

CAPÍTULO 19

Sistemas Mecanizados de Siembra y Cosecha para el Cultivo de la Yuca¹

Bernardo Ospina P.*, Martha Liliana García G.** y César Andrés Alcalde T.***

Antecedentes

Los avances logrados en los últimos años en el desarrollo de variedades de yuca con alto potencial de rendimiento ayudan a mejorar la productividad y la competitividad del cultivo y le permiten entrar en diferentes mercados, especialmente en los servidos por las industrias de alimentación animal y usos industriales (almidón y pegantes).

Para competir en estos mercados, los costos de producción se deben mantener tan bajos como sea posible. El cultivo de la yuca demanda una cantidad apreciable de uno de ellos, la mano de obra, especialmente en las labores de siembra y cosecha. En países como Brasil y Tailandia, se ha avanzado mucho en el desarrollo de sistemas mecanizados de siembra y de cosecha de la yuca, y éstos han reducido apreciablemente el costo de producción de este cultivo. En Colombia se han adaptado varias de estas tecnologías con resultados satisfactorios, y en este capítulo se describen algunas de ellas.

Mecanización

La mecanización agrícola pretende, como objetivo principal, ofrecer condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo en todas las etapas de su ciclo de vida. Implica, por tanto, una reducción directa de la mano de obra requerida, de los costos de producción, del tiempo que gasta cada labor por unidad de área, y del costo final del producto agrícola. En consecuencia, puede aumentar el área sembrada y justificar la inversión inicial en maquinaria agrícola.

La mecanización del cultivo de la yuca es una de las principales necesidades de la agricultura colombiana, si se tiene en cuenta la proyección de ese cultivo en los mercados nacionales e internacionales. Ahora bien, no hay actualmente una oferta tecnológica amplia de maquinaria en el mercado local ni en el internacional; por tanto, es necesario hacer inicialmente evaluaciones de esas tecnologías para adaptarlas a las condiciones del país.

Preparación del suelo

La yuca, como cualquier otro cultivo, requiere una buena preparación del suelo que varía según el clima, el tipo de suelo y de vegetación, la topografía, el grado de mecanización que recibe el cultivo, y otras prácticas agronómicas.

Una preparación adecuada del suelo garantiza una cama propicia para la 'semilla' y, en consecuencia, altos niveles de germinación y de producción. La cama de la semilla debe tener, en general, unos 20 cm de profundidad y un suelo disgregado y libre de terrones para que facilite el crecimiento horizontal y vertical de las raíces.

1. Trabajo de grado titulado "Evaluación técnica y económica de sistemas mecanizados de siembra de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en tres zonas productoras de Valle del Cauca y de Quindío" y realizado en CLAYUCA y el CIAT, Cali, Colombia.

* M.Sc., Desarrollo Agrícola Internacional, Director Ejecutivo de CLAYUCA, Cali, Colombia.
E-mail: b.ospina@cgiar.org

** Ingeniero Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional, Palmira, Colombia.

*** Ingeniero Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

La preparación del suelo comienza, generalmente, en la época seca; lo contrario se hace en regiones de clima muy húmedo, donde la tierra se prepara hacia el final de las lluvias fuertes y las estacas se siembran al comienzo de la época seca: así se aprovechan las lluvias poco copiosas para el desarrollo inicial de las raíces. En zonas de menor precipitación pluvial es necesario, a veces, arar antes del período seco para aprovechar algo de lluvia, ya que más tarde el terreno se secará y endurecerá demasiado para la labranza. En muchas regiones, el arado de discos ha comenzado a ser sustituido por otros implementos, como el arado de cincel, que ayudan a conservar la estructura del suelo.

Cuando es posible mecanizar esta labor, muchos cultivadores de yuca preparan el suelo con un arado sencillo y otro de discos: de este modo obtienen buenas condiciones para plantar, ventilan el suelo y controlan las malezas. Hoy en día es necesario evaluar la estructura y otras propiedades físicas del suelo, con el fin de hacer un diagnóstico para elegir el patrón de mecanización necesario. Además, se deben incluir los conceptos de sostenibilidad y de labranza reducida donde sea posible.

Una práctica común en Brasil —y en casi todas las zonas en que se mecanizan las labores de siembra— es la preparación de surcos de 10 a 20 cm de profundidad para plantar en ellos las estacas en posición horizontal. El primer pase de arado (con el de discos) se hace 30 días antes de la plantación; el segundo se hace justo antes de plantar las estacas. El objetivo es mejorar las condiciones del suelo y eliminar las malezas que puedan generarle competencia al cultivo en su establecimiento.

En los terrenos en declive no es recomendable plantar yuca si las pendientes superan el 15%; en caso de plantarla, deben hacerse surcos en contorno para prevenir la erosión. Esta puede convertirse en un problema grave si, además, el suelo es arenoso, especialmente durante los primeros meses de crecimiento del cultivo (Ribeiro, 1996).

Plantación o 'siembra'

La introducción de nuevas tecnologías en el cultivo de la yuca ha modificado las prácticas del cultivo, principalmente el método de plantación y la posición de la estaca; estas dos prácticas

son fundamentales para elevar el rendimiento y asegurar el mercado del producto (Cuadra y Rodríguez, 1983).

Cock et al. (1978) proponen varios métodos de plantación ('siembra') que tienen en cuenta el clima, los suelos, los equipos disponibles, la topografía y las costumbres de los agricultores. Estos métodos son el manual, el semimecanizado y el mecanizado.

En Colombia se planta la yuca, generalmente, en el plano o en caballones; la elección de uno u otro sitio de plantación depende de la humedad de la zona y de la textura del suelo (Figuras 19-1 y 19-2).



Figura 19-1. Lote en que la yuca se plantó en caballones.



Figura 19-2. Lote en que la yuca se plantó en el plano.

Suelos y métodos

Cualquier método de plantar estacas debe hacer énfasis en la emisión de brotes ('germinación') y en el enraizamiento de las estacas; para lograrlo, se requiere que el suelo tenga la humedad adecuada y una buena preparación. El método de plantación empleado dependerá, principalmente, del tipo de suelo y del clima.

- En suelos de **textura arcillosa** en que caen más de 1200 mm de precipitación pluvial, deberían hacerse caballones para facilitar el drenaje; esta práctica mejoraría considerablemente el establecimiento y el rendimiento del cultivo y, además, facilitaría la labor de cosecha manual (Lozano, 1978).

Conceição (1976) informa que la plantación de las estacas en posición horizontal, a 10 cm de profundidad, en surcos, facilita la cosecha comercial (Figura 19-3). La siembra en caballones da buenos resultados si las malezas no constituyen un problema grave.

- En suelos **más pesados** y compactos se debe plantar la yuca en camas o caballones, ya que esos suelos se saturan de agua y, en la época de lluvias, propician la pudrición de las raíces porque están mal aireados, lo que causa pérdidas al cultivo.

Lulofs (1978) reportó que la 'siembra' en plano es satisfactoria; sin embargo, plantar en caballones puede dar mayor rendimiento, mejor control de la erosión y más facilidades para la cosecha; no hay diferencias significativas en producción de yuca entre ambos métodos. La plantación en caballones dio una producción de raíces menor que la realizada en el plano; no obstante, con ésta disminuye el número de desyerbas requeridas y el esfuerzo físico que exige la cosecha.

- En suelos de **textura arenosa**, que predominan en los climas secos del trópico, se planta la yuca en el plano; es recomendable que en esos suelos se coloquen las estacas en posición vertical (Figura 19-4), enterrándolas unos 5 cm (la estaca tiene 20 cm). El daño causado por el calor excesivo del suelo en las yemas que quedan enterradas —mayor, generalmente, que el calor recibido por las yemas que quedan en el



Figura 19-3. Estaca plantada en posición horizontal.



Figura 19-4. Estaca plantada en posición vertical inclinada.

exterior— afecta el rendimiento del cultivo (Cadavid L., 1998).

Métodos y variables

Cuatro **variables importantes** determinan los métodos de plantación de la yuca, sean éstos manuales o mecanizados:

- profundidad de siembra;
- longitud de la estaca;
- posición de la estaca;
- espaciamiento entre plantas y entre surcos.

Cada una de ellas tiene un valor diferente según el tipo de suelo y la condición climática en que se planta el cultivo (Figuras 19-3 y 19-4).

Profundidad de siembra. Para facilitar la producción de raíces tuberosas, la profundidad a que se planta la estaca no pasa de 10 a 15 cm. Las raíces finas tienen a su cargo la absorción de los elementos esenciales y el agua y se extienden, por ello, a mayor profundidad que la de siembra cuando el cultivo sufre estrés hídrico o sequía.

La plantación manual es tradicional en todas las regiones yuqueras. Se coloca la estaca en forma vertical o inclinada en un surco, ya sea sobre un caballón o en el plano, y se entierran de 5 a 10 cm de los 20 cm que tiene la estaca. Se planta en el sentido de crecimiento de las yemas, procurando que un buen número de ellas quede bajo el suelo, lo que depende de la variedad.

Varios experimentos han indicado que la porción de la estaca que se entierra al plantarla no debe sobrepasar los 10 cm; a mayor profundidad puede haber dificultades en la cosecha. Una plantación más superficial (5 cm) permite que las plantas sean arrastradas por el agua o que tengan raíces superficiales propensas al volcamiento; además, dificulta algunas prácticas agronómicas. En los suelos arenosos, la profundidad de plantación no debe ser menor que 5 cm, ya que el agua asienta la arena y dejaría al descubierto la estaca plantada.

Longitud de la estaca. En cualquier sistema de producción de yuca, el tamaño y cantidad de las estacas que se plantan es de gran importancia, si se desea obtener altos rendimientos.

La calidad de la estaca depende de la edad y del grosor del tallo seleccionado para cortarla, del tamaño de la estaca, de la variedad de yuca, de la duración del almacenamiento, y del daño mecánico que sufra la estaca cuando es preparada, transportada, almacenada o plantada. La longitud de las estacas comúnmente usadas por los agricultores está entre 15 y 25 cm.

En 1974, Gurnah demostró que, donde la humedad es adecuada (1000 mm) y se plantan estacas de 2 a 8 nudos, se incrementa el rendimiento al aumentar el número de nudos

desde 2 hasta 5; más allá de este número no hubo ulteriores incrementos en el rendimiento. La longitud de la estaca que se plante depende, por tanto, del número de nudos deseados (lo recomendable es entre 3 y 5) y ese número depende, a su vez, de las características fenotípicas de la variedad que se plantará (Figura 19-5).



