

Capítulo 6.

Recomendaciones de manejo de yuca en el suroccidente de Colombia

Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

El cultivo de yuca representa un importante renglón agrícola para el suroccidente del país, principalmente en los departamentos del Cauca y Valle del Cauca, donde se produce yuca para consumo fresco y uso industrial, principalmente en almidón agro o fermentado. De acuerdo con las Evaluaciones Municipales Agropecuarias (EVA) (Agronet, s.f.), estos departamentos registraron en 2022 8.547 hectáreas cosechadas (7.901 ha en Cauca y 646 en el Valle del Cauca), con un aporte en producción de raíces frescas de 132.028 t y un rendimiento promedio de 10,9 t/ha.

El manejo agronómico del cultivo en estos departamentos es de tres tipos: a) manejo tecnificado en monocultivos de áreas desde 0,5 hasta 10 ha; b) manejo semitecnificado, por medio de cultivos asociados, y c) manejo de baja tecnificación, donde la yuca se siembra en huertas o traspatios para el autoconsumo, lo que favorece la seguridad alimentaria. La heterogeneidad que puede presentar el manejo del cultivo no solo refleja el nivel de tecnificación y el fin de uso de las raíces de yuca, sino que también se da por la oferta agroambiental diversa que presenta esta región del país. Para dar a conocer las posibles prácticas alternativas que se desarrollan en el cultivo de yuca, es necesario diferenciar los ambientes más representativos que se encuentran en esta región del país, enmarcados en las subregiones naturales descritas en la Resolución 67516 de 2020 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2020), los cuales influyen en la determinación del manejo del cultivo:

- **Valle interandino:** este ambiente se caracteriza por ser la zona plana del Valle del Cauca y algunas zonas del norte del departamento del Cauca, con una altura promedio de 1.000 m s. n. m. y una pendiente del 0 al 3 %, con suelos fácilmente mecanizables (figura 6.1a).
- **Región Andina:** este ambiente comprende un amplio rango de altitud, que se extiende sobre el valle del río Cauca hasta los 2.000 m s. n. m., donde se encuentran suelos con pendientes mayores al 5 %, lo cual dificulta las actividades mecanizadas para el manejo de los cultivos (figura 6.1b).
- **Región Pacífica:** este ambiente se encuentra desde los 0 m s. n. m., y presenta condiciones climáticas de alta temperatura y humedad relativa, con suelos relativamente planos, pero con un alto contenido de humedad, lo que impide el uso de maquinaria para la realización de algunas labores en cultivos agrícolas (figura 6.1c).

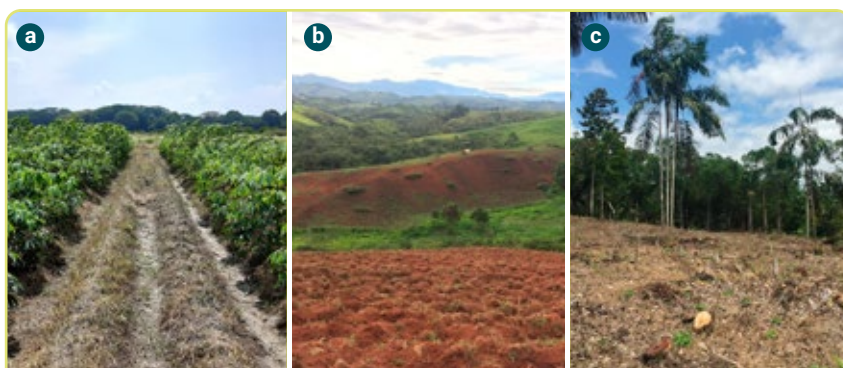


Figura 6.1. Ambientes representativos de las zonas productoras de yuca del suroccidente de Colombia. a. Valle interandino (Palmira, Valle del Cauca); b. Región Andina (Caldono, Cauca); c. Región Pacífica (Buenaventura, Valle del Cauca).

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

A continuación, se presenta una descripción de las principales actividades que se realizan en el cultivo de yuca, enfocado a un manejo tecnificado, según las condiciones ambientales del sitio de interés.

Identificación del mercado

La identificación del mercado debe encabezar las diferentes acciones que se desarrollan antes del establecimiento de cualquier sistema productivo. La negociación o búsqueda de un mercado para el producto debe priorizarse sobre cualquier otra actividad que se describa en el manejo de un cultivo, y aplica directamente a la producción comercial de yuca.

Previo a la inversión de recursos económicos en el cultivo, se debe tener claridad sobre el mercado al cual se van a direccionar las raíces de yuca por producir; en este sentido, se deben buscar los posibles compradores en plazas de mercado, almacenes de cadena, empresas dedicadas a la industria del almidón (figura 6.2), entre otros, y preferiblemente hacer contratos tipo *forward* para la venta de las raíces con un precio definido.

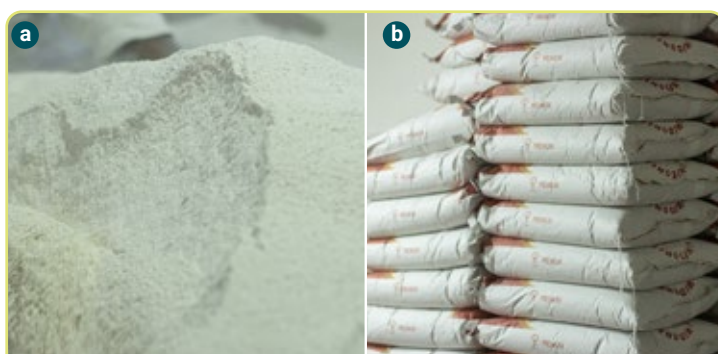


Figura 6.2. Almidón de yuca industrial. a. Almidón agrio de yuca; b. Organización en bodega de bultos de almidón de yuca a escala industrial.

Fotos: Andrea López Pinilla

Identificación de las condiciones del lote para la siembra

Una vez definido el tipo de comercialización de las raíces según el tipo de mercado objetivo, ya sea para consumo fresco o para uso industrial por medio de la extracción de almidón, se procede a identificar las condiciones edafoclimáticas y la accesibilidad del lote en el cual se desea realizar la producción del cultivo de yuca; dependiendo de estas condiciones, se debe realizar la orientación de las prácticas adecuadas para el manejo agronómico del cultivo.

