra al comienzo de la estación lluviosa.
- d. Siembra de estacas de 20 cm de longitud en posición vertical con las yemas orientadas hacia arriba.
- e. Siembra en camellones donde los suelos son pesados y la precipitación mayor de 1200 mm/año (86).
- f. Una población de 10.000 estacas/ha, a menos que la investigación local recomiende otra cantidad.

Tecnología para Oxisoles y Ultisoles

Además de la tecnología descrita para las áreas que tradicionalmente cultivan yuca, esta tecnología se basa en el plan de fertilización del Cuadro 2. Este plan, desarrollado con base en 9 años de investigación en la estación experimental ICA-CIAT en Carimagua, contempla la siembra continua de yuca en el mismo terreno. A fin de mantener la producción, se debe incorporar cal dolomítica y aplicar en bandas conjuntamente otros productos en el momento de la siembra. El tratamiento de las estacas consiste en sumergirlas durante 15 minutos en una solución de 20 g de sulfato de zinc / l de agua que se agrega al fungicida. Para los Oxisoles colombianos, la siembra se debería efectuar del 15 de septiembre al 20 de octubre, con el objeto de evitar la alta incidencia de plagas y enfermedades (86).

Cuadro 2. Plan de fertilización para la producción continua de yuca en Ultisoles y Oxisoles (Howeler, com. pers., 1979).

Fertilizante*	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año**
	kg/ha			
10-20-20	1000	750	500	1000
Cal dolomítica	1000	-	-	1000
Azúfre	10	10	10	10
Zinc	5	5	5	5

* Cuando la yuca se cultiva tan sólo durante un año, el fertilizante se debe dividir de conformidad.

** Después del tercer año, el plan se repite.

Para sacar mayor provecho de la información futura sobre la investigación en producción de yuca, es necesario tener una descripción detallada del suelo, clima, materiales y métodos utilizados, recolección de información y evaluación estadística y objetivos definidos. Como el contenido de materia seca está altamente relacionado con el almidón y éste es el producto final más importante de la yuca, es de gran importancia incluir esta información. Además se deben indicar los días que se requieren para la cosecha para poder hacer comparaciones reales sobre el rendimiento, ya que la acumulación de materia seca/ha/día es uno de los mejores indicadores del potencial de rendimiento de cualquier variedad. Los experimentos se deben repetir por lo menos 3 años en la misma localidad antes de obtener resultados y poder emitir recomendaciones definitivas. Todos estos factores son esenciales para extrapolar los resultados y hacer que la información sea más valiosa para los investigadores de yuca en todo el mundo.

Se requiere más investigación en el área de producción y utilización de forraje de yuca debido a que la parte aérea representa de 40-50% del total de la planta. También se requiere trabajo adicional en el área de almacenamiento de material de propagación y producción de estacas, especialmente en regiones con condiciones climáticas extremas y con una incidencia de plagas y enfermedades severa.

Finalmente se puede concluir, al igual que Normanha (110), que las prácticas culturales más decisivas para la producción de raíces de yuca son:

- a. Selección de estacas sanas y maduras
- b. Siembra en la época más apropiada
- c. Buen control de malezas

Todas estas prácticas simples sobre producción de yuca son aplicables en cualquier lugar. En conclusión, se puede afirmar que dondequiera que se produzca yuca, su rendimiento se puede aumentar siempre y cuando se empleen prácticas agronómicas apropiadas.

Referencias citadas

1. ALBUQUERQUE, M. DE 1969. A mandioca na Amazônia. Belém, Pará, Brasil. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. 277p.
2. ———. 1970. Mandioca. Belém, Brasil, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte. Série Fitotecnia v.1, no. 1.65p.
3. ——— ; GUIMARÃES, M. DE y VIEGAS, R.M.F. 1974. Epocas de plantio e de colheita em zonas mandiocueiras do este paraense. Boletim Técnico do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte 60:193-221.
4. BATES, W. 1957. Mechanization of tropical crops. 1st. ed. London, Temple Press Books Ltd. 410p.
5. BEENY, J.M. 1970. Mechanization for tapioca. In Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala-Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.167-182.
6. BERTONI, M.S. 1945. Conservación de la rama de mandioca. Cartilla Agropecuaria (Paraguay) no. 81/83:31-33.
7. BOLHUIS, G.G. 1939. Ongekeerd geplante stekken van cassave. Landbouw (Java) 15:141-151.
8. BRANDAO, S.S. 1959. Ensaio sobre sistemas de plantio da mandioca. Revista Ceres 11(61):1-7.
9. BRICEÑO P., R.H. y LARSON, G. 1972. Investigación y desarrollo de una cosechadora de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista ICA 7(2):139-150.
10. CALDERON A., H. 1972. Ensayo de distancias de siembra con dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la región de Santágueda. Tesis. Ing. Agr. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. 55p.
11. CAMPOS, H. DOS R. y SENA, Z.F. DE 1975. Profundidade do sistema radicular do aipim "Maragogipe" (*Manihot esculenta* Crantz) aos sete e aos doze meses de ciclo. In Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBA/Brascan Nordeste. Série Pesquisa v.2, no. 1. pp.65-70.
12. CASTELLAR M., J.A. y MOGOLLON B., J.A. 1972. Estudio sobre conservación y viabilidad de semilla vegetativa de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis, Ing. Agr. Santa Marta, Colombia, Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Agronomía. 121p.
13. CASTRO M., A.; HOLGUIN, V.J. y VILLAVICENCIO, G.A. 1978. Efecto del ángulo de corte y posición de siembra de la estaca sobre el rendimiento de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 27p.
14. ———. 1979. The new technology for cassava production. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 36p. Trabajo presentado al Workshop on Pre-release Testing of Agricultural Technology. Cali, Colombia, 1979.

15. CELIS, E. y TORO, J.C. 1974. Seleção e preparação de material de mandioca para plantio. *In* Curso especial de aperfeiçoamento para pesquisadores de mandioca. Cali, Colombia, 1974. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.80-86.
16. ——— y TORO, J.C. 1974. Métodos de sementeira e cuidados iniciais a tomar na cultura da mandioca. *In* Curso especial de aperfeiçoamento para pesquisadores de mandioca. Cali, Colombia, 1974. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.182-186.
17. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1972. Viability of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. p.60.
18. ——— . 1973a. Effects of different spacings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. pp.50-53.
19. ——— . 1973b. Storage of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. p.60.
20. ——— . 1973c. Weed control; critical competition period. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. pp.69-74.
21. ——— . 1974a. Storage of stem cuttings. *In* ——— . Annual Report 1973. Cali, Colombia. pp.73-75.
22. ——— . 1974b. Weed control. *In* ——— . Annual Report 1973. Cali, Colombia. pp.103-109.
23. ——— . 1975a. Population and stake size. *In* ——— . Annual Report 1974. Cali, Colombia. pp.87-92.
24. ——— . 1975b. Weed control. *In* ——— . Annual Report 1974. Cali, Colombia. pp.95-99.
25. ——— . 1976a. Cultural practices. *In* ——— . Annual Report 1975. Cali, Colombia. pp.B47-B50.
26. ——— . 1976b. Physiology. *In* ——— . Annual Report 1975. Cali, Colombia. pp.B9-B14.
27. ——— . 1978. Treatment and storage of planting material. *In* ——— . Annual Report 1977. Cali, Colombia. pp.C23-C25.
28. ——— . 1979a. Management of planting material; stake length. *In* ——— . Annual Report 1978. Cali, Colombia. pp.A55-A56.
29. ——— . 1979b. Protection of vegetative planting material; storage of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1978. Cali, Colombia. pp.A30-A35.
30. CHAN, S.K. 1970. Notes on the growing of cassava at Serdang. *In* Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.139-148.
31. CHEW, W.Y. 1974. Yields of some varieties of tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) grown on Malaysian peat as affected by different planting methods, plant densities, fertilizers and growth periods. *Malaysian Agricultural Journal* 49(3):393-402.

32. COCK, J.H. 1974. Agronomic potential for cassava production. *In* Araullo, E.V.; Nestel, B. and Campbell, M., eds. Cassava Processing and Storage; proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 1974. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-031e. pp.21-26.
33. ——— et al. 1976. Sistema rápido de propagação de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie ES-20. 12p.
34. ——— y HOWELER, R.H. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. *In* Jung, G.A., ed. Crop tolerance to suboptimal land conditions. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. ASA Special Publication no. 32. pp.145-154.
35. ———; CASTRO M., A. y TORO, J.C. 1978. Agronomic implications of mechanical harvesting. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. Workshop on Cassava Harvesting and Processing, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.60-65.
36. COELHO, J.P. y CORREA, H. 1971. Herbicidas em pre-emergencia na cultura da mandioca. *In* Reunião da Comissão Nacional da Mandioca, 5a., Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971. Anais, Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste. pp.47-50.
37. CONCEIÇÃO, A.J. DA y SAMPAIO, C.V. 1973. Competição de espacamentos na cultura da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia. Convênio UFBA/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 1(1):80-85.
38. ———. 1975. Instruções para o cultivo da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia/Brascan Nordeste. Série Extensão v.1, no. 2. 22p.
39. ——— y SAMPAIO, C.V. 1975a. Sistemas de plantio de Mandioca. *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBA/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):119-127.
40. ——— y SAMPAIO, C.V. 1975b. Influência da posição da maniva na produção da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):79-85.
41. ———. 1976. Colheita da mandioca. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 1o., Cruz das Almas, Brasil. Trabalhos apresentados. Cruz das Almas, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp. 435-440.
42. CORREA, H. 1971. Possibilidades de aproveitamento do cerrado para cultura da mandioca. *In* Reunião da Comissão Nacional da Mandioca, 5a., Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971. Anais. Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste. pp.18-27.
43. ———. 1977. Cultura da mandioca; curso intensivo. Minas Gerais, Brasil, Ministério da Educação e Cultura. Escola Superior de Agricultura de Lavras. Convênio INCRA/FAEPE. 86p.
44. COURTS, G. 1949. Les études scientifiques sur le manioc à la Station Agricole du Lac Alaotra. *Enterprises et Produits de Madagascar* 2:41-61.
45. CRAWFORD, J. 1961. Cassava report on growing cassava in St. Elizabeth, Jamaica, Kaiser Bauxite. 23p.

46. CUNHA, H.M.P. DA; CONCEIÇÃO, A.J. DA y SAMPAIO, C.V. 1975. Observações preliminares sobre o uso de herbicidas pre-emergentes na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBA/ Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):129-135.
47. DELGADO, A. y QUEVEDO, H. 1977. Observaciones sobre el cultivo de la yuca en el sur del Lago. Maracaibo, Venezuela. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Agro Información 3(2):5-8.
48. DIAZ D., A. 1978. Land preparation for cassava. In Domínguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.84-90.
49. DIAZ, G.L. y ARISMENDI, L.G. 1973. Herbicidas en el cultivo de la yuca en la Sabana de Jusepín. Jusepín, Venezuela. Serie Agronomía no. 4:11.
50. DIAZ, R.O.; PINSTRUP ANDERSEN, P. y ESTRADA, R.D. 1974. Costs and use of inputs in cassava production in Colombia: a brief description, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series EE-5. 40p.
51. — ; TORO, J.C. y VARON, U. 1977. Características de la producción y sistemas de siembra. In Díaz, R.O. and Pinstrup Andersen, P., eds. Descripción agro-económica del proceso de producción de yuca en Colombia. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.C1-C20.
52. DOKU, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Accra. Ghana Universities Press. 44p.
53. DOLL, J.D. y PIEDRAHITA C., W. 1976. Methods of weed control in cassava. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series EE-21. 12p.
54. — ; PINSTRUP ANDERSEN, P. y DIAZ, R.O. 1977. An agro-economic survey of the weeds and weeding practices in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Colombia. Weed Research 17:153-160.
55. DONKOR, S.K. 1971. Investigation of suitability of the best cuttings and methods of planting cassava. B.Sc. Thesis. Kumasi, University of Science and Technology.
56. DRUMMOND, O. DE A.; CASTRO, J.F. DE y CRUZ, J.M. DE A. 1954. Trabalhos experimentais com mandioca. Boletim de Agricultura do Departamento de Produção Vegetal 3(3, 4):67-74.
57. EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. 1976. Sistemas de produção para mandioca. Ceará, Brasil. Série Sistemas de Produção. Boletim no. 15. 36p.
58. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 1975. Sistemas de produção para mandioca. Rio Prêto, Brasil. Série Circular no. 48. 12p.
59. ENYI, B.A.C. 1972. The effects of spacing on growth, development and yield of single and multiple shoot plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). I. Root tuber yield and attributes. East African Agricultural and Forestry Journal 38(1):23-26.
60. EZEILO, W.N.O.; FLINN, J.C. y WILLIAMS, L.B. 1975. Cassava producers and cassava production in the East Central State of Nigeria. Ibadan, Nigeria. National Accelerated Food Production Project. Cassava Benchmark Survey, East Central State. 27p.

61. FERNANDO, M. y JAYASUNDERA, E.S. 1942. Cultural experiments with cassava (*Manihot utilissima* Pohl-L.). *Tropical Agriculturist* 98(3):3-8.
62. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1978. Proyecciones de la FAO sobre productos básicos. Yuca: proyecciones de la oferta, la demanda y el comercio para 1985. Roma, Italia, ESC: PROJ/78/7. 7p.
63. GALANG, F.G. 1931. Experiments on cassava at the Lamao Experiment Station, Lamao, Bataan. *Philippine Journal of Agriculture* 2(2):179-188.
64. GODFREY-SAM-AGGREY, W. y BUNDU, H.S. 1972. Growing and fertilizing cassava in three cropping systems on upland soils of Sierra Leone. University of Sierra Leone. Njala University College. Circular no. 6. 19p.
65. ———. 1978. Effects of plant population on sole-crop cassava in Sierra Leone. *Experimental Agriculture* 14:245-252.
66. GONZALEZ CH., F.J. 1973. Estudio sobre el tamaño y la posición de la estaca de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) utilizadas en la plantación. Tesis. Jusepín, Venezuela, Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 29p.
67. GONZALEZ, J.A. 1976. El cultivo de la yuca. Maracay, Venezuela, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie de Cultivos no. 1. 18p.
68. GRACE, M.R. 1977. Elaboración de la yuca. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal no. 3. 162p.
69. GURNAH, A.M. 1973. The effects of plant population and fertilizers on the yield and components of yield of cassava in the forest zone of Ghana. Kenya, University of Nairobi. 9p. Trabajo presentado al International Symposium on Tropical Root Crops, 3rd., Ibadan, Nigeria.
70. ———. 1974. Effects of method of planting and the length and types of cuttings on yield and some yield components of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in the forest zone of Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science* 7(2):103-108.
71. HARPER, R.S. 1973. Cassava growing in Thailand. *World Crops* 25(2):94-97.
72. HARTMAN, H.T. y KESTER, D.E. 1968. Heel versus non-heel cuttings. *In* Plant propagation principles and practices. 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc. pp.257-259.
73. HOLGUIN, V.J.; CASTRO, M.A. y VILLAVICENCIO, G.A. 1978. Efecto de la profundidad de siembra en el rendimiento de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 17p.
74. HOSSNE G., A.J. 1971. A study of mechanizing the harvesting of cassava. Thesis. Silsoe, Bedford, England, National College of Agricultural Engineering. 59p.
75. HOWELER, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. *In* Domínguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.247-293.

76. JENNINGS, D.L. 1970. Cassava in Africa. *Field Crop Abstracts* 23(3):271-275.
77. JEYASEELAN, K.N. 1951. Studies in growth and yield of cassava. I. Yield in relation to size and type of set. *Tropical Agriculturist* 108(3):168-171.
78. KEMP, D.C. 1978. Harvesting: a field demonstration and evaluation of two machines. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. *Workshop on Cassava Harvesting and Processing*, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada, International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.53-57.
79. KIERSNOWSKI, S. 1950. Conservación de los tallos de mandioca. *Chacra (Argentina)* 20(233):60-61.
80. KOCH, L. 1916. Het planten van cassave volgens de methode van Heemstede Obelt vergeleken met de gewone bij de bevolking in zwang zijnde methoden. *Teysmannia* 27:240-245.
81. KROCHMAL, A. 1969. Propagation of cassava. *World Crops* 21(3):193-195.
82. KUNJU, U.M. 1972. Tapioca: a food cum industrial crop. *Farmer Parliament* 7(10):9-10.
83. LEJHNER, D.E. 1978. Follow-up evaluation of two harvesting machines. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. *Workshop on Cassava Harvesting and Processing*, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.58-59.
84. ———. 1979. New technology for cassava intercropping. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 27p. Trabajo presentado al Workshop on Pre-release Testing of Agricultural Technology, Cali, Colombia, 1979.
85. LORIA M., W. 1962. Influencia del tamaño y posición de la estaca de yuca en el arraigamiento, rendimiento y producción de follaje. *Proceedings of the Caribbean Region. American Society of Agricultural Science* 6:20-23.
86. LOZANO, J.C. y TERRY, E.R. 1977a. Cassava diseases and their control. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th., Cali, Colombia. 1976. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. pp.156-160.
87. ———. et al. 1977b. Production of cassava planting material. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series GE-17. 28p.
88. ———; COCK, J.H. y CASTAÑO, J. 1978. New developments in cassava storage. *In* Brekelbaum, T.; Bellotti, A. and Lozano, J.C., eds. *Cassava Protection Workshop*, Cali, Colombia. 1977. Proceedings. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series CE-14. pp.135-142.
89. LULOFS, R.B. 1970. A study of method and costs for commercial planting of tapioca in Kedah. *In* Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. *Crop diversification in Malaysia*. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.149-166.
90. MAKANJUOLA, G.A. 1975. The semi-automatic device for planting cassava stem cuttings on ridges. *Appropriate Technology* 2(4):24-25.

91. MANDAL, R.C.; SINGH, K.D. y MAINI, S.B. 1973. Effect of plant density, fertility level and shoot number on tuber yield and quality of tapioca hybrids. *Indian Journal of Agronomy* 18(4):498-503.
92. MATTOS, P.L.P. DE; GOMES, J. DE C. y MATOS, A.P. DE 1973. Cultura da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Leste. Circular no. 27. 13p.
93. MENDES, C.T. 1949. Conservação da rama da mandioca. *Granja (Brasil)* 5(47-48):50.
94. MENEZES, D.M. DE 1958. Rendimiento da mandioca e do feijão em função de época de plantio. Rio de Janeiro, Brasil. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comunicado Técnico no. 5. 18p.
95. MONTALDO, A. 1966. El cultivo de la yuca. Maracay, Universidad Central de Venezuela. Instituto de Agronomía. Publicación Divulgativa no. 4. 8p.
96. MONTEIRO, F.P. 1963. Valor econômico da mandioca e trabalho mecanizado no cultivo. *Rural (Brasil)* 511(43):16.
97. MOODY, K. 1972. Weed control in cassava. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. 5p.
98. MOORE, C.P. 1976. El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. *In* Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.270-288.
99. MUTHUKRISHNAN, C.R.; THAMBURAJ, S. y SHANMUGAN, A. 1973. Tapioca needs less water and care. *Farm and Factory* 7(9):29-30.
100. NAIR, G.M. 1978. Improved cultural practices of cassava. *In* Hrish, N. and Gopinathan Nair, R., eds. Cassava production technology. Trivandrum, India. Central Tuber Crops Research Institute. pp.21-24.
101. NARASIMHAN, V. y ARJUNAN, G. 1976. Effect of plant density and cultivation method on the incidence of mosaic disease of cassava. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 6(2):189-191.
102. NESTEL, B. y MACINTYRE, R., eds. 1973. Chronic cassava toxicity; proceedings of an interdisciplinary workshop, London, 1973. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-010e. 162p.
103. NINAN, C.A. et al. 1977. Effect of planting season on yield in cassava. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 10:6-7.
104. NORMANHA, E.S. y PEREIRA, A.S. 1947. Resultados experimentais sobre épocas de plantio da mandioca. *Revista de Agricultura (Piracicaba)* 22(4/6):135-142.
105. — y PEREIRA, A.S. 1950. Aspectos agronômicos da cultura da mandioca, *Manihot utilissima* Pohl. *Bragantia* 10(7):179-202.
106. — y PEREIRA, A.S. 1963. Cultura da mandioca. *Agronômico* 15(9/10):9-35.
107. — y PEREIRA, A.S. 1964. Cultura da mandioca. Campinas, Brasil. Instituto Agronômico. Boletim no. 124. 29p.

108. ———. 1970. General aspects of cassava root production in Brazil. *In* International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, 2nd., Honolulu and Kapaa, Kauai, Hawaii, 1970. Tropical Roots and Tuber Crops Tomorrow. Honolulu, University of Hawaii. v.1., pp.61-63.
109. ———. 1971. Yuca; observaciones y recomendaciones sobre su cultivo en Nicaragua. Managua, Banco Central de Nicaragua. 29p.
110. ———. 1975. Suggested guidelines for FAO's role in increasing and improving productivity of tropical root crops. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations. AGPC:MISC/40 Versión inédita. 41p.
111. ———. 1976. O plantio da mandioca. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 1o., Cruz das Almas, Brasil. 1976. Cruz das Almas, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp.190-197.
112. NUNES, W. DE O. et al. 1976. Espaçamento para mandioca (*Manihot esculenta*) em solos fluminenses de baixa fertilidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia 11:59-64.
113. ODIGBOH, E.U. 1978. A two-row automatic cassava cuttings planter: development, design and prototype construction. Journal of Agricultural Engineering Research 23:109-116.
114. OKIGBO, B.N. 1978. Cropping systems and related research in Africa. Ibadan, Nigeria, Association for the Advancement of Agricultural Sciences in Africa. Occasional Publications Series-OT-1. 81p.
115. OLIVEROS, B.; LOZANO, J.C. y BOOTH, R.H. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58(8):703-705.
116. ONOCHIE, B.E. 1975. Critical periods for weed control in cassava in Nigeria. PANS 21(1):54-57.
117. ONWUEME, I.C. 1978. Evaluation of the performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) when grown from inverted stem cuttings. Journal of Agricultural Sciences 90(1):149-156.
118. RAO, N.S. 1951. A short note on tapioca. Mysore Agricultural Journal 27(3):70-73.
119. RIBEIRO FILHO, J. 1966. Cultura da mandioca. Viçosa, Brasil, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. Escola Superior de Agricultura. 80p.
120. RODRIGUEZ, N.F. y SANCHEZ DE B., C.A. 1963. Importancia del tipo de estaca para la producción de mandioca en Misiones. Revista de Investigaciones Agrícolas 17(3):289-302.
121. ——— ; SANCHEZ DE B., C.A. y TARABANOFF, J. 1966. Algunos factores que influyen en el comportamiento del cultivo de mandioca en la provincia de Misiones. Revista de Investigaciones Agropecuarias 3(11):167-208.
122. ROSAS S., C. 1969. Influencia de la modalidad de siembra y tamaño de la estaca de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. La Molina, Perú, Universidad Nacional Agraria. Programa de Agronomía. 7p.

123. SANCHEZ DE B., C.A. y RODRIGUEZ, N.F. 1967. Conservación invernal de tallos de mandioca destinados a estaca-semilla en la provincia de Misiones. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (Serie 2)* 4(17):331-349.
124. SANTOS, E.O.; BESSA, M. y LIMA, P.B. DE 1972. Mandioca; recomendações tecnológicas. Brasil. Ministerio de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Nordeste. Circular no. 8. 11p.
125. SANTOS, R.B. 1967. Yield of cassava under different methods of land preparation. *Agricultural and Industrial Life* 29(7):22-26.
126. SASIDHAR, V.K. y SADANANDAN, N. 1976. Tapioca after cowpea gives higher yield. *Indian Farming* 26(6):23.
127. SCHULTE, E.E.; MAKANJUOLA, G.A. y ONOCHIE, B.E. 1973. Mechanization of cassava production. I. Planting. n.p. 6p. Trabajo presentado al International Symposium on Tropical Root Crops, 3rd., Ibadan, Nigeria, 1973.
128. SEIXÁS, B.L.S. 1976. Preparo do solos. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, I.o., Cruz das Almas, Brasil, 1976. Cruz das Almas, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp.183-189.
129. SENA, Z.F. DE y CAMPOS, H. DOS R. 1973. Estudo do sistema radicular da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetida a diferentes frequências de irrigação. *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBA/Brascan Nordeste. Série Pesquisa v.1, no. 1. pp.42-52.
130. SHANMUGAVELU, K.G. et al. 1973. Effect of time of planting and irrigation frequencies on the yield of tapioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 43(8):789-791.
131. SHANMUGHAM, A. y SRINIVASAN, C. 1973. Influence of number of shoots per plant on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Farm Journal (India)* 14(7):17-19.
132. SILVA, J.R. DA 1970. O programa de investigação sobre mandioca no Brasil. *In* Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo, I.o., Campinas, Brasil, 1970. Trabalhos. Campinas, Brasil. Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. pp.59-72.
133. ———. 1970. Solução radical só na técnica; mandioca. *In* Guia da Produção Rural, 1970. São Paulo. Coopercotia. pp.126-140.
134. ———. 1971. O programa de mandioca no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. *Agrônômico* 23:49-71.
135. ———. 1979. Some aspects of cassava production in Brazil. Brasilia, Brasil, Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. 25p.
136. SMITH, L.R. 1968. Informe de los ensayos sobre la producción de yuca en El Cibao. Santiago de los Caballeros, República Dominicana, Instituto Superior de Agricultura. 14p.
137. STEPHENS, J.M. 1965. Growing cassava in Florida. Gainesville, University of Florida. Agricultural Extension Service. Extension Vegetable Crops. Mimeo.Report 65-1. 3p.

138. TAKYI, S.K. 1972. Effects of potassium, lime and spacing on yields of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Ghana Journal of Agricultural Science 5(1):39-42.
139. TAN, K.H. y BERTRAND, A.R. 1972. Cultivation and fertilization of cassava. In Henderson, C.H. et al. A literature review and research recommendations on cassava. Athens, GA, University of Georgia. pp.37-72.
140. TARDIEU, M. y FAUCHE, J. 1961. Contribution à l'étude des techniques culturales chez le manioc. Agronomie Tropicale 16(4):375-386.
141. TINEO, J. 1976. Selección de estacas y la siembra de yuca. Agro Información 1(8):29-31.
142. TORO, J.C.; CELIS, E. y JARAMILLO, G. 1976. Métodos de cosecha de la yuca. In Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.225-232.
143. ——— ; CASTRO, A. y CELIS, E.A. 1978. Planting methods and care at early growth stage of cassava. In Domínguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.108-114.
144. ——— . 1979. Three years of cassava technology evaluation in Colombia. Field Crops Research 2:291-308.
145. VALLES P., C.R. 1977. Período crítico de competencia de malezas en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Tarapoto. Tarapoto, Perú. Centro Regional de Investigación Agropecuaria del Oriente. Avances en Investigación 1(1):10-14.
146. VIEGAS, A.P. 1976. Estudos sobre a mandioca. São Paulo, Brasil, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. 214p.
147. WAHAB, A.H.; ROBINSON, P.F. y HASSAN, I. 1977. Mechanized planting of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) stem cuttings on Guyana's light peats and peaty clays. Turrialba 27(2):137-141.
148. WIJEWARDENE, R. y GARMAN, C. 1979. Notes on mechanised cassava harvesting trials at IITA. Ibadan, Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture. 3p.
149. ZIJL, C.E. VANDER 1930. Verbetering der cassave cultuur door middel van proefvelden. Wageningen, Netherlands H. Veenman & Zonen. 127p.