Figura 19-5. Los nudos de la estaca en relación con su longitud. Variedad CM 533-4 (ICA Negrita).

Se garantiza un valor alto en la emisión de brotes de la estaca ('germinación') si ésta es fresca, o sea, está recién cortada.

Posición de la estaca. En Colombia se plantan las estacas generalmente en posición vertical (ver Figura 19-4). Cock et al. (1978) hallaron que ni el ángulo de corte ni la posición en que se planta la estaca tienen un efecto significativo en el rendimiento. Cuando se corta la estaca perpendicularmente a su longitud (en ángulo recto), las raíces se distribuyen uniformemente alrededor de la circunferencia del corte (Figura 19-6). Si se planta la estaca horizontalmente, las raíces se separan más y la cosecha es más fácil que cuando se planta en posición vertical o inclinada (Figura 19-7).

Los ensayos realizados en el CIAT indican que el enraizamiento y la emisión de brotes ('germinación') de las estacas, bajo condiciones de campo, fueron siempre más rápidos cuando éstas se plantaban en posición vertical. Se recomienda plantarlas en posición horizontal cuando la operación es mecanizada y la humedad del suelo es la apropiada.



Figura 19-6. Estaca cortada en ángulo recto respecto a su longitud.

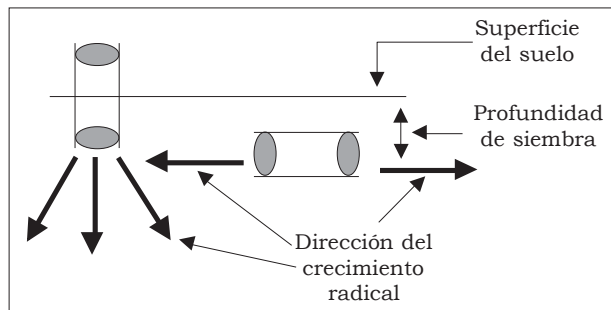


Figura 19-7. Esquema que muestra el crecimiento de las raíces de yuca según la posición en que se plantan las estacas.

No se han encontrado diferencias significativas en la producción de raíces de plantas provenientes de estacas que se plantan inclinadas, verticales u horizontales; no obstante, la observación continua permite recomendar que se planten las estacas en posición vertical porque ésta favorece el crecimiento inicial y reduce el volcamiento de las plantas (Solórzano, 1978).

Datos recientes obtenidos por investigadores del CIAT en Honduras sugieren que las estacas plantadas en posición vertical o inclinada contribuyen a que las plantas mantengan sus tallos rectos y reduzcan el enraizamiento fuerte; sin embargo, Conceição (1975) recomienda plantarlas horizontalmente en los surcos cuando la siembra es mecanizada. Otros datos obtenidos por el CIAT indican que la estaca plantada en posición vertical o inclinada facilita luego la cosecha mecánica.

En regiones de suelos medios a pesados cuya precipitación está entre 1000 y 2000 mm al año, no hay diferencias entre la plantación de la estaca en posición horizontal o vertical, ya que la humedad es adecuada para que ésta 'germine'.

En regiones de suelos arenosos y de lluvias irregulares, la posición vertical de la estaca es la más segura. Además, las estacas pueden reducirse de 20 cm a una longitud de 10 a 15 cm; de este modo aprovechan mejor la humedad disponible. Las estacas plantadas verticalmente sirven así de medio difusor del calor.

Espaciamiento entre plantas. Es indiscutible que el espaciamiento de las plantas en el cultivo tiene un efecto especial en la producción y depende de factores como la fertilidad del suelo, la variedad de yuca, la topografía, el método de plantación de las estacas, la finalidad del cultivo, la época de plantación, la época de cosecha, y el clima. Es imposible, por tanto, adoptar un solo espaciamiento que responda a todas las variables mencionadas.

Las plantas de yuca que crecen en una misma área compiten entre sí por agua, luz y nutrientes. Por tal razón, el espaciamiento ideal para cada variedad depende de la fertilidad del suelo o de la época de plantación; una vez determinado, habrá mejor distribución de los individuos en el campo y se logrará aprovechar con más eficiencia los factores de producción (Normanha, 1974).

En las áreas de producción de yuca de Río de Janeiro, en Brasil, se encontró que el espaciamiento a 1.20 m entre surcos dio mejores resultados dados los suelos de esa región. No hubo diferencias significativas entre 0.5 m, 0.7 m y 0.9 m de espaciamiento entre plantas respecto a la producción de raíces tanto de tipo industrial como comercial. El espaciamiento más usado en Colombia es de 1 m entre plantas y 1 m entre surcos.

Implementos mecánicos

La oferta tecnológica disponible actualmente para el cultivo de la yuca comprende varios implementos que incorporan la acción del hombre para poder operarlos correctamente.

Aún no se ha desarrollado la plantación mecánica de yuca y por eso se habla sólo de siembra o plantación semimecanizada.

Operación semimecanizada. La plantación semimecanizada comprende, inicialmente, el paso de un arado de cincel que rotura el suelo y deja líneas marcadas con un pequeño surco; posteriormente, las estacas se colocan manualmente dentro de cada surco de la línea, en forma horizontal, con la densidad deseada. Finalmente se cubren las estacas con suelo.

En otra práctica de plantación semimecanizada, el implemento es alimentado manualmente con estacas previamente cortadas al tamaño deseado. No se integra la fertilización del cultivo en el mismo pase del implemento en que se plantan las estacas.

Para Colombia y otros países suramericanos han sido de gran importancia los avances de Brasil en este campo. Los implementos brasileños han sido evaluados en las condiciones locales con buenos resultados, entre ellos la definición de los requisitos básicos para poder adaptarlos.

Monteiro (1963) reportó que una plantadora Sans fue probada en Brasil y realizó un trabajo perfecto a velocidades normales de operación empleando 8 hombres que plantaron 10 ha por día; anteriormente eran necesarios 30 hombres para plantar manualmente la misma área. Para comparar los resultados obtenidos se toma como base el trabajo de 6 hombres que plantan 1 ha en 1 día de 8 horas, es decir, que el rendimiento diario total es 1 ha, y el rendimiento diario por hombre es 1/6 ha (0.167 ha).

Modelos. Recientemente llegaron a Colombia dos modelos de sembradoras de yuca desarrolladas en Brasil, que fueron evaluadas por CLAYUCA. Se encontró que su rendimiento asciende hasta 9.2 ha/día si se utiliza un modelo de tres líneas, y hasta 6.2 ha/día si se utiliza un modelo de dos líneas; se emplean 3 y 2 hombres, respectivamente (Figura 19-8).

El implemento para plantar estacas de yuca está conformado, en general, por los siguientes elementos:

- un sistema de abertura de surco de disco doble;

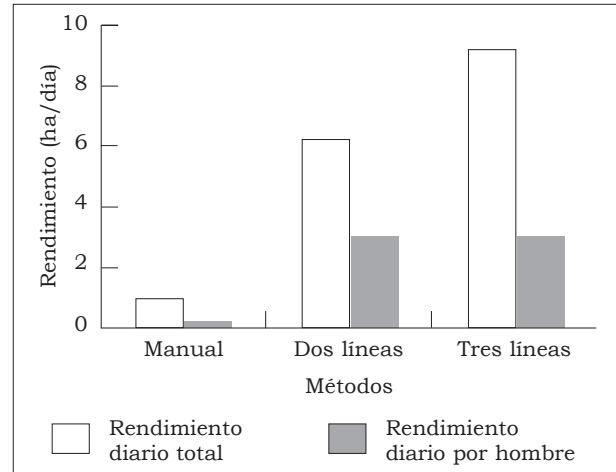


Figura 19-8. Rendimiento diario (total y por operario) del método semimecanizado de plantar estacas de yuca en Colombia.

- un dispositivo para corte de la estaca que se planta (sierra o mandíbulas);
- un sistema de alimentación de estacas (manual);
- una tolva para fertilizar en banda;
- un patín para compactar el suelo sobre la estaca (la 'semilla') dejada en el surco; y
- un sistema de aporque.

Otro implemento más elaborado tiene un disco para romper la costra superficial de suelo, el cual se usaría en operaciones de siembra directa o cuando el suelo esté bastante endurecido o poco preparado.

Los sistemas de dos líneas pueden plantar estacas en los caballones, siempre y cuando el tractor lo permita, es decir, que puedan separarse las llantas a una distancia igual a la de dos surcos consecutivos.

Estos dos modelos de plantadora de estacas se presentan como la mejor alternativa del agricultor para reducir los costos de la operación manual y, por ende, los costos finales (Figura 19-9); la inversión es baja, y se recupera en 1 año, cuando se siembran 30 ha. Hechas las evaluaciones y definidas las modificaciones que permitan un satisfactorio desempeño de las máquinas en nuestras condiciones, éstas se encuentran disponibles en el mercado local (Figuras 19-10 y 19-11).

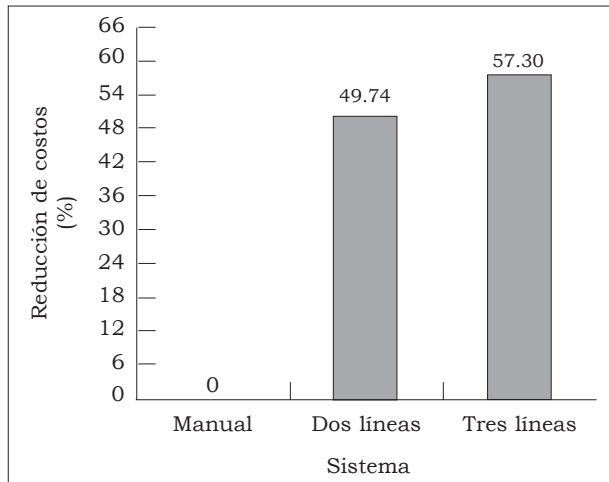


Figura 19-9. Reducción de costos de ‘siembra’ según el sistema de plantación adoptado (no hay reducción en plantación manual).



Figura 19-10. Implemento de dos líneas para plantar estacas de yuca. Su nombre comercial es Planticenter PC20.



Figura 19-11. Implemento de tres líneas para plantar estacas de yuca.

Estos implementos fueron diseñados en Brasil para labores en plano y en suelos arenosos. En Colombia fueron probados, junto con agricultores comerciales, en plano y en caballón, en suelos arenosos, francos, arcillosos, y en un plantío directo, en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Quindío, Huila, Meta y Atlántico. Se definieron así las variaciones que deben hacerse en los modelos, si se quiere introducir esta tecnología en el país.

Sistema apropiado. Para tomar una decisión acerca del sistema mecanizado más conveniente en un caso dado, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- El tipo de tractor y su potencia disponible.
- El método de plantar estacas (‘siembra’ en plano o en caballones).
- Plantación convencional o directa.

La plantación mecanizada, por sí sola, no garantiza un mayor rendimiento ni un valor alto de ‘germinación’ de la estaca; condiciones indispensables son la estaca fresca y recién cortada, y una buena preparación del suelo. Las demás labores deben realizarse sin excepción.

Costos. La estructura de los costos de producción se modifica positivamente con la introducción de estas tecnologías; esto permite aumentar el área plantada y reducir los costos finales, lo que representa mayores ganancias. Además, cuando se obtienen altos rendimientos, los costos disminuyen; pero esto se logra si se garantizan las condiciones mínimas para que se desempeñe bien el implemento.

El agricultor debe incluir en su estructura de costos aquellos incurridos por la depreciación y el mantenimiento del implemento, para que sus cálculos se acerquen más a la realidad. El Cuadro 19-1 presenta los resultados obtenidos recientemente por CLAYUCA en los trabajos de adaptación de tecnología de plantación (‘siembra’) mecanizada de yuca.

Cosecha

Una de las labores más difíciles de mecanizar es la cosecha de la yuca, por las siguientes razones: las restricciones que provienen de la forma y la distribución de las raíces en el suelo, la

Cuadro 19-1. Estructura general de costos (costo/ha) de la labor de plantación de estacas de yuca aplicando tres métodos, en la zona plana del departamento de Valle del Cauca, año 2000.

Actividades ^a	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	RCD ^b (%)
'Siembra' manual					
Corte de estacas ^c	Jornal	5	10,000	50,000	
Insumos para tratamiento	Global			13,410	
Tratamiento de estacas	Jornal	0.5	10,000	5,000	
Plantación manual	Jornal	6	10,000	60,000	
'Resiembra'	Jornal	1	10,000	10,000	
Total por labor				138,410	10.38
Costo total/ha				1,333,610	
'Siembra' en dos líneas					
Corte y apilada (varas)	Jornal	3	10,000	30,000	
Costo F y V de implemento	\$/hora	1.28	9,174	11,761	
Costo F y V de tractor	\$/hora	1.28	12,743	16,337	
Operarios plantación mecanizada	Jornal	0.32	10,000	3,200	
Jornal del tractorista	Jornal	0.16	21,000	3,360	
'Resiembra'	Jornal	0.50	10,000	5,000	
Total por labor				69,658	6.41
Costo total/ha				1,086,350	
'Siembra' en tres líneas					
Corte y apilada (varas)	Jornal	3	10,000	30,000	
Costos F y V de implemento	\$/hora	0.87	8,600	7,482	
Costos F y V de tractor	\$/hora	0.87	12,743	11,086	
Operarios plantación mecanizada	Jornal	0.326	10,000	3,260	
Jornal del tractorista	Jornal	0.108	21,000	2,268	
'Resiembra'	Jornal	0.50	10,000	5,000	
Total por labor				59,096	5.74
Costo total/ha				1,029,878	

a. F y V = fijos y variables (costos).

b. RCD = relación entre el costo de plantar estacas y el total de costos directos del cultivo, en porcentaje.

c. En lenguaje regional: picar la 'semilla'.

profundidad en que se encuentran las raíces, los residuos de la recolección del forraje y del material de plantación (estacas), y el suelo adherido a las raíces.

La labor de cosecha constituye la etapa final del cultivo, cuya época o momento mejor es definido por el agricultor en función de la productividad del cultivo, del contenido de almidón de las raíces y de las propiedades culinarias de éstas. Esta operación es quizás la que más influye en la estructura de costos del cultivo, ya que demanda bastantes jornales (Cuadro 19-2).

En Colombia, la cosecha de la yuca representa más del 30% de los costos de

producción, principalmente porque se usan métodos manuales y rudimentarios y, a veces, ineficientes. Se requiere, por tanto, un trabajo que mecanice un poco la cosecha, dado que cualquier método o dispositivo mecánico que pueda aumentar la eficiencia de esta operación contribuye también a reducir notablemente, no sólo los costos de producción (Figura 19-12), sino también la fatiga y el gasto de energía de los operarios que la ejecutan (Toro et al., 1976).

En la costa norte de Colombia se ha comprobado que, con un rendimiento promedio de 12.5 t/ha, se requieren 25 hombres en una jornada de trabajo de 8 horas (B. Ospina, comunicación personal). Por consiguiente, el rendimiento diario por hombre es de 500 kg/día

Cuadro 19-2. Estructura general de costos (costo/ha) de la cosecha de yuca aplicando dos métodos (manual y semimecanizado), en la zona plana del departamento de Valle del Cauca, Colombia, año 2000.

Actividades ^a	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	RCD ^b (%)
Cosecha manual					
Arranque de raíces	Jornal	25	10,000	250,000	
Empaque	Costal	180	90	16,200	
Cabuya	Rollo	1	5,500	5,500	
Total por labor				271,700	20.4
Costo total/ha				1,333,610	
Cosecha semimecanizada					
Costo F y V de implemento	\$/hora	1.14	4,014	4,576	
Costo F y V de tractor	\$/hora	1.14	18,203	20,751	
Arranque de raíces (operarios)	Jornal	10.5	10,000	105,000	
Tractorista	Jornal	0.15	21,000	3,150	
Empaque	Costal	180	90	16,200	
Cabuya	Rollo	1	5,500	5,500	
Total por labor				155,177	14.4
Costo total/ha				1,086,350	

a. F y V = fijos y variables (costos).

b. RCD = relación entre el costo de cosechar la yuca y el total de costos directos del cultivo, en porcentaje.

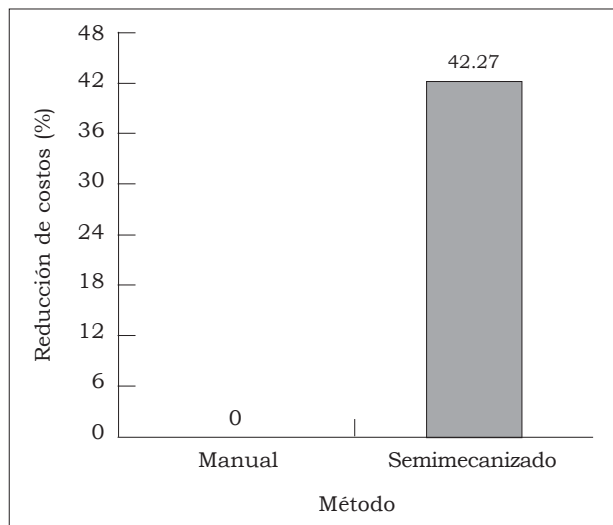


Figura 19-12. Reducción de los costos de cosecha (costo/ha) según el método empleado.

(Figura 19-9). Esta labor de cosecha no incluye la recolección del material de plantación, la selección de las raíces y su empaque.

Cosecha manual

Esta operación se ejecuta en etapas:

- La primera comprende el corte y la selección del forraje (hojas de yuca,

follaje) y de la 'semilla; se deja sólo una parte del tallo (de 20 a 40 cm de longitud) adherida a las raíces para que éstas puedan extraerse del suelo (el arranque) más fácilmente.

- La segunda comprende la extracción de las raíces y va acompañada de la recolección, la limpieza y el empaque de las mismas.

Estas tres últimas labores son comunes a todos los métodos de cosecha de la yuca, tanto manuales como mecánicos. En la cosecha manual se consideran cuatro modalidades:

Con la mano. En los suelos livianos o arenosos, las raíces se pueden arrancar fácilmente con la mano, sin la ayuda de ninguna herramienta.

Con palanca. En los suelos cuya textura va de franca a arcillosa y que presenten problemas de compactación, es necesario utilizar la siguiente técnica, que facilita la extracción: se amarra el tallo con cadenas o cuerdas a un palo que tenga de 2.5 a 3 m de largo y sea suficientemente recto y firme para que sirva de palanca contra el suelo.

Con arrancador. Esta técnica modifica la anterior. Se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche a modo de tenaza que va unido a un palo de 2.5 m de largo o mayor (según la altura del operario); el enganche se sitúa a 30 cm del extremo del palo que se apoya en el suelo. Se engancha entonces el tallo por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba como en la modalidad anterior (Figuras 19-13 y 19-14). Este equipo se usa comúnmente en algunas regiones productoras de yuca de Tailandia.

Con cincha. En la zona cafetera de Colombia, donde los suelos son, generalmente, de textura mediana, se usa mucho una especie



Figura 19-13. Arrancador de palanca del equipo tailandés para cosecha.



Figura 19-14. Operación de la palanca en el equipo tailandés.

de correa que el agricultor se ata dándole vuelta por su espalda, pasándolo sobre su hombro y amarrándolo luego al tallo. El extremo de la correa que se amarra al tallo puede ser un lazo fuerte o una cadena. De esta manera, las manos sirven de agarre y dan vibración al tallo, y el cuerpo sirve de palanca.

Cosecha mecanizada

En este método (como en los demás), la cosecha de la yuca es más fácil si se ha plantado el cultivo en caballones o camas, y más difícil si está en el plano. Asimismo, la extracción de las raíces es más fácil en un suelo arenoso y suelto que en otro arcilloso o pesado, sin que importen el método de cosecha o la distribución de las raíces en el suelo.

Como ocurre con la operación de plantación de las estacas de yuca, los implementos para la cosecha de las raíces que se ofrecen comercialmente requieren la acción humana en el momento de extraer las raíces. En otras palabras, la acción de esos implementos consiste en aflojar el suelo y, en algunos casos, en voltearlo.

Los implementos cosechadores se han desarrollado partiendo del uso —común entre los agricultores— de los implementos de remoción del suelo, como zanjadoras, cinceles y arados de vertedera, para facilitar la cosecha (Figura 19-15).

Estos implementos trabajan a profundidades de 40 cm, en promedio, y son, por tanto, muy exigentes en potencia; pueden operar satisfactoriamente sólo si son movidos por tractores de 100 HP en adelante (Figura 19-16). De lo contrario, habrá mayores pérdidas porque la operación dejará raíces cortadas o enterradas.

Cosechadores. Briceño y Larson (1972) desarrollaron un cosechador con una cuchilla levantadora de 2 m de ancho, que trabaja sobre dos surcos acoplada a los tres puntos de enganche del tractor; su fuerza de arranque debe ser de 80 HP y tiene un rendimiento de 0.5 ha/hora. Trabaja bien en cualquier condición y tipo de suelo. Esta máquina superó el resultado de la cosecha manual respecto al menor número de raíces dejadas en el campo.



Figura 19-15. Implemento flexible para cosechar yuca, cuando entra en el suelo.



Figura 19-16. Avance del tractor y el implemento en el campo.

Recientemente se probaron en Colombia dos modelos de cosechadores traídos de Brasil (Figura 19-15); los evaluaron los ingenieros de CLAYUCA en departamentos de tradición yuquera como Quindío, Tolima, Huila y Valle del

Cauca. Estos implementos constan, en general, de los siguientes componentes:

- Un disco para cortar la costra o cobertura del suelo.
- Un elemento removedor de tierra, que puede ser otra cuchilla, un subsolador o un elemento similar.
- Un dispositivo que separa las raíces del suelo que se adhiere al implemento.

Operación. Cuando se planea utilizar un implemento de cosecha, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- **Humedad del suelo.** Cuando el suelo está seco es más difícil cosechar la yuca que cuando está húmedo. Sin embargo, la humedad debe ser tal que permita introducir la maquinaria en el lote y que impida una adhesión muy grande del suelo al implemento (Figura 19-17).
- **Densidad de siembra.** Estos implementos pueden aflojar el suelo de dos surcos simultáneamente, pues la envergadura de las “alas” de la cuchilla es de 1.2 m. Ahora bien, si los surcos están separados menos de 90 cm, es probable que se presenten



Figura 19-17. Aspecto del suelo después del paso del implemento.

pérdidas porque habrá raíces enterradas y cortadas; si es mayor que 1.2 m, las raíces no se aflojarán de manera satisfactoria.

- **Velocidad de operación del tractor.** Esta velocidad debe ser constante durante toda la operación de cosecha porque un cambio brusco en ella, cuando el implemento esté enterrado, hace variar la profundidad de trabajo del implemento, lo que aumenta las pérdidas por raíces cortadas o enterradas.

Para cuantificar el rendimiento y hacer comparaciones con la cosecha manual, es importante separar el rendimiento diario por hombre (ver Figura 19-11) y el rendimiento del implemento, que depende de la velocidad de avance del tractor.

La velocidad de operación que más se usa es 4 km/hora; puede aumentar, sin embargo, lo que depende de la humedad y de la textura del suelo. Por consiguiente, el rendimiento diario del implemento es de 6.4 ha, en promedio.

Conclusión

Los implementos antes descritos ya se encuentran en el mercado local y no representan una inversión grande para el agricultor; su uso evita, en cambio, costos considerables, como lo demuestra la estructura de costos de la cosecha de yuca (Cuadro 19-2).

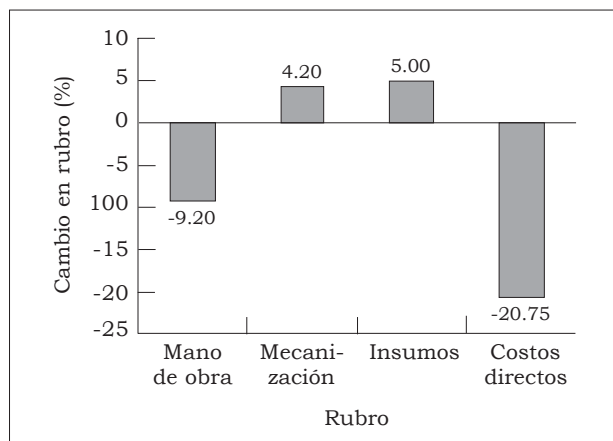


Figura 19-18. La adopción simultánea de las tecnologías de 'siembra' y de cosecha modifica (por reducción o aumento) los rubros contenidos en los Cuadros 19-1 y 19-2 (respecto a 1 ha) para esas operaciones.

La Figura 19-18 muestra el cambio, en porcentaje, que experimentan algunas variables o rubros incluidas en las operaciones de plantación y cosecha de la yuca (jornales, mecanización, insumos) cuando se adoptan las tecnologías antes descritas en ambas operaciones de un mismo cultivo.

En Tailandia, la cosecha semimecanizada de yuca es una práctica común; en el mercado tailandés se dispone de varios modelos de cosechadoras (Figuras 19-19 y 19-20).



Figura 19-19. Cosechadora tailandesa de yuca.



Figura 19-20. Raíces extraídas con máquina cosechadora de un suelo tailandés.

Bibliografía

- Briceño P RH; Larson G. 1972. Investigación y desarrollo de una cosechadora de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista ICA 7(2):139-150.
- Cadavid L LF; El-Sharkawy MA; Acosta A; Sánchez T. 1998. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. Field Crops Research 57:45-56.
- Carvajal R R. 1998. Los sistemas de labranza y su papel en la agricultura sostenible. Universidad de los Llanos Orientales. Cuadernos de Agronomía (Colombia) 3(4):33-37.
- Cock JH; Castro M A; Toro JC. 1978. Agronomic implications of mechanical harvesting. En: Weber EJ; Cock JH; Chouinard A (eds.). Proceedings. Workshop on Cassava Harvesting and Processing held in Cali, Colombia. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 60-65.
- Conceição AJ da. 1976. A mandioca. En: Curso Intensivo Nacional de Mandioca, Cruz das Almas, Brasil. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerias (EPAMIG), Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. p. 435-440.
- Cuadra M A; Rodríguez M S. 1983. Estudio de diferentes métodos de plantación de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su relación con el rendimiento en el ecosistema de la provincia de Guantánamo. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Viandas Tropicales 6(1-2):51-60.
- Drummond AO. 1986. Plantio de mandioca em camalhões. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, MG, Brasil. 4 p.
- Gurnah AM. 1974. Effects of method of planting, 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.
- Johnson IM; Kemp DC; Payne P. 1981. Mechanization of cassava production. National Institute of Agricultural Engineering, R.U. 17 p.
- Kemp DC. 1978. Harvesting: A field demonstration and evaluation of two machines. En: Weber EJ; Cock JH; Chouinard A (eds.). Proceedings. Workshop on Cassava Harvesting and Processing held in Cali, Colombia. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 53-57.
- Leihner D. 1978. Follow-up evaluation of two harvesting machines. En: Weber EJ; Cock JH; Chouinard A (eds.). Proceedings. Workshop on Cassava Harvesting and Processing held in Cali, Colombia. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 58-59.
- Lozano JC. 1978. Posibles efectos del ecosistema en algunas especies de cultivos tropicales. Fitopatología Colombiana 7(2):94-107.
- Lulofs RB. 1970. A study of method and costs for commercial planting of tapioca in Kedah. En: Blencowe EK; Blencowe JW (eds.). Crop diversification in Malaysia. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 149-166.
- Marín CA. 1997. El campo y el medio ambiente: Un futuro en armonía. Central Hispana, España.
- Monteiro FP. 1963. Valor economico da mandioca e trabalho mecanizado no cultivo. Rural (Brasil) 511(43):16.
- Normanha ES; Pereira AS. 1964. Cultura da mandioca. Revista de Ciências Agrônômicas (São Paulo) 1:24-29.
- Normanha ES; Pereira AS. 1974. Resultados e experiencias sobre épocas de plantio da mandioca. Revista de Agricultura (Piracicaba) 22 (4/6):135-142.
- Odigboh EU. 1978. Una sembradora automática de dos surcos para estacas de yuca: Desarrollo, diseño y construcción del prototipo. Journal of Agricultural Engineering Research 23:109-116.

- Odigboh EU; Ahmed SF. 1982. A cassava harvester: Design analysis and prototype development. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (Japan)* 13(3):40-48.
- Peipp L; Maehnert E. 1992. Development of a technical solution to cassava harvesting problem. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 23(1):33-36.
- Rangel H PO. 1982. Mecanización del cultivo de la yuca: Plantación, cosecha y aprovechamiento de la parte aérea. *Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance* 31:135-141.
- Ribeiro FJ. 1996. Cultura da mandioca. Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, Escola Superior de Agricultura, Viçosa, Brasil. 80 p.
- Rodríguez N A. 1980. Mechanical planting and cassava cultural practices in Cuba. En: Weber EJ; Toro M JC; Graham M (eds.). *Proceedings. Workshop on Cassava Cultural Practices held in Salvador-BA, Brasil. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá.* p. 118-119; 138-152.
- Solórzano H A. 1978. Resultados de investigación para la yuca. En: *Transferencia de resultados de investigación agropecuaria a los agentes de producción de la Región XII-Loreto. Tarapoto, Perú. Centro Regional de Investigación Agropecuaria del Oriente y Cooperación IICA-Perú.* v. 2, p. 19-31.
- Tan KH; Bertrand AR. 1972. Cultivation and fertilization of cassava. En: Hendershott CH et al. *A literature review and research recommendations on cassava. University of Georgia, Athens, GA, E.U.* p. 37-72.
- Testa A; Monteiro A; Domingo N; Lorenzi JO. 1985. Consideraciones sobre la cosechadora-cargadora de mandioca y su funcionamiento en el Instituto Agronómico de Campinas. Instituto Agronómico de Campinas, Brasil.
- Toro JC. 1979. Three years of cassava technology evaluation in Colombia. *Field Crops Research* 2:291-308.
- Toro JC; Celis E; Jaramillo E. 1976. Métodos de cosecha de yuca. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). *Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia.* p. 225-232.
- Toro JC; Atlee CB. 1980. Agronomic practices for cassava production: A literature review. En: Weber EJ; Toro M JC; Graham M (eds.). *Proceedings. Workshop on Cassava Cultural Practices held in Salvador-BA, Brasil. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá.* p. 13-28; 138-152.
- Vine PN. 1980. Soil management for cassava. En: NAFPP Fourth National Cassava Workshop, Umudike, Nigeria. National Root Crops Research Institute, National Cassava Centre, Umudike, Nigeria. p. 115-119.