Se debe tener en cuenta que si son suelos de zonas bajas, donde el exceso de agua lluvia genera encharcamientos, se deben realizar canales de drenaje para evitar inundaciones; si el suelo es plano o tiene una mínima pendiente, se deben realizar caballones para la siembra y así evitar la pudrición de las raíces en épocas de lluvia (figura 6.3). Adicionalmente, se debe tener en cuenta la observación de algunos indicadores biológicos, como la presencia de plantas indicadoras de suelos ácidos (bajo pH), con el fin de orientar la aplicación de enmiendas orgánicas correctivas al suelo.

La ubicación del lote respecto a una vía de acceso de vehículos o transportes de tracción animal se convierte en un factor importante para facilitar el movimiento de herramientas e insumos hacia este, así como para la extracción de la cosecha de raíces y semillas hacia el punto de almacenamiento o venta. La distancia entre el lote de producción y el lugar de venta o distribución de las raíces puede influir en la ganancia que se obtenga en el momento de la comercialización, ya que el productor tendrá que incurrir en gastos adicionales para el traslado en largas distancias.



Figura 6.3. Elaboración de caballones con tractor para reducir daños en el cultivo por inundaciones en zonas planas. a. Caballones en Bolívar, Valle del Cauca; b. Caballones en Palmira, Valle del Cauca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Análisis de suelos

Antes de establecer el cultivo de yuca, es necesario realizar un análisis de suelo del sitio donde se establecerá la unidad productiva para conocer el nivel de fertilidad del suelo y poder suministrar al cultivo los nutrientes necesarios para recuperar, sostener y mantener la fertilidad, así como para elevar la productividad. El servicio de análisis de fertilidad completo se puede solicitar en el laboratorio de química analítica de AGROSAVIA, en el C. I. Tibaitatá, ubicado en Mosquera, Cundinamarca.

La toma de muestras de suelo para el análisis químico cumple un papel importante para garantizar que los resultados sean de buena calidad; para esto, AGROSAVIA cuenta con un servicio de envío de muestras en el territorio nacional a través de la empresa de envíos Servientrega, para lo cual se recomienda el siguiente paso a paso:

1. Seleccione un área homogénea en la finca considerando el relieve, cultivo, aplicación de enmiendas o fertilizantes, color y textura del suelo.
2. Elija un recorrido en el campo que abarque todo el terreno, utilizando recorridos diagonales, en forma de zeta o zigzag, y tome varias muestras durante el recorrido. Se recomienda tomar entre 20 y 30 submuestras de suelo.
3. Limpie la capa vegetal en los sitios donde tome las submuestras para evitar contaminación.
4. Realice hoyos con una pala a una profundidad de 20 a 30 cm para cultivos anuales, y de 40 a 60 cm para frutales, árboles y otros cultivos de raíces profundas.
5. Tome cada muestra de la pared del hoyo.
6. Utilice un bisturí o cuchillo limpio para retirar los bordes de la submuestra de suelo.
7. Coloque la muestra en un balde limpio.
8. Después de tomar todas las submuestras, realice una mezcla para homogeneizar la muestra de suelo.
9. Coloque aproximadamente 1 kg de suelo en la bolsa proporcionada por Servientrega y ciérrala correctamente según se indica en la figura 6.4c.
10. Diligencie la información que aparece en la bolsa, y no olvide firmarla (Agrosavia, 2020).

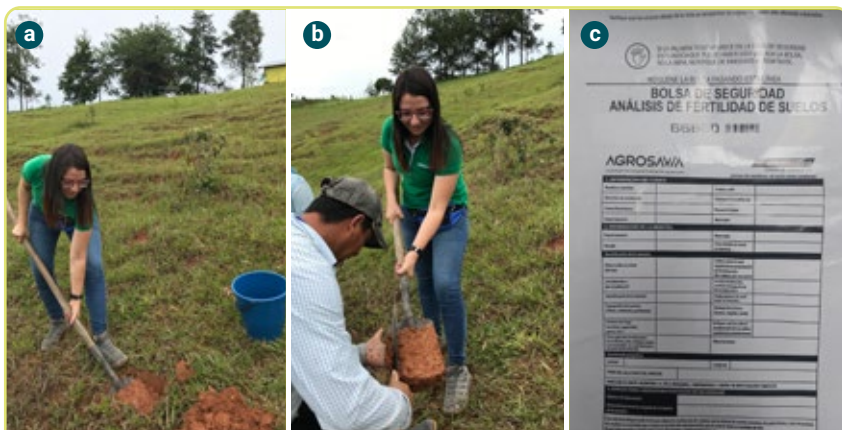


Figura 6.4. Toma de muestras de suelo. a. Toma de muestra a 20 cm de profundidad; b. Muestra de la pared del hoyo lista para depositar en el balde para la mezcla; c. Bolsa para el envío de la muestra a AGROSAVIA a través del convenio con Servientrega.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Preparación del terreno

La preparación del suelo se realiza con el fin de mejorar sus condiciones físicas para que las plantas puedan aprovechar el agua, el aire y los nutrientes, y se presente un óptimo desarrollo del cultivo. En general, de la preparación y acondicionamiento adecuado del terreno dependen otras labores culturales. Se recomienda el arado para romper la capa arable, airear el terreno y facilitar el desarrollo de las raíces. En terrenos planos mecanizables, típicos del valle geográfico del río Cauca, esta actividad se realiza con maquinaria agrícola (figura 6.5), ya que las características y propiedades físicas del suelo permiten su uso sin generar degradación, así como la optimización del proceso por medio de su manejo e intervención.



Figura 6.5. Preparación del terreno en zona plana con maquinaria agrícola. a. Pase de arado para romper la capa superficial; b. Pase de subsolador para romper las capas profundas del suelo; c. Caballoneo para evitar daños en las raíces por inundaciones; d. Lote preparado para la siembra de yuca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

En zonas con terrenos de pendientes pronunciadas, donde no es posible el uso de tractores o equipo de campo para adecuar el suelo para la siembra de la yuca, se emplea la tracción animal con bueyes, mulas u otros animales usados para labores de campo (figura 6.6). Este sistema de mecanización es poco invasivo en la preparación que requiere el suelo para la siembra de yuca, ya que la profundidad efectiva de trabajo del zanjado es menor, por lo que llega a catalogarse

en algunos casos como labranza mínima. Cabe resaltar que, en zonas de ladera con altas pendientes, se recomienda hacer un uso eficiente del suelo reduciendo la pérdida que puede generarse por el lavado de lotes totalmente descubiertos por el laboreo intenso y repetitivo de un mismo lugar, para lo cual se recomienda la siembra de cultivo en franjas, dejando, cada 20-30 m, franjas de al menos 5 m con una mínima intervención y con cobertura vegetal para evitar la pérdida de suelo.



Figura 6.6. Preparación del terreno en municipios del Cauca. a, b y c. Preparación de terreno de alta pendiente con tracción de bueyes; d. Lote preparado con bueyes en curvas a nivel.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao, Lina Vanessa Garavito Morales y Andrea López Pinilla

En terrenos cuyas propiedades físicas no permiten la preparación del terreno, como sucede en la región Pacífico, donde el alto contenido de humedad en el suelo imposibilita el ingreso de un tractor y la misma mecanización. Para la siembra de yuca, el lote se prepara con labranza cero, es decir, no se genera “volteo” del suelo (figura 6.7); en este caso, la preparación del lote se enfoca en el control de malezas con machete previo a la siembra.



Figura 6.7. Siembra de yuca en suelos con alta humedad, con mínima labranza, en Buenaventura, Valle del Cauca. a. Ahoyado; b. Siembra.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Selección del material de siembra

La selección del material de siembra implica dos componentes importantes para garantizar la calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria de la semilla que se va a emplear para obtener una producción comercial exitosa (Rodríguez-Henao et al., 2021). Estos aspectos, que aplican para todas las condiciones ambientales, son la identificación de un huerto para la obtención de plantas madre y la selección de estas:

Identificación del huerto para la obtención de plantas madre (semilla)

La selección del huerto básico es la principal actividad que se debe tener en cuenta para asegurar la calidad genética del material de siembra, pues allí se encuentra la variedad que se va a propagar comercialmente. Los aspectos para considerar son los siguientes:

- Tener identificado el lote con la variedad y su procedencia.
- Idealmente, tener un huerto básico de semilla establecido cerca de la zona del lote donde se realiza la siembra comercial de yuca, para evitar el movimiento de posibles plagas y enfermedades.
- El manejo agronómico del lote de donde procederá la semilla debe incluir un control fitosanitario y un manejo nutricional con recomendaciones técnicas para el cultivo de yuca.
- El lote madre de donde procederá la semilla no debe presentar mezcla de variedades o clones, lo cual ayuda a mantener la identidad genética del cultivar que se propagará comercialmente.
- El cultivo debe presentar características deseadas por los agricultores, como el porte de la planta, un alto rendimiento de raíces frescas, una buena reacción ante plagas y enfermedades, entre otros factores que favorecen la producción de raíces comerciales o para autoconsumo (figura 6.8).



Figura 6.8. Plantas con características sobresalientes para uso como fuente de semilla.

Foto: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Selección de las plantas madre

Seguidamente, se deben identificar las plantas madre dentro del huerto, para lo cual hay que tener en cuenta los componentes de la calidad del material vegetal de propagación: calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria, así:

- Se deben descartar las plantas atípicas, es decir, todas aquellas que no expresen las características fenotípicas de la variedad o cultivar que se desea

propagar comercialmente; estas deben ser erradicadas y descartadas como fuente de semilla, con lo cual se garantiza la calidad genética. En lotes con siembras consecutivas de yuca, se pueden presentar plantas germinadas de semilla sexual, las cuales, al presentar recombinación genética, deben eliminarse; estas plantas se identifican por presentar raíz pivotante o principal (figura 6.9). Para garantizar la identidad genética de las variedades o cultivares que se propagarán, se recomienda el uso de plantas *in vitro* provenientes de AGROSAVIA.

- Para asegurar la calidad física, la semilla no debe presentar daños físico-mecánicos en el tallo durante y después de la cosecha de las ramas, ya que se pueden generar daños en las yemas y causar heridas que faciliten el ingreso de plagas y enfermedades; además, las heridas (golpes y raspaduras) que se generan en la corteza del tallo facilitan la rápida deshidratación (figura 6.10).
- La calidad fisiológica de la semilla está condicionada directamente por el porcentaje de humedad y el estado nutricional de la estaca, el control del tiempo de almacenamiento para evitar la pérdida de humedad y la viabilidad de las yemas (figura 6.11). La edad de la planta debe estar entre los 7 y 18 meses para obtener material apto para la propagación.
- Antes de utilizar la semilla, se debe revisar muy bien que esta se encuentre libre de plagas y enfermedades para evitar la diseminación de insectos o patógenos en el nuevo cultivo. En este sentido, la calidad fitosanitaria desempeña un papel supremamente importante en el éxito de un cultivo comercial de yuca, ya que se puede generar hasta el 100% de pérdida al propagar semilla con alguna enfermedad sistémica limitante, como el cuero de sapo; más adelante, en este capítulo, se describe el manejo preventivo de esta enfermedad.



Figura 6.9. Plantas procedentes de semilla sexual, con raíz pivotante, para descarte por presentar variación genética. a y b. Plantas en lote comercial de raíces en Guachené, Cauca; c y d. Plantas en lote comercial de semilla en Palmira, Valle del Cauca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.10. Semillas de yuca sin calidad física para la siembra. a. Cangre con afectación de enfermedad en la base inferior derecha, posiblemente por el ingreso de un hongo a través de una herida; b. Semillas con daño físico en leño y yemas debido a cortes, raspaduras y magulladuras.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

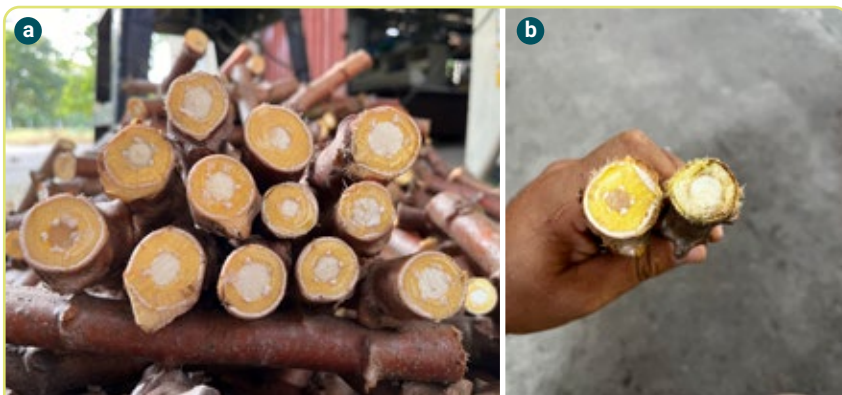


Figura 6.11. Calidad física y fisiológica en la semilla vegetativa de yuca. a. Calidad fisiológica adecuada para la siembra por su adecuado contenido de humedad; b. Comparación entre semilla con humedad adecuada para la siembra (a la izquierda) y semilla de baja calidad por falta de humedad (a la derecha).

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Para asegurar la calidad de la semilla para la siembra, se recomienda mantener el “rincón de la fortuna”, que consiste en escoger un área del lote comercial de yuca y dedicar el 10 % de este exclusivamente para la producción de material de siembra, al que periódicamente se le realizan controles, fertilización, monitoreo y erradicación de plantas fuera de tipo o sintomáticas, con el fin de cumplir con los requisitos establecidos en el anexo 1 de la Resolución 3168 de 2015 del ICA, para semilla certificada de yuca.

Alistamiento del material de siembra

Corte de tallos para uso como semilla comercial: el corte de los tallos se realiza de la mayor longitud posible, para evitar la deshidratación y, con esto, la pérdida de semilla. La cosecha se realiza con un machete u otra herramienta filosa, evitando generar daños físicos a la semilla (figura 6.12a). La parte superior del tallo, con tejido joven no lignificado, se descarta en campo por no presentar un grosor adecuado (mínimo 3 cm) y porque el tejido joven se deshidrata rápidamente y las yemas pierden viabilidad. Si se realiza la cosecha de más de una variedad, se deben cosechar por separado y marcar muy bien para asegurar que no haya mezcla entre tallos y, de esta manera, evitar la pérdida de la identidad genética (figura 6.12b).

Transporte y almacenamiento de la semilla: cuando los tallos no se usan inmediatamente para siembra, deben ser transportados al área de almacenamiento, con el objetivo de reducir el daño que se genera en campo por el golpe directo de los rayos solares posterior al deshoje. Los tallos seleccionados se amarran en paquetes de 20 a 30 unidades de la mayor longitud posible, de manera que una persona pueda manejarlos (figura 6.13).



Figura 6.12. Corte y organización de tallos para uso como semilla comercial. a. Corte; b. Selección y organización para el transporte.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.13. Tallos de yuca seleccionados como material de siembra organizados en paquetes para su transporte y almacenamiento.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Durante el transporte, se deben evitar los daños mecánicos por fricción entre paquetes de tallos, para no generar pérdida de yemas (figura 6.14). Las ramas deben almacenarse en posición vertical, y se debe verificar el tropismo de las yemas (que deben apuntar hacia arriba), en la misma posición en que crece la planta en campo; de esta manera, se reduce la pérdida de material de siembra por brotación (figura 6.15). El almacenamiento se realiza bajo la sombra de árboles y en contacto con el suelo previamente removido y humedecido.



Figura 6.14. Transporte de semilla de yuca. a y b. Con tractor y de forma manual, dentro de lotes de la misma finca, en Palmira, Valle del Cauca; c y d. En camioneta, para transporte entre largas distancias, en Caldoño, Cauca, y Buenaventura, Valle del Cauca; e y f. A caballo, para transporte inter e intraveredal, en El Tambo y Caldoño, Cauca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.15. Almacenamiento de tallos vertical, bajo la sombra de árboles, para uso como fuente de semilla de yuca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Un mes después del inicio del almacenamiento, empieza a presentarse la brotación y, con esta, la pérdida de semilla, por lo cual se debe hacer un rápido aprovechamiento de las varas para evitar perder mucha cantidad de semilla; entre el segundo y tercer mes después del almacenamiento, se pueden presentar pérdidas de semilla superiores al 50 % (López, 2002). Como alternativa al almacenamiento, se puede dejar una parte del cultivo sin cosechar y disponer las ramas en posición vertical en su interior, ya que el ambiente adecuado para este proceso es el que genera la misma plantación.

Siembra

Diseño de siembra: el marco de plantación de yuca más utilizado para la producción comercial de raíces en monocultivo es de 10.000 plantas/ha al cuadro, con distancias de siembra de 1 m entre surcos y 1 m entre plantas, aunque frecuentemente se encuentran variaciones a estas distancias debido al ancho de trabajo de algunos tractores o a la topografía del terreno, lo cual hace necesario modificar la distancia entre los surcos y, por consiguiente, la distancia

entre las plantas, pero conservando una densidad promedio de 10.000 plantas/ha.

Para las plantaciones de yuca con cultivos asociados, que son usados principalmente para la seguridad alimentaria, los diseños de siembra son variables, pues dependen del cultivo principal con el cual se siembra la yuca; en estos diseños, la yuca se establece en las calles del cultivo principal. En el suroccidente del país, la yuca se puede encontrar en asocio con cultivos de maíz, frijol, zapallo, café, guayaba, cacao, entre otros, buscando el beneficio recíproco que pueden brindarse los cultivos. En algunos casos, cuando el asocio se hace con cultivos permanentes, como café o frutales (figura 6.16), la yuca es usada para generar flujo de caja para optimizar las ganancias del cultivo principal al aprovechar los espacios libres entre las calles en etapas en las que el cultivo principal lo permite, como en el momento de podas drásticas, cuando queda un espacio aprovechable entre las calles. Con frecuencia, se encuentra yuca en huertas caseiras para el autoconsumo, donde la posibilidad de asocio es tan amplia como el número de especies producidas para el consumo familiar.



Figura 6.16. Cultivo de yuca en asocio. a. Con guayaba, en Roldanillo, Valle del Cauca; b. Con café y plátano, en Santander de Quilichao, Cauca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Corte de la semilla: la siembra de lotes comerciales de yuca se realiza de manera clonal o vegetativa, a través de estacas de 15-25 cm de longitud (figura 6.17), en las que se pueden encontrar de cinco a diez yemas, dependiendo del largo del entrenudo (Aguilar et al., 2017), con una tasa de propagación de 1:10 o 1:5, dependiendo del clon y el vigor de la planta (Nurul-Nahar & Tan, 2012). El corte de las estacas o cangres se realiza de forma transversal al tallo, con un equipo de corte eléctrico o manual, siendo el machete el más utilizado (figura 6.18).

La semilla para la siembra debe presentar una buena humedad, por lo que, en el momento del corte, se debe verificar 1) la presencia de látex como indicador de la humedad de la semilla, 2) una relación de leño y corcho de 50/50 y 3) que las yemas estén viables y sanas, sin daños mecánicos o afectaciones por plagas y enfermedades visibles (Rodríguez-Henao et al., 2021).



Figura 6.17. Semilla vegetativa para producción comercial de raíces de yuca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.18. Corte de semilla vegetativa de yuca. a. Con equipo eléctrico; b. Con cegueta; c. Con machete.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Tratamiento de la semilla previo a la siembra: la semilla vegetativa de yuca se desinfecta para eliminar plagas y patógenos que pueden estar presentes en esta. Las estacas se sumergen durante 15 minutos en una solución que debe contener la mezcla de al menos un insecticida sistémico y un fungicida de doble acción, con la finalidad de prevenir o controlar las plagas y enfermedades que puedan estar en la semilla. Adicionalmente, junto con el tratamiento químico, se adicionan los inductores de crecimiento de raíces, combinación de extractos orgánicos, fósforo y potasio (500 g) y reguladores de crecimiento (100 g), para facilitar el crecimiento y desarrollo de las raíces y favorecer el prendimiento de la semilla (figura 6.19). Después de la desinfección y antes de la siembra, las estacas se dejan secar a la sombra durante 20 minutos. En el momento de sembrar, las personas encargadas deben usar elementos de protección, como guantes, para evitar la intoxicación por contacto con los productos usados para desinfectar la semilla.

Incorporación de materia orgánica: antes de la siembra, se adiciona materia orgánica para favorecer el desarrollo de las raíces; muchos productores del Cauca emplean gallinaza cruda (sin compostar) dos semanas antes de la siembra, pero esto genera problemas fitosanitarios, pues aumenta la población de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de yuca. La recomendación técnica es incorporar, en cada sitio y al momento de la siembra, 500 g de materia orgánica compostada enriquecida con micorrizas (100 g) para favorecer el desarrollo radical y el crecimiento de la nueva plantación (figura 6.20).

Siembra: la siembra se realiza enterrando tres cuartas partes de la estaca de manera vertical o diagonal (a 45°), conservando la dirección de las yemas (hacia arriba), siguiendo la orientación de la estaca tal como se encuentra en la planta en campo. La siembra se realiza manualmente o con el apoyo de una herramienta puntiaguda, tipo machete, para abrir el suelo y facilitar el ingreso del cangre; esta herramienta puede ser confeccionada de la misma longitud que hay entre las plantas, para agilizar el proceso (figura 6.21).



Figura 6.19. Tratamiento de las semillas con biocidas y promotores de desarrollo de las raíces previo a siembra. a. Tratamiento químico; b. Empaque de las semillas para desinfección.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.20. Aplicación de materia orgánica y micorrizas en cada sitio de siembra, como enmiendas orgánicas.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.21. Siembra manual de yuca. a. Uso de machete; b. Uso de palín; c. Uso de palín de mano.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Riego

Para asegurar el prendimiento y adecuado desarrollo de las plantas, y por ende el éxito del sistema productivo, se debe garantizar la humedad en el suelo durante los primeros meses de establecimiento del cultivo, ya que un periodo de sequía en el inicio del cultivo puede reducir la producción de raíces. Para ello, se pueden implementar diferentes estrategias que permitan el abastecimiento de agua en el suelo:

- Sembrar en las épocas de lluvias, según corresponda para cada región y piso térmico, es una estrategia muy usada en el departamento del Cauca. Esta alternativa al suministro de agua se usa en gran medida por el costo que tiene la instalación de sistemas de riego y por la dificultad para acceder a afluentes de agua debido a la pendiente del terreno. Este sistema de suministro de agua al cultivo limita los tiempos de siembra, por lo cual la cosecha se concentra en uno o pocos meses, y la alta demanda genera bajas en los precios de venta de las raíces.
- Usar sistemas de riego por aspersión, inundación o riego por goteo (el más utilizado en cultivos tecnificados) genera un mayor aprovechamiento del recurso hídrico, con un bajo nivel de desperdicio de agua (figura 6.22). Este sistema genera un mayor costo en el sistema productivo, pero se aumentan las ganancias, ya que se logra obtener un mayor rendimiento de raíces frescas por unidad de área; igualmente, permite obtener cosechas en diferentes momentos, lo que aumenta la oportunidad de venta a mayores precios, al dinamizar las fechas de siembra.



Figura 6.22. Riego por goteo en el cultivo de yuca. a. Lote con sistema de riego por goteo; b. Detalle del sistema de riego; c. Franja de humedad generada por el sistema de riego.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

- Aprovechar la continua humedad del suelo en zonas como la región Pacífico, donde se cuenta con lluvias continuas. En estas zonas, los clones de yuca que se siembran deben presentar buena adaptación a esta condición de humedad del suelo, ya que la mayoría de los clones de yuca requieren de estrés por sequía para poder reservar almidón, y, en estas condiciones de continua humedad de los suelos, muchos clones no producen raíces reservantes.
- Para favorecer un alto rendimiento del cultivo de yuca, se debe contar con una fuente de agua cercana para el riego del cultivo, ya que, al suministrar riego durante periodos secos, a razón de 20 mm por semana, se aumenta el rendimiento de las raíces en cerca de un 60 % (López, 2002).

Nutrición

Muchos productores de yuca no realizan fertilización del cultivo o lo hacen sin el conocimiento técnico de esta importante actividad. Para incrementar los rendimientos, se debe realizar la fertilización química en dos momentos de desarrollo del cultivo (30 y 45 días después de la siembra en campo), y para definir la cantidad y los fertilizantes por aplicar, se deben conocer los resultados del análisis de fertilidad del suelo. Estos resultados, junto con los requerimientos nutricionales del cultivo, permiten determinar el plan de fertilización. Se debe tomar como referencia que el nivel de extracción del cultivo, en kg/ha, es de 4,42 kg de nitrógeno, 0,67 kg de fósforo, 3,58 kg de potasio, 1,36 kg de calcio, 0,82 kg de magnesio y 0,42 kg de azufre, mediante la extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas (Cadavid, 2002, 2007).

La aplicación del fertilizante se debe realizar junto a la planta, sobre el suelo o enterrado, lo cual dependerá de la humedad del suelo para el rápido aprovechamiento del producto: en suelos con buena humedad, el fertilizante se puede aplicar directamente sobre la superficie del suelo, y en casos contrarios, el fertilizante se debe enterrar junto a la planta para evitar pérdidas por volatilización.

Control de malezas

El control manual de malezas es muy importante en el cultivo de yuca, principalmente durante los primeros dos meses de desarrollo del cultivo, cuando la competencia de las malezas con la planta de yuca por agua, nutrientes y espacio puede ocasionar pérdidas de hasta el 50% en el rendimiento (Ceballos, 2002). Por lo anterior, inmediatamente después de sembrar el cultivo de yuca, y con el suelo húmedo, se deben aplicar herbicidas de acción preemergente con la dosis

que indica la ficha técnica de los productos, con el fin de realizar control químico de malezas del primer al segundo mes del cultivo. A partir de los dos meses, se debe realizar un control manual entre plantas o aplicar herbicidas de acción posemergente únicamente en los laterales de los caballos, hasta que las plantas de yuca se desarrollen en altura y volumen de ramas. Esto genera un cierre del cultivo que impide el ingreso de rayos solares y un control natural de las malezas.



Manejo de plagas y enfermedades

El manejo de las plagas y enfermedades del cultivo de yuca puede generar un alto costo económico y ambiental si no se realiza de la manera adecuada; normalmente, los agricultores acuden a productos de síntesis química de alta toxicidad en busca del control de problemas ya presentes en el cultivo, pero el uso indiscriminado de insumos químicos puede contaminar el agroecosistema, disminuir las poblaciones de organismos benéficos e incrementar las poblaciones de plagas y enfermedades en el cultivo.

La estrategia más efectiva de manejo de las plagas y enfermedades radica en la prevención, favoreciendo la sanidad de la interacción suelo-planta-hombre. Para esto, se pueden realizar aplicaciones de productos biológicos o liberar insectos controladores biológicos. En los casos en los que el manejo preventivo no se emplea desde el inicio del cultivo y aparecen plagas o enfermedades causando daños, se hace necesario aplicar productos de síntesis química para reducir la alta población de la plaga o enfermedad, y posteriormente usar el producto biológico. La aplicación de productos biológicos o de síntesis química debe hacerse con base en los resultados de los monitoreos que se realicen en el lote y con la asesoría de un ingeniero agrónomo, siguiendo las recomendaciones del producto.

Con el fin de determinar un adecuado manejo integrado del cultivo, los monitoreos deben realizarse permanentemente, para identificar la presencia de plagas y enfermedades (figura 6.24).

De acuerdo con la necesidad del cultivo, se pueden realizar aplicaciones foliares (figura 6.25) cada veinte días a partir del segundo mes después de la siembra, con productos generados a partir de hongos entomopatógenos controladores de

insectos plaga que afectan al cultivo, como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma* spp. y *Sacharomyces cerevisiae* + *Lecanicillium lecanii*; este último está formulado para el control de la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*). Estos productos ayudan a controlar insectos plaga que atacan el follaje y las raíces; en este último caso, se usan para el manejo de la viruela de la raíz de la yuca (*Cyrtomenus bergi*).

Como complemento a las aplicaciones de hongos entomopatógenos, se recomienda realizar la liberación periódica de insectos enemigos naturales de venta comercial, como *Trichogramma* (50 pulgadas por hectárea), crisopas (6.000 larvas por hectárea) y *Cotesia flavipes* (2 gramos por hectárea), para el control de ácaros, insectos chupadores y el gusano cachón (figura 6.26). Cuando se observa una alta población de plagas, se realiza aplicación de insecticidas con base en las recomendaciones técnicas de personal calificado y la formulación de su aplicación se realiza de acuerdo con lo que se observe en el monitoreo.



Figura 6.24. Seguimiento y monitoreo rutinario para la detección temprana de posibles afectaciones fitosanitarias.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.25. Control fitosanitario en el cultivo de yuca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.26. Controladores biológicos. a. Liberación de crisopas en campo; b. Larva de gusano cachón en proceso de parasitación por *C. flavipes* (se observa a la avispa saliendo de las pupas); c. Larva de gusano cachón parasitada y controlada por *C. flavipes*.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Para el manejo de la enfermedad denominada cuero de sapo en yuca, no se tiene definido un control; cuando esta se presenta, se debe erradicar todo el material de propagación (ramas, estacas y yemas) para evitar su diseminación, ya que es una enfermedad sistémica que se disemina principalmente a través del material de siembra. La mejor alternativa para el manejo de esta enfermedad es la prevención mediante el uso de semilla sana, para lo cual se debe realizar en campo la selección positiva de la semilla, que consiste en cosechar la planta completa, sin desprender las raíces del tallo, y posteriormente revisar todas las raíces de cada planta en el momento de la cosecha que se usará como fuente de semilla para la siembra del nuevo lote comercial (figura 6.27).



Figura 6.27. Selección positiva de la semilla de yuca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Para lo anterior, se utiliza la escala de evaluación de los síntomas de la enfermedad propuesta por Álvarez et al. (2015): grado 0: raíces engrosadas asintomáticas; cáscara delgada y flexible. Grado 1: raíces engrosadas, algunas de ellas con pocas fisuras o hendiduras en forma de labios; cáscara levemente opaca y poco flexible. Grado 2: raíces engrosadas, muchas de ellas con pocas fisuras o hendiduras en forma de labios; cáscara opaca y quebradiza. Grado 3: número más alto de fisuras o hendiduras en forma de labios en cualquier zona de la raíz (basal, intermedia, distal), con leve disminución del grosor de las raíces; cáscara opaca y quebradiza. Grado 4: presencia de red o panal de depresiones y bordes en forma de labios, en pocas o en muchas raíces, con moderada reducción del grosor de las raíces; cáscara gruesa, corchosa y quebradiza. Grado 5: presencia de red o panal en muchas raíces, con severa reducción del grosor de las raíces, que adquieren apariencia leñosa o fibrosa; cáscara gruesa, corchosa y quebradiza. (figura 6.28). Una vez verificada la ausencia de síntomas de esta enfermedad, se procede a utilizar las ramas de la planta evaluada como fuente de semilla.



Figura 6.28. Grados de afectación de cuero de sapo según la escala de Álvarez et al. (2015). a. Grado 0; b. Grado 1; c. Grado 2; d. Grado 3; e. Grado 4; f. Grado 5.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Cosecha

La cosecha de las raíces de yuca implica el mayor esfuerzo físico y económico del cultivo, ya que este, a diferencia de muchos otros, requiere la remoción total de las plantas para el aprovechamiento de las raíces. El arranque o cosecha de las plantas de yuca se puede realizar de diferentes maneras y depende de la facilidad de mecanización y de algunas propiedades físicas del suelo que lo hacen fácil o difícil de trabajar para el proceso de la cosecha. Entre las alternativas de cosecha más usadas en esta región del país, se tienen los arranques manual, manual-asistido y mecanizado.

Tipos de cosecha: el arranque manual —el más habitualmente usado por los productores de yuca— se facilita en suelos con baja resistencia para el arranque de la planta; estos suelos son característicos de algunas zonas de la región Andina. La cosecha manual-asistida se realiza con el apoyo de diferentes herramientas que ayudan al arranque de las plantas; entre estas herramientas, se encuentra el llamado “bajo”, el cual se hace de diferentes materiales, a manera de correa fuerte que se ajusta alrededor de la cintura de la persona y que cuenta con una extremo libre que se envuelve en la base del tallo de la planta de yuca; así, con la fuerza de la persona, ayuda a desprender las raíces del suelo. Igualmente, se suelen utilizar barras de hierro o palines para ayudar a desprender las raíces. Otro método muy usado en suelos que presentan alta resistencia para la cosecha de yuca, como los presentes en el valle geográfico del río Cauca, es el uso de una herramienta tipo “palanca” que maximiza la fuerza mecánica aplicada para desprender las raíces del suelo; esta herramienta se elabora en hierro, con un extremo largo para hacer palanca y una punta con una estructura de agarre que se encaja en el tallo, en la base de la planta, y con la fuerza de una persona se hace palanca para que la planta se desprenda del suelo; con esta herramienta, las planas se desprenden más fácilmente que con las otras herramientas de cosecha manual o manual-asistida (figura 6.29).



Figura 6.29. Cosecha manual-asistida de yuca con cosechadora.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Como se dijo antes, algunos suelos de difícil manejo para la cosecha de raíces de yuca requieren de implementos para esta actividad, como la cosechadora tipo palanca, pero algunas plantas producen raíces más largas y gruesas, de hasta cuatro arrobas, que requieren de un mayor esfuerzo; para estos casos se usa la cosecha mecanizada, que, con la fuerza de un tractor, facilita la actividad. Algunos productores en el Valle del Cauca emplean un brazo mecánico de máquina excavadora para arrancar cada planta, lo cual conlleva un alto costo. Una alternativa rápida y eficiente es el uso de un implemento que se une al tractor y levanta el suelo levemente desde debajo de las raíces, rompiendo la tensión entre el suelo y la planta, dejando las raíces casi expuestas para ser

retiradas fácilmente por una persona (figura 6.30). El pase del tractor con la cosechadora mecanizada dura en promedio dos horas por hectárea.

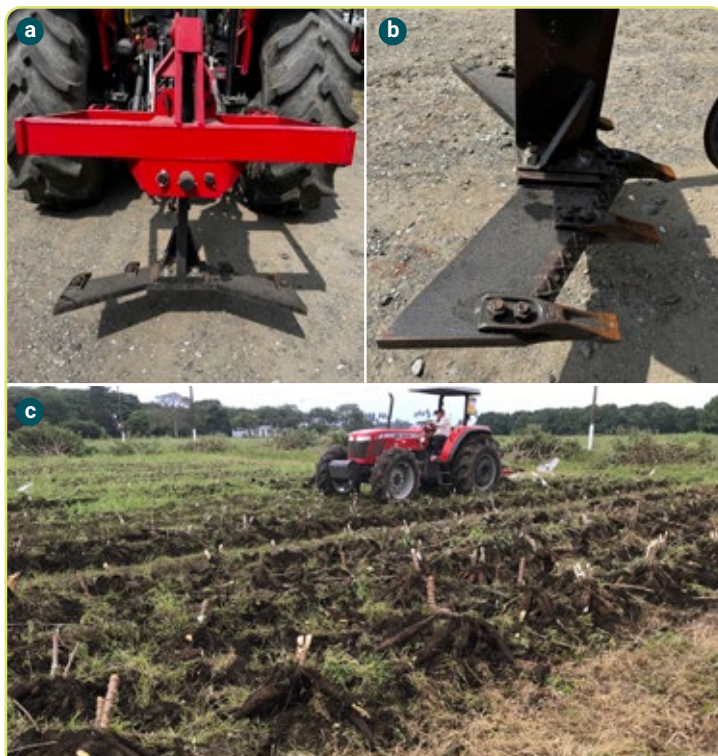


Figura 6.30. Cosecha mecanizada de yuca. a. Cosechadora enganchada al tractor; b. Implemento para la cosecha; c. Cosecha mecanizada en una zona plana del Valle del Cauca.

Fotos: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Época de cosecha: el conocimiento tradicional de los productores de yuca sobre la edad del cultivo, el momento de la floración de las plantas, la altura de la planta, la defoliación del cultivo, entre muchas otras creencias populares, influye en la decisión sobre el momento oportuno para la cosecha; este conocimiento puede, en algunos casos, generar la obtención de un alto rendimiento de raíces y de almidón,

aunque no aplique, en términos generales, para todas las variedades de yuca ni todas las regiones de producción.

El momento óptimo para cosechar el lote de yuca es cuando las plantas han acumulado la mayor cantidad posible de almidón en sus raíces; sin embargo, la determinación del contenido de almidón no se puede realizar directamente en campo: se realiza en un laboratorio, lo cual dificulta que los productores puedan hacer esta estimación. Por ello, para conocer el momento óptimo de cosecha directamente en campo, se emplea la determinación indirecta del contenido de almidón en las raíces, a través del contenido de materia seca de estas. A continuación, se describe el paso a paso para determinar el contenido de almidón en las raíces de yuca de manera indirecta, con el contenido de materia seca, usando el método gravimétrico:

1. Tomar una muestra de raíces frescas de aproximadamente 3 kg. La muestra debe provenir de diferentes plantas del lote. Las raíces no deben tener tierra y deben estar libres de pedúnculos y raicillas. Las raíces deben ser de tamaño mediano y estar enteras, sin cortes o daños.
2. Pesar las raíces en una balanza digital, en lo posible con dos o tres decimales de precisión, de forma que el valor registrado sea más confiable. Este peso se llamará “peso de raíces frescas en aire” (PFRAi) (figura 6.31).
3. Después se debe tomar el peso de las mismas raíces, pero sumergidas en agua, para lo cual se emplea una canasta de alambre (en la que se establecen plantas de jardín) que se cuelga sobre la balanza. Las raíces se ubican dentro de la canasta de alambre, y se sumergen en una caneca con agua para tomar nuevamente el peso (las raíces no deben tocar el borde ni el fondo de la caneca, y deben quedar completamente sumergidas). Este peso se denomina “peso de raíces frescas en agua” (PRFAg) (figura 6.32).



Figura 6.31. Peso de raíces de yuca en aire para determinar la gravedad específica.

Foto: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales



Figura 6.32. Peso de raíces de yuca en agua para determinar la gravedad específica.

Foto: Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

4. Con los anteriores pesos, se determina la gravedad específica (GE) mediante la siguiente fórmula:

$$GE = \frac{PFRA_i}{PFRA_i - PFRA_g}$$

5. Con la GE, se determina el porcentaje de materia seca (%MS) aplicando la siguiente fórmula:

$$\%MS = 158,26 \times (GE) - 142,05$$

6. El porcentaje de almidón (%Almidón) se determina al considerar que el 87,5% de la materia seca es almidón, con lo cual este se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$\%Almidón = \frac{(\%MS \times 87,5)}{100}$$

A continuación, se presentan dos ejemplos para la determinación del contenido de almidón a partir de muestreos realizados en un lote de producción de yuca para uso industrial:

Estudio de caso

Al tomar cinco raíces de diferentes plantas como muestra para determinar el contenido de almidón de un lote de yuca, se obtuvo que las raíces pesaron 3.050 g en aire y 245 g en agua. Al aplicar las fórmulas para determinar el contenido de materia seca y almidón, se obtuvo lo siguiente:

$$GE = \frac{PFRAi}{PFRAi - PFRAg} \rightarrow GE = \frac{3.050}{3.050 - 245} \rightarrow GE = \frac{3.050}{2.085} \rightarrow GE = 1,08734$$

$$\%MS = 158,26 \times (GE) - 142,05$$

$$\%MS = 158,26 \times (1,08734) - 142,05$$

$$\%MS = 172,082 - 142,05$$

$$\%MS = 30,03$$

El resultado de la medición de materia seca con el método gravimétrico en campo permitió identificar que el lote de yuca monitoreado presentó un contenido de materia seca del 30,03%, y aplicando la fórmula para determinar

el contenido de almidón de manera indirecta, se obtuvo lo siguiente:

$$\% \text{Almidón} = \frac{(\%MS \times 87,5)}{100} \rightarrow \% \text{Almidón} = \frac{30,03 \times 87,5}{100} \rightarrow \% \text{Almidón} = 26,27$$

Este resultado indica que de cada 10 t de raíces frescas, 2.627 kg son almidón. Este valor puede aumentar dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, así:

- Si en el momento del monitoreo no se presentan lluvias, se puede posponer la cosecha por varias semanas y volver a hacer la determinación de materia seca para definir cuánto ha incrementado el contenido de almidón.
- Si en el momento del monitoreo se empiezan a presentar lluvias frecuentes o se tiene previsto el inicio de la época de invierno, el lote se debe cosechar inmediatamente, ya que la yuca reduce su contenido de almidón cuando está en presencia continua de agua en el ambiente y el suelo. Esto se da porque la yuca, para almacenar o reservar almidón en las raíces, requiere de estrés por sequía los últimos meses del ciclo del cultivo.

En el escenario de que el lote muestreado en el ejemplo anterior se encontraba con un clima favorable, con pronósticos climáticos que indicaban que venía un periodo seco (ausencia de lluvias), se decidió posponer la cosecha del cultivo dos o tres semanas, tras lo cual se realizó nuevamente el monitoreo de materia seca; al tomar varias raíces de diferentes plantas, se obtuvo un peso de 3.000 g en aire y 328 g en agua. Al aplicar la fórmula para determinar el contenido de materia seca y almidón, se obtuvo lo siguiente:

$$GE = \frac{PFRAi}{PFRAi - PFRAg} \rightarrow GE = \frac{3.000}{3.000 - 328} \rightarrow GE = \frac{3.000}{2.672} \rightarrow GE = 1,1277$$

$$\%MS = 158,26 \times (GE) - 142,05$$

$$\%MS = 158,26 \times (1,1227) - 142,05$$

$$\%MS = 177,68 - 142,05$$

$$\%MS = 35,63$$

El resultado de la segunda medición de materia seca con el método gravimétrico en campo permitió identificar que el lote de yuca monitoreado presentó un incremento en el contenido de materia seca, alcanzando el 35,63%, y aplicando la fórmula para determinar el contenido de almidón de manera indirecta, se obtuvo lo siguiente:

$$\%Almidón = \frac{(\%MS \times 87,5)}{100} \rightarrow \%Almidón = \frac{35,63 \times 87,5}{100} \rightarrow \%Almidón = 31,2$$

Este resultado indica que de cada 10 t de raíces frescas, 3.120 kg son de almidón; es decir, al posponer la cosecha, se obtuvo un aumento de almidón de 493 kg.