



Manual de manejo de yuca para consumo fresco en diferentes **regiones de Colombia**

Manual de manejo de yuca para consumo fresco en diferentes regiones de Colombia

Elvia Amparo Rosero Alpala
Editora

Elvia Amparo Rosero Alpala | Amaury Aroldo Espitia Montes
Eberto Rodríguez Henao | Katia Vanesa Contreras Valencia
Carina Cecilia Cordero Cordero | Héctor Augusto Sandoval Contreras
Jessica Moreno Barragán | Lina Vanessa Garavito Morales
Sol Mara Regino Hernández | Remberto Rafael Martínez Figueroa
Clara Yalexty Delgado Ochica | Juan Guillermo Cubillos Hinojosa
Rommel Igor León Pacheco | Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez
Martha Liliana Montes Pérez | Alfonso Rafael Orozco Guerrero
Gabriel Ernesto Silva Acosta | Julio Ernesto Muñoz Falcón

Autores



Manual de manejo de yuca para consumo fresco en diferentes regiones de Colombia. / Elvia Amparo Rosero Alpala [y otros diecisiete] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2024.
146 páginas (Colección Alianzas Agrosavia)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN: 978-958-740-724-2

ISBN e-Book: 978-958-740-725-9

1. Mandioca 2. Consumo 3. Sistemas de cultivo 4. Fenología 5. Variedades 6. Control de enfermedades
7. Control de plagas 8. Tecnología postcosecha 9. Cosecha.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13 vía Montería-Cereté, Córdoba. Código postal: 230550, Colombia

Esta publicación se deriva del proyecto "Convenio para impulsar el subsector productivo de la yuca industrial como polo de desarrollo regional, a través del fomento de cadenas completas de suministro en las zonas productoras de yuca-Fase I y II", Convenio 20220440 y MADR-312-2023 entre MADR-AGROSAVIA, Plan Yuca País.

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

Fecha de recepción:

17 de enero de 2024

Fecha de evaluación:

7 de febrero de 2024

Fecha de aceptación: 5 de marzo de 2024

Primera edición: 900 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, 2024

Printed in Bogota, Colombia

editorial@agrosavia.co

Líder editorial:

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Jorge Enrique Beltrán Vargas

Corrección de estilo:

Alejandro Merlano Aramburo

Diseño y diagramación:

Mónica Cabiati Daza

Ilustración de cubierta:

Juan Felipe Martínez Tirado

Impresión: DGP Editores S. A. S.

Citación sugerida: Rosero Alpala, E. A. (Ed.). (2024). *Manual de manejo de yuca para consumo fresco en diferentes regiones de Colombia*. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Doi: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407259>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13



Contenido

Agradecimientos	7
Presentación	8
Introducción	10

Capítulo 1. Comprensión del segmento de la yuca de consumo fresco en Colombia	12
--	-----------

Katia Vanesa Contreras Valencia	
Agregación de valor	19

Capítulo 2. Diversidad y fisiología del cultivo de la yuca para consumo fresco	23
---	-----------

Carina Cecilia Cordero Cordero y Elvia Amparo Rosero Alpala	
Variedades registradas para consumo fresco o doble propósito	24
Etapas fenológicas y requerimientos agroclimáticos del cultivo	29
Parámetros fisiológicos del cultivo	31



Capítulo 3. Sistemas de cultivo para la yuca 32

Sol Mara Regino Hernández, Elvia Amparo Rosero Alpala
y Remberto Rafael Martínez Figueroa

La yuca en monocultivo	32
La yuca como cultivo principal en asocio	33
La yuca como cultivo secundario en asocio	37
Rotación de cultivos	38

Capítulo 4. Recomendaciones de manejo de yuca de consumo fresco en el Caribe 39

Amaury Aroldo Espitia Montes y Sol Mara Regino Hernández

Modelo tradicional de producción de yuca de consumo	39
Modelo recomendado para asocio yuca-maíz	40

Capítulo 5. Recomendaciones de manejo de yuca en la Orinoquía 43

Héctor Augusto Sandoval Contreras
y Jessica Moreno Barragán

Recomendaciones para el establecimiento del cultivo de yuca	44
Agrosavia Melúa-31	54

Capítulo 6. Recomendaciones de manejo de yuca en el suroccidente de Colombia

55

Eberto Rodríguez Henao y Lina Vanessa Garavito Morales

Identificación del mercado	57
Identificación de las condiciones del lote para la siembra	58
Análisis de suelos	59
Preparación del terreno	61
Selección del material de siembra	64
Alistamiento del material de siembra	70
Siembra	73
Nutrición	81
Control de malezas	81
Manejo de plagas y enfermedades	83
Cosecha	89

Capítulo 7. Insectos y ácaros plaga: descripción y estrategias de control

97

Clara Yalexty Delgado Ochica y
Juan Guillermo Cubillos Hinojosa

Plagas en estado larval	97
Trips o raspadores de la yuca	100
Ácaros o arañitas	101

Capítulo 8. Enfermedades: descripción y estrategias de control

104

Clara Yalexty Delgado Ochica y
Juan Guillermo Cubillos Hinojosa

Enfermedad por virus	105
Enfermedad por bacterias	106
Enfermedad por hongos	107

Capítulo 9. Cosecha y poscosecha en el cultivo de yuca

110

Rommel Igor León Pacheco, Luis Giovanni
Mauricio Montejó Núñez, Martha Liliana Montes Pérez,
Alfonso Rafael Orozco Guerrero, Gabriel Ernesto
Silva Acosta y Julio Ernesto Muñoz Falcón

Proceso de cosecha	110
Proceso de poscosecha y almacenamiento	114

Referencias	122
Autoría	138

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto Plan Yuca País, en sus fases I y II, ya que a través de este ha sido posible crear espacios de intercambio de conocimiento, reconocer las necesidades de los productores y organizar documentos técnicos clave en busca de dar respuesta y orientar al productor en la toma de decisiones para sus sistemas de cultivo de yuca.

Un agradecimiento especial a todos los actores de la cadena de valor de la yuca, quienes con su empoderamiento han permitido fortalecer cada vez más los diferentes eslabones y en general han apoyado el fortalecimiento y la apropiación de conocimiento técnico.



Presentación

El siguiente documento fue desarrollado en el marco del proyecto Plan Yuca País, el cual fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado por AGROSAVIA. Este plan, por medio de sus fases I y II, permitió unir esfuerzos técnicos, científicos y tecnológicos de diferentes instituciones para impulsar la cadena de valor de la yuca en Colombia.

El presente manual recoge información clave para manejar técnicamente el cultivo de yuca de consumo fresco en las diferentes regiones del país. El documento inicia resaltando detalles de la comercialización de la yuca de consumo, su importancia en Colombia y su potencial a nivel internacional. Un segundo capítulo resalta la diversidad varietal encontrada en diferentes regiones, así como conceptos clave de la fisiología de la yuca para la toma de decisiones. El tercer capítulo retoma temáticas clave para el diseño de sistemas sostenibles de producción de yuca tanto en cultivos asociados como a través de la rotación de cultivos. Los tres capítulos siguientes compilan recomendaciones de manejo para tres núcleos productivos: el Caribe, los Llanos Orientales y el Cauca; aquí se describen los pasos a seguir desde la siembra hasta la cosecha, considerando las particularidades de cada región. Considerando la importancia de conocer las plagas y enfermedades que afectan al cultivo de yuca, los siguientes capítulos recogen información sobre la descripción, el ciclo

de vida y recomendaciones para su manejo. Finalmente, el último capítulo busca ahondar en el tema de la poscosecha, con algunas recomendaciones importantes para extender la vida útil de la yuca, desde el campo hasta el almacenamiento y la distribución.



Introducción

El cultivo de la yuca a nivel mundial reviste gran importancia en cuanto a seguridad alimentaria y procesos de transformación. En Colombia, en el grupo de cultivos de raíces y tubérculos, es el segundo cultivo más importante después de la papa. Con más de 200.000 hectáreas, el cultivo de la yuca se desarrolla en los 32 departamentos, lo que demuestra su gran importancia en la seguridad alimentaria de millones de colombianos, ya que más del 90 % del área cultivada corresponde a yuca de consumo humano. Sin embargo, los rendimientos obtenidos en el cultivo de yuca de consumo difieren significativamente respecto a los de la yuca industrial: el primero reporta un promedio de 11 toneladas por hectárea, mientras que el segundo registra 20.

El cultivo de yuca de consumo requiere ser fortalecido desde un manejo agronómico sostenible, de manera que se genere un impacto positivo en el sector rural, a través de los esfuerzos de investigación visibles en la oferta de variedades mejoradas, el uso de semilla de alta calidad, la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, y la adopción de las recomendaciones de cosecha y poscosecha.

Dada la gran relevancia de este cultivo, reconocida por su amplia dispersión y adaptación a nivel nacional, la apuesta de los diferentes actores de la cadena debe dirigirse a las mejoras sostenibles en el sector primario, lo cual les permitirá generar una mayor competitividad; sin embargo, desafíos importantes deben ser asumidos desde las instituciones

de investigación en cuanto a la generación de recomendaciones y nuevas variedades adaptadas a las exigencias vigentes tanto ambientales como de seguridad alimentaria (nutricional).

Este manual recoge todo el conocimiento generado desde diferentes instituciones, cuya compilación se espera que sea de utilidad para la apropiación de conocimiento por parte de las comunidades rurales, los asistentes técnicos y demás profesionales asociados.



Capítulo 1.

Comprensión del segmento de la yuca de consumo fresco en Colombia

Katia Vanesa Contreras Valencia

Las preferencias del consumidor de yuca todavía no se han estudiado en Colombia. Existen diversas fuentes que relacionan la importancia del cultivo de yuca con la seguridad alimentaria, las condiciones de los productores y la agregación de valor de este cultivo, como el mercado de los productos de yuca transformados, precocidos y congelados (Stockholm Environment Institute, 2020; Banco de la República, 2012; CIAT, 1997); sin embargo, una ruta concertada que permita comprender los determinantes del universo del consumo y, así, integrar dicho conocimiento de las preferencias del consumidor de yuca previo al mejoramiento genético es un tema en construcción y discusión.

A nivel de mercado, se reconoce que en las cadenas agroalimentarias los agentes de la comercialización mayorista juegan un papel fundamental por su capacidad de conectar con producción agrícola dispersa y ponerla a disposición de las plataformas de consumo en las grandes urbes. Para esto, esta comprensión inicial del mercado de consumo permitió identificar las denominaciones de las variedades de yuca reconocidas por parte de los agentes que intervienen en la comercialización mayorista de yuca (figura 1.1).

Los agentes comercializadores generan denominaciones de la yuca al asociarla, en mayor medida, al lugar de procedencia de la producción, especialmente a escala municipal, y en segundo lugar, a aspectos físicos de la raíz. Así, se resaltan los casos de Tierralta, en el departamento de Córdoba; Saravena, en Arauca; Tumaco, en Nariño, y San Pablo, en el sur de Bolívar.



Figura 1.1. Denominaciones y nombres varietales más comunes para la yuca de consumo humano por parte de los agentes de la comercialización mayorista del país.
Fuente: Elaboración propia

El consumo de yuca en Colombia está determinado por el color blanco de la pulpa; para el caso de la pulpa con coloraciones amarillas, se reconoce que su producción inició en el corregimiento de Llorente, del municipio de Tumaco, Nariño, y en otras regiones estas variedades se cultivan para autoconsumo familiar. Sin embargo, también se ha observado una circulación mayorista de estas variedades hacia la ciudad de Pasto, con influencia en la distribución minorista hacia el departamento del Huila.

Para mayor profundidad, en la tabla 1.1 se detallan los lugares de donde provienen las raíces frescas de yuca preferidas por los comercializadores mayoristas, junto con las denominaciones que tienen para estas, en comparación con la denominación del Sistema de Información de Precios (Sipsa), el cual se construye con las mismas centrales de abastos del país por medio del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

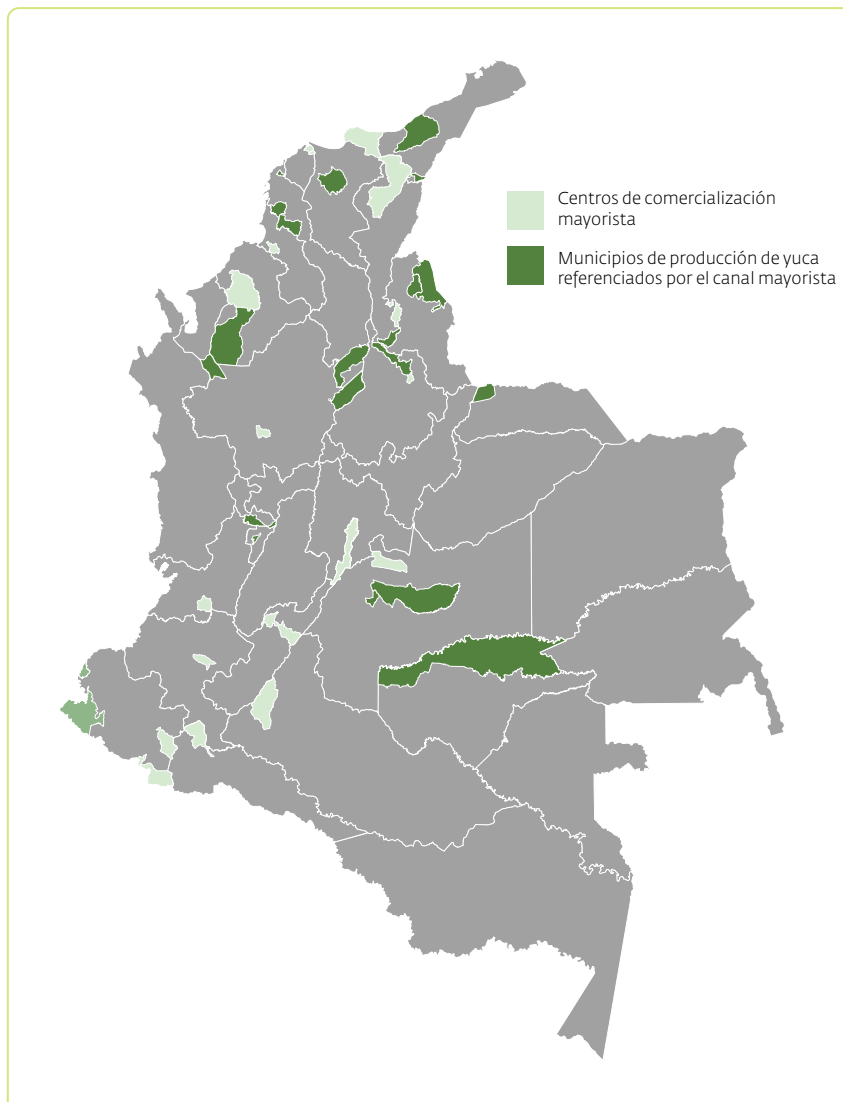


Figura 1.2. Especialización de los lugares de producción más relevantes para la comercialización mayorista de la yuca que llega a los hogares.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.1. Origen de la yuca que circula por las centrales mayoristas del país y su denominación

N.º	Nombre de la central de abastos	Ubicación de comercialización mayorista	Origen de la yuca		Denominaciones para la yuca		Color de la pulpa
			Municipio	Departamento	Sipsa	Comercializadores	
1	Corabastos	Bogotá	Llanos Orientales	Ecuador	Llanera	Tierra playera Tierra mona Tierra gris Tierra negra Tierra roja Ecuatoriana	Blanca
2	Granabastos	Soledad	Atlántico	Córdoba	Criolla	Tierraltera	Blanca
3	Abastos del Llano	Villavicencio	Meta	Guaviare	Criolla	Playera	Blanca
4	Mercabastos	Valledupar	Cesar	Arauca	N. R.		Blanca
5	Abastos de Sincelejo	Sincelejo	Sucre	Córdoba	Criolla		Blanca
6	Cavasa	Cali	Valle del Cauca		ICA		Blanca

N.º	Nombre de la central de abastos	Ubicación del centro de comercialización mayorista	Origen de la yuca		Denominaciones para la yuca		Color de la pulpa
			Municipio	Departamento	Sipsa	Comercializadores	
7	Centroabastos	Bucaramanga	Saravena	Arauca			
			El Playón	Santander		La Armenia, chile o chilonga;	
			Rionegro	Santander		cacota; gigantona; saravenera, tierra firme; concha de coco	Blanca
				Ecuador			
				Venezuela	Criolla		
			Granada	Meta			
			San Pablo	Bolívar			
8	Mercasa	Pereira	San Alberto	Cesar			
			Tierralta	Córdoba			
9	Cenabastos	Cúcuta			ICA		Blanca
10	Mercar	Armenia					
11	Surabastos	Neiva					
			Mocoa	Putumayo		Mocoana	Amarilla
			Pasto	Nariño		De Tumaco	Amarilla
			Armenia	Quindío	Criolla	Quindiana	Blanca
			Florencia	Caquetá		N. R.	Blanca

N.º	Nombre de la central de abastos	Ubicación del centro de comercialización mayorista		Origen de la yuca		Denominaciones para la yuca		Color de la pulpa
		Duitama	Boyacá	Municipio	Departamento	Sipsa	Comercializadores	
12	Centroabastos			Llanos Orientales		Yuca llanera	Llanera	Blanca
13	Mercado público	Santa Marta	Magdalena	Pivijay	Magdalena	N. R.		Blanca
14	Mercado público	Montería	Córdoba	Tierralta	Córdoba	N. R.	Chirosa	Blanca
15	Mercado de Bazurto	Cartagena	Bolívar	Clemencia, El Carmen de Bolívar, María La Baja	Bolívar	Criolla	Chirosa, la Venezolana, blanca-mona	Blanca
				Tierralta	Córdoba	N. R.	Tierralta	Blanca
16	Mercado publico	Pasto	Nariño	Llorente, Tumaco	Nariño	N. R.	De Tumaco	Amarilla
17	Mercado publico	IpiALES	Nariño	Ecuador		N. R.	Ecuadoriana	Blanca

Fuente: Elaboración propia

Es así como el Sipsa se convierte en una fuente de información para la cadena de la yuca en Colombia, aunque solo refleja los precios de la yuca que se transan en los mercados mayoristas. En la figura 1.3 se muestra el comportamiento y la variación de precios en el periodo 2013-2024 en la ciudad de Bogotá, siendo el suministro desde la región de la altillanura. Esta amplia variación en los precios está asociada, en general, a la oferta disponible, pues cuando hay abundancia los precios disminuyen.



Figura 1.3. Comportamiento y variación del mercado de la yuca transada en el principal centro de abastos del país, 2013-2024.

Fuente: DANE (2024)

Agregación de valor

La producción de yuca que se destina a los hogares para procesos de cocción o para establecimientos gastronómicos se está diversificando desde el punto de vista de la conservación. La técnica de parafinado o encerado es la que comúnmente se aplica para conservar su vida útil, y es común encontrarla en lugares de distribución minorista del mercado nacional. Aunque este tipo de conservación permite la exportación de este producto como alimento a mercados internacionales, Colombia no ocupa un lugar representativo en la exportación de yuca si se la compara con países como Costa Rica. Para el mercado tipo exportación, este producto se transa con el código de partida 0714100000, que corresponde a raíces de mandioca (yuca) frescas, refrigeradas, congeladas o secas; incluso troceadas o en pélets. En las figuras 1.4 y 1.5 se observa el comportamiento de la exportación de yuca en el periodo 2019-2023 y los países que más exportan.

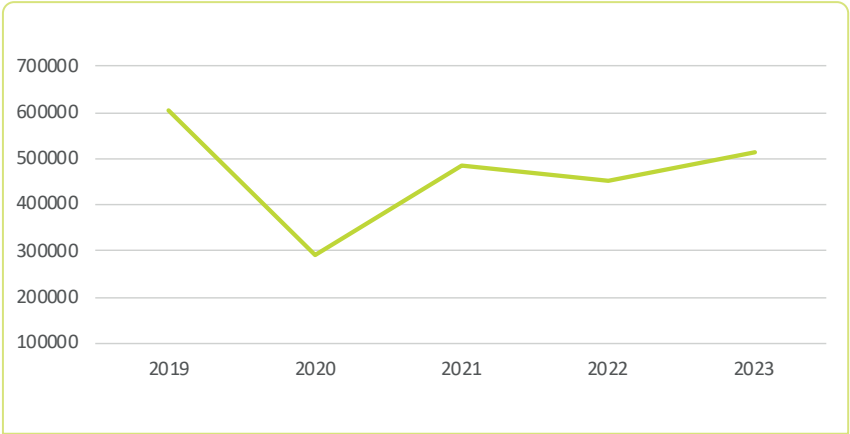


Figura 1.4. Comportamiento de la exportación de yuca parafinada desde Colombia, 2019-2023 (toneladas exportadas).
Fuente: Elaboración propia a partir de Legiscomex (2023)

En cuanto a los países que más exportan este producto, la lista es liderada por el Sudeste Asiático, con Tailandia, Laos y Vietnam, y en cuarto lugar está Costa Rica.

Sin embargo, en los últimos años se observa, en grandes ciudades como Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cartagena, una ampliación de la oferta de productos alimenticios a base de yuca para el mercado nacional, cuyo suministro proviene de los materiales de yuca comúnmente denominados como dulces o de consumo. Al realizar el rastreo de la ubicación de las fábricas¹ y su lugar de operación, se encuentra que Antioquia es el mayor centro, seguido de Cundinamarca (figura 1.6). La intensidad de color y el número en el mapa representan la presencia de empresas identificadas en cada departamento.

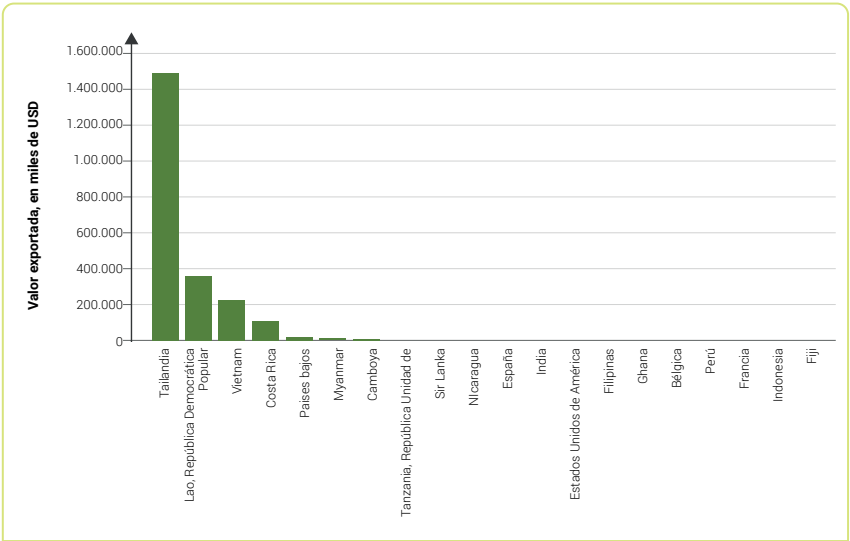


Figura 1.5. Países líderes en exportación para el código de partida 0714100000, raíces de mandioca (yuca) frescas, refrigeradas, congeladas o secas; incluso troceadas o en pélets en 2023.

Fuente: Legiscomex (2023)

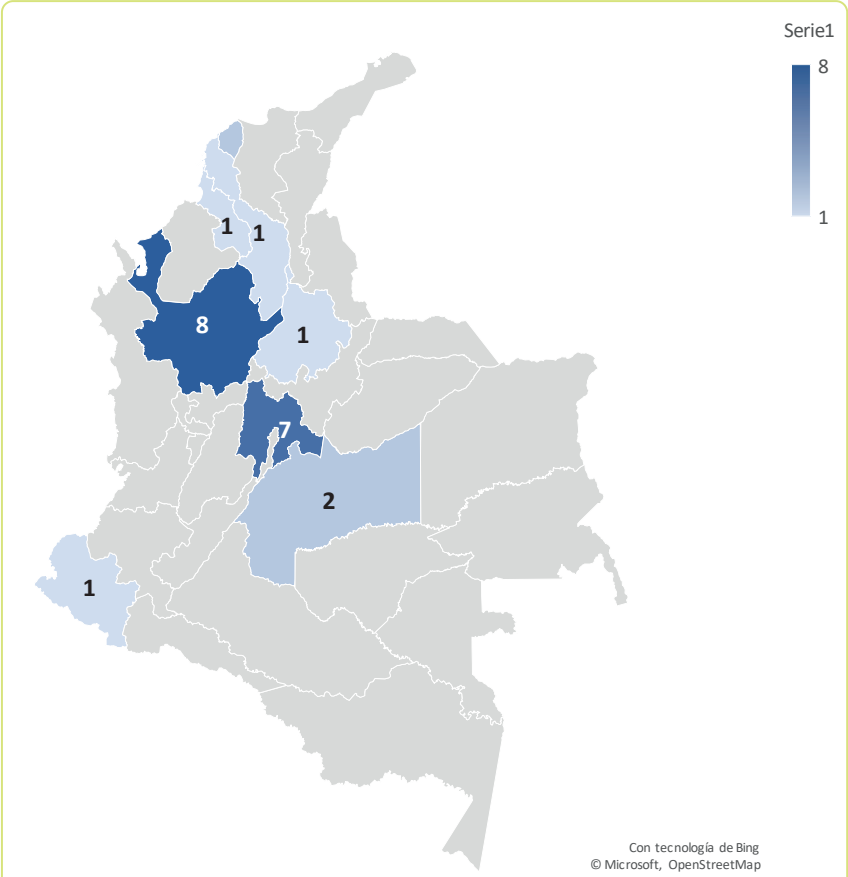
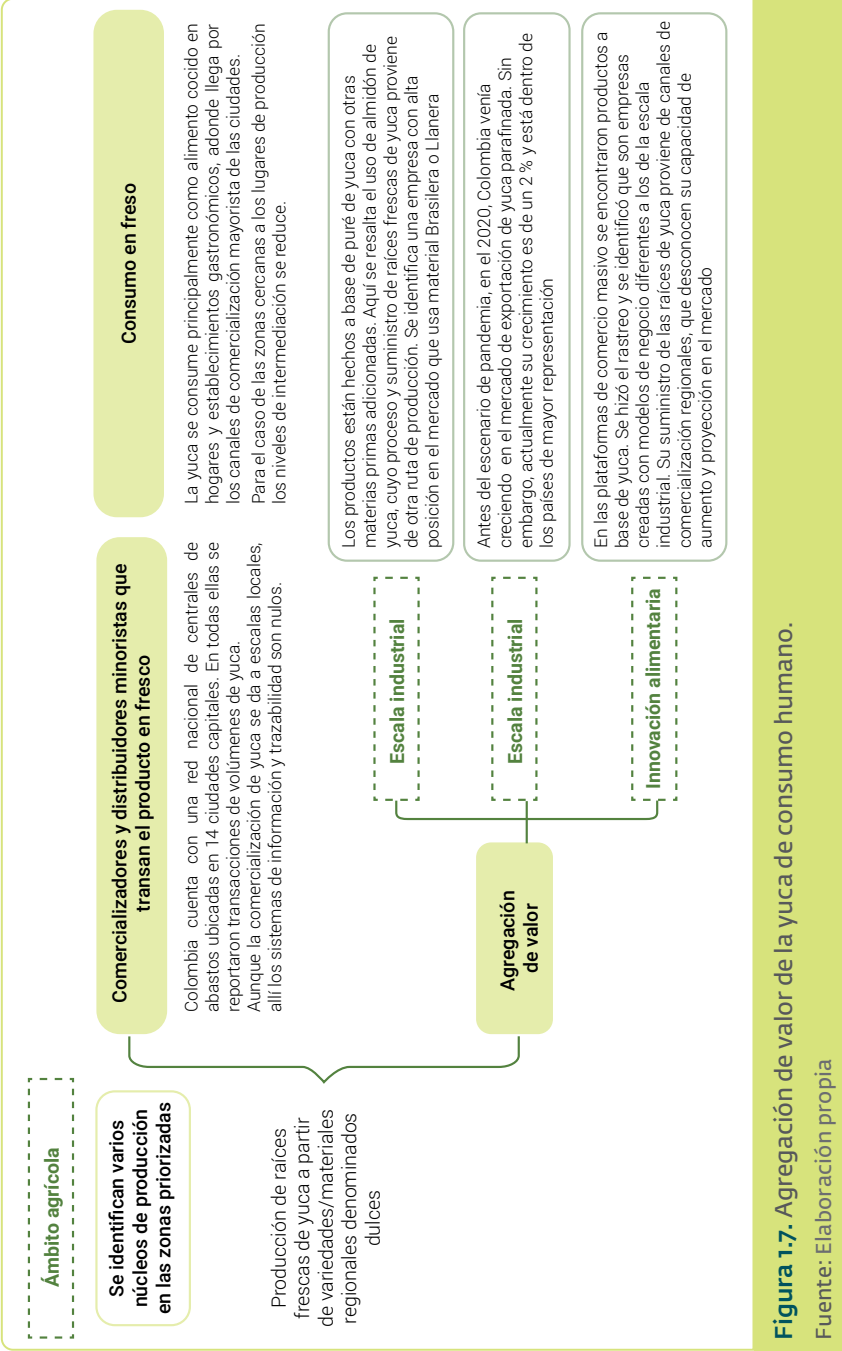


Figura 1.6. Ubicación de las empresas que agregan valor para ampliar la oferta de alimentos a base de yuca.

Fuente: Elaboración propia

Estos productos que amplían el espectro de consumo de yuca se basan en usar una masa, harina o pasta de yuca para elaborar productos como waffles, chips, pasabocas, deditos, entre otros, cuyos canales de comercialización son fundamentalmente los almacenes de cadena como plataforma de distribución masiva. Así, en la figura 1.7 se resumen los encadenamientos de la producción agrícola de yuca en el país y los eslabones que intervienen para llegar al destino del consumo y la alimentación.



Capítulo 2.

Diversidad y fisiología del cultivo de la yuca para consumo fresco

Carina Cecilia Cordero Cordero y
Elvia Amparo Rosero Alpala

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) constituye la cuarta fuente de calorías en la dieta de pobladores de Latinoamérica, África y Asia (Techeira et al., 2014), siendo las raíces tuberosas amiláceas el órgano de interés comercial por excelencia. Este cultivo tiene, además, importancia en términos de agricultura sustentable, con potencial para integrar sistemas productivos de alimentos de baja agresión al medio ambiente en climas tropicales y subtropicales y suelos de baja fertilidad (Alves, 2002; Howeler, 2014).

Un primer acercamiento a la diversidad de la yuca en manos de los productores permitió evidenciar un gran número de variedades que son incluso comercializadas en las centrales de abastos. En la tabla 2.1 se relacionan las variedades de consumo fresco reportadas en dos regiones de Colombia.

Tabla 2.1. Algunas variedades de consumo fresco para el Caribe y los Llanos

Región	Uso	Material	Departamentos
Caribe	Dulce	Chirosa	Atlántico y Bolívar
		Venezolana	Bolívar, Sucre, Córdoba y Magdalena
		Blanca-mona	Bolívar, Sucre, Cesar y Magdalena
		Cogollo morado	Bolívar

		Wuaguita	Bolívar
		ICA-Negrita	Bolívar, Magdalena y Sucre
		Blanquita	Sucre
		Ceibita	Sucre
		Carmerita	Sucre
		Armenia	Cesar
		Valencia	Córdoba
		Corpoica Caiseli	Córdoba
		Santicana	Magdalena
Llanos	Dulce	Variedad Brasilera	Meta
		Playera	Meta
		Quindiana	Meta
		Yema de huevo	Meta
		6-mesuna	Meta

Fuente: Elaboración propia

Variedades registradas para consumo fresco o doble propósito

En el Registro Nacional de Cultivares (RNC), del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se encuentran registradas un total de 31 variedades, incluyendo de consumo fresco, doble propósito, uso industrial y forrajeras. De estas, 12 variedades han sido registradas por su bajo contenido de ácidos cianogénicos, por lo cual son aptas para consumo humano o doble propósito. Las variedades liberadas fueron desarrolladas para tres núcleos productivos: la costa Caribe, la Orinoquía y los valles interandinos, donde su desempeño agronómico fue, en general, superior a los testigos regionales.

Variedades registradas para la región Caribe

ICA Costeña

Reconocida por su código experimental, CG 1141-1, esta variedad presenta forma lanceolada del lóbulo central de las hojas, color rojo de los peciolos, color verde claro del córtex del tallo y color café claro en la epidermis del tallo. La planta presenta una altura total de 160 cm y una altura a la primera ramificación de 80 cm. Entre sus características agronómicas, se destacan su rendimiento promedio de raíces, de 23 t/ha, y un contenido de materia seca en las raíces del 35 % (De la Torre & Hershey, 1991).

ICA-Negrita

Con código experimental CM 3306-4, es una variedad que presenta hojas apicales de color morado, hojas de color verde oscuro y epidermis del tallo de color café oscuro. En promedio, presenta una altura total de 235 cm, una altura a la primera ramificación de 90 cm y dos niveles de ramificación. En promedio, tiene un rendimiento de raíces de 15,7 t/ha y un contenido de materia seca en las raíces del 37,2 % (Pastrana et al., 2014).

Corpoica Caribeña

Su código experimental es SGB 765-2. Es una variedad que tiene hojas apicales de color verde claro, forma lanceolada del lóbulo central, peciolos de color verde amarillento, hojas adultas de color verde oscuro y epidermis del tallo de color café claro. Esta variedad presenta una altura total de 240 cm y dos niveles de ramificación. Presenta un rendimiento promedio de raíces de 17,4 t/ha y un contenido de materia seca en las raíces del 37,7 % (López & Jaramillo, 2000a).

Corpoica Rojita

Esta variedad, cuyo código experimental es SGB 765-4, presenta color verde amarillento y pubescencia densa en las hojas apicales, forma obovada-lanceolada del lóbulo central, peciolo de color verde amarillento, con pigmentación rojiza, y hojas adultas y córtex del tallo de color verde claro. Cuenta con una altura total promedio de 233 cm, con dos o tres niveles de ramificación. El rendimiento promedio de raíces de esta variedad es de 15,5 t/ha, y su contenido de materia seca en las raíces es del 36,5% (López & Jaramillo, 2000b).

Corpoica Caiseli

Esta variedad, manejada con el código experimental SMB 2446-8, presenta hojas apicales de color verde claro y pubescentes, forma lanceolada del lóbulo central y peciolo de color rojo intenso, con manchas verde amarillentas. Las hojas adultas son de color verde amarillento, el córtex del tallo es rojizo y la epidermis del tallo es de color verde claro. La altura total de la planta es de 212 cm, y no presenta ramificaciones. El rendimiento promedio de raíces es de 23,5 t/ha, y su contenido de materia seca en las raíces es del 36,6% (López et al., 2004).

Variedades registradas para la Orinoquía

ICA-Cebucán

Su código experimental es CM 2177-2. Es una variedad con hojas apicales de color morado claro y pubescentes. Los peciolo son de color verde, y las hojas adultas y la epidermis del tallo son de color verde claro. La altura total de la planta es de 186 cm, con una altura a la primera ramificación de 67 cm, y presenta tres niveles de ramificación. En promedio, su rendimiento de raíces es de 21,3 t/ha (Rodríguez & Hershey, 1990).

ICA-Catumare

El código experimental de esta variedad es CM 523-7. Es una variedad con hojas apicales de color verde claro y con pubescencia. El lóbulo central es de forma lanceolada, los peciolo son de color rojo, la hoja y la vena foliar son de color rosado y la epidermis del tallo es de color café claro. La altura de la planta es de 218 cm, con una altura a la primera ramificación de 73 cm, y cuenta con cuatro niveles de ramificación. Presenta un rendimiento promedio de raíces de 26,7 t/ha (Rodríguez & Hershey, 1990).

Corpoica Reina

Su código experimental es CM 6740-7. Las hojas apicales son de color verde oscuro y presentan pubescencia. El lóbulo central de la hoja presenta forma elíptica-lanceolada. Los peciolo son de color morado, las hojas y el córtex del tallo son de color verde oscuro y la epidermis del tallo es de color café claro. La altura total de la planta es de 228 cm, con una altura a la primera ramificación de 120 cm, y tiene tres niveles de ramificación. Se ha reportado un rendimiento promedio de raíces de 23,4 t/ha y un contenido de materia seca en las raíces del 35 % al 37,5 %. Sin embargo, en condiciones de los Llanos Orientales, se ha detectado una alta afectación por cuero de sapo (Ceballos et al., 2000).

Variedades registradas para los valles interandinos

Nataima 31

El código experimental de esta variedad es CG 489-31. Es una variedad con hojas apicales de color verde claro, forma lanceolada del lóbulo central de la hoja y peciolo de color verde amarillento. Las hojas son de color verde oscuro, y la vena foliar es de color verde claro. Esta variedad tiene el córtex del

tallo de color café rojizo y la epidermis del tallo de color café oscuro. La altura de la planta es de 250 cm, con una altura a la primera ramificación a los 130 cm, y presenta dos niveles de ramificación. Su rendimiento promedio de raíces es de 18,4 t/ha, y su contenido de materia seca en las raíces es del 32,6 % (Vargas et al., 2002).

Manihoica P-11

Esta variedad, con código experimental CMC 40, presenta hojas apicales de color morado y con pubescencia escasa. Las hojas presentan lóbulo central de forma elíptica. Las hojas tienen peciolo de color morado, y la lámina foliar es de color verde oscuro. La epidermis del tallo es de color marrón. La altura total de la planta es de 300 cm. Esta variedad presenta un rendimiento promedio de raíces de 29,6 t/ha y un contenido de materia seca en las raíces del 32 % (Toro, 1984).

Manihoica P-12

Su código experimental es CMC 76. El color de las hojas apicales es verde claro, y estas tienen abundante pubescencia. El lóbulo central de la hoja tiene forma lanceolada, con peciolos de color verde claro, y las hojas son de color verde oscuro. La epidermis del tallo es de color verde claro. La altura total de la planta es de 300 cm. El rendimiento promedio de raíces es de 25,2 t/ha, y el contenido de materia seca en las raíces es del 37 % (Toro, 1984).

Manihoica P-13

Con código experimental HMC-1, esta variedad presenta hojas apicales de color verde claro, con presencia de pubescencia. La forma del lóbulo central es lanceolada, con peciolos de color púrpura y hojas de color verde oscuro. La epidermis del tallo es de color rojizo claro. La altura de la planta es de 300 cm, con primera ramificación a los 165 cm. El rendimiento promedio de raíces es de 35,6 t/ha, y su contenido de materia seca en las raíces es del 32,6 % (Gómez et al., 1986).

Etapas fenológicas y requerimientos agroclimáticos del cultivo

La planta de yuca cumple su ciclo de desarrollo en cinco fases fisiológicas. En la primera fase, llamada surgimiento de raíces, en condiciones favorables de humedad y temperatura, se dan las primeras raíces fibrosas, lo cual ocurre después del séptimo día de la siembra. En la segunda fase continúa la formación del sistema de raíces, también fibrosas; esta fase dura unos 70 días. En la tercera fase se presenta el desarrollo de brotes, y dura 90 días; durante esta fase comienza la acumulación de almidón en las raíces fibrosas. La cuarta fase es el llenado de las raíces, correspondiente a la migración de sustancias de reserva hacia las raíces de almacenamiento a partir de la fase anterior; en esta fase, que comienza en el quinto mes, no hay un mayor crecimiento de las raíces en longitud, pero sí en diámetro, debido a la deposición del almidón. En la quinta y última fase, llamada de reposo, la planta pierde el follaje naturalmente, con lo que cierra su actividad vegetativa, quedando solo la migración de sustancias de reserva hacia las raíces; durante esta fase, la planta de yuca almacena la reserva máxima de almidón en las raíces (figura 2.1). Después de este periodo de descanso, se reanuda una nueva etapa de crecimiento, cuando se reinicia la formación de ramas y hojas, lo cual se da, inicialmente, a expensas del almidón almacenado en los tallos y las raíces durante la etapa de crecimiento (Gomes, 2015; Terres, 2002).

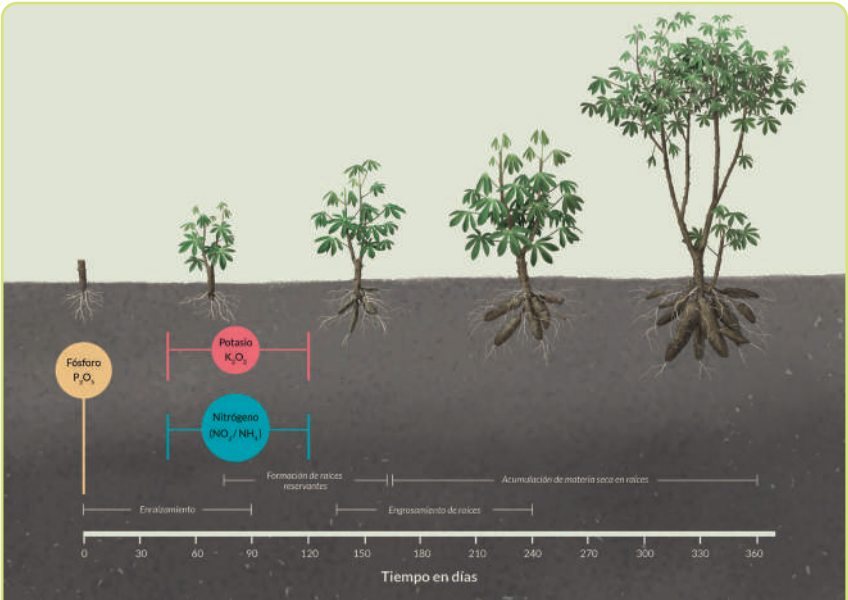


Figura 2.1. Fenología de la planta de yuca.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

A continuación, en la tabla 2.2, se presentan las condiciones ambientales y los requerimientos para el cultivo de yuca de consumo fresco.

Tabla 2.2. Condiciones climáticas y requerimientos para el cultivo de yuca de consumo fresco

Condición ambiental	Requerimiento
Altitud (m s. n. m.)	0-1.800
Periodo de crecimiento (meses)	8-18*
Precipitación (mm)	750-2.000
Temperatura (°C)	25-32*
pH	5,5-7,5
Tipos de suelos	De francos a franco-arcillosos
Profundidad (cm)	>60

* Estos valores dependen de la altitud en la que se encuentre el cultivo.

Fuente: Elaboración propia

Parámetros fisiológicos del cultivo

La planta de yuca puede producir un alto rendimiento incluso en condiciones de lluvias irregulares. De acuerdo con Itani et al. (1999), esto se atribuye principalmente a su capacidad para mantener el área foliar en condiciones de sequía y volver a crecer rápidamente después de la lluvia. En condiciones de déficit de agua, la fotosíntesis de las plantas de yuca se produce solo a principios de la mañana. La pérdida de agua se reduce mediante el cierre total de los estomas al mediodía, causado por la consistencia del potencial osmótico ante disminuciones en el agua del suelo, es decir, por una falta de potencial osmótico. Los autores concluyeron que la yuca puede mantener consistentemente un nivel de agua adecuado en las hojas mediante el almacenamiento de agua y la sensibilidad de los estomas a los déficits hídricos, con lo cual evita la deshidratación de las hojas (Itani et al., 1999).

Según López et al. (2017), la salinidad redujo la tasa de asimilación de CO_2 , la conductancia estomática, la transpiración y la eficiencia en el uso instantáneo del agua. La correlación entre la tasa de asimilación de CO_2 y la conductancia estomática fue alta y positiva, lo que demuestra que el movimiento estomático fue uno de los responsables de la asimilación de CO_2 inferior. Bajo estrés salino, se presenta un aumento en la concentración de CO_2 intercelular, lo que indica un deterioro del metabolismo del carbono. Con base en la reducción de materia seca de las raíces (reducción del 81% en condición de salinidad), se concluyó que la yuca es sensible a este tipo de estrés. El crecimiento de los brotes y las raíces absorbentes se vio mínimamente afectado por la salinidad, incluso cuando la tasa de asimilación de CO_2 se redujo; por lo tanto, la sensibilidad de la yuca estuvo relacionada con la alta sensibilidad de las raíces a los efectos iónicos u osmóticos de la salinidad.

Capítulo 3.

Sistemas de cultivo para la yuca

**Sol Mara Regino Hernández, Elvia Amparo Rosero
Alpala y Remberto Rafael Martínez Figueroa**

El cultivo de yuca hace parte de los principales cultivos base para la seguridad alimentaria en Colombia. De esta forma, más de 200.000 ha de yuca fueron cultivadas en 2022; de estas, más del 95 % corresponde a yuca de consumo fresco, y el porcentaje restante representa yuca para transformación (almidón nativo, almidón fermentado y trozos secos). En dicha vasta área de producción de yuca de consumo fresco, que abarca los 32 departamentos del país, existe una amplia diversidad de sistemas de producción. La yuca de consumo fresco presenta diferentes sistemas de cultivo, relacionados con la cultura agroalimentaria de cada región, destacándose los cultivos asociados con maíz, frijol, plátano y café. Asimismo, en algunas regiones se encuentra en monocultivo y puede ser usado en escenarios de rotación de cultivos del sistema agrícola.

La yuca en monocultivo

En este sistema, usado en diferentes regiones de Colombia, la yuca es el único cultivo en el lote. La densidad, en muchos casos, es ajustada a los aperos de mecanización disponibles o, en otros casos, a la experiencia del productor en el manejo de variedades específicas. Entre las densidades reportadas por productores, se tienen las siguientes opciones (tabla 3.1).

Tabla 3.1. Densidades de siembra en monocultivo reportadas por productores

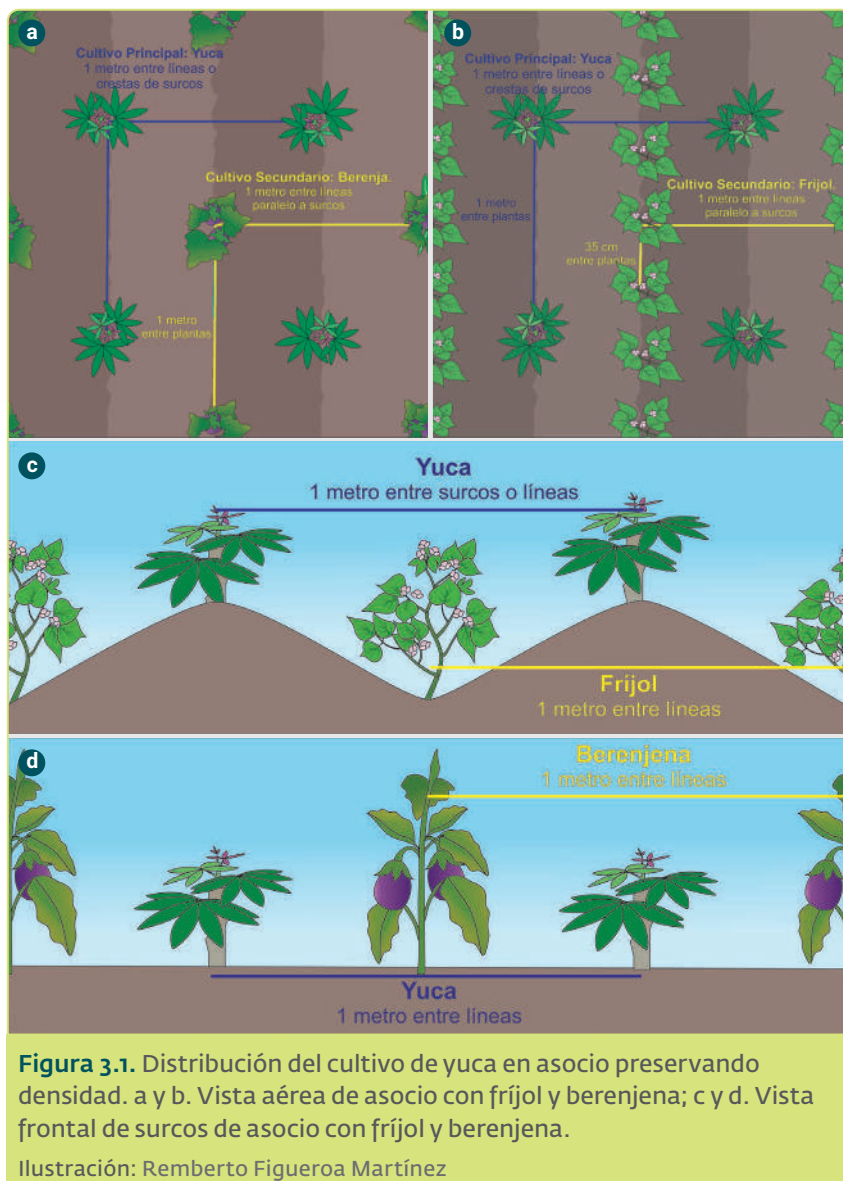
Densidad (plantas/ha)	Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)
10.000	100	100
20.000	100	50
16.000	100	60
8.000	120	100
7.000	120	120
12.000	120	70
4.500	150	150
10.500	210	45
20.500	70	70
17.000	80	70
15.000	80	80

Fuente: Elaboración propia

La yuca como cultivo principal en asocio

Entre los sistemas de asocio donde la yuca es el cultivo principal, se encuentran especies como maíz, frijol, ñame, berenjena, ahuyama, arroz, ajonjolí, sandía, tabaco, maní, hortalizas, batata, entre otros. En este sistema existen tres opciones que los productores han diseñado:

1. El arreglo preserva la distancia de siembra del cultivo principal (usualmente 1×1 m) e incluye la distribución del cultivo asociado entre plantas de yuca (figura 3.1a y b).



2. El arreglo modifica la distancia del cultivo principal para dejar espacio suficiente al cultivo asociado (figura 3.2 a y b).

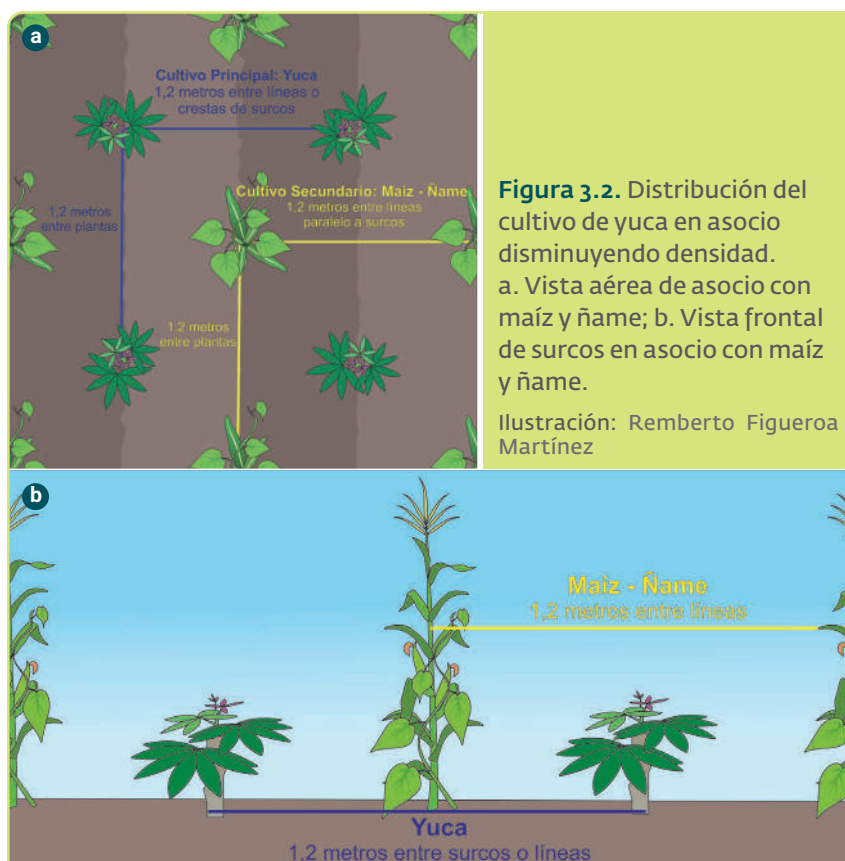


Figura 3.2. Distribución del cultivo de yuca en asocio disminuyendo densidad.
a. Vista aérea de asocio con maíz y ñame; b. Vista frontal de surcos en asocio con maíz y ñame.

Ilustración: Remberto Figueroa Martínez

3. El cultivo asociado es de tipo cobertura y se establece según la distancia para dicho cultivo, ya sea entre plantas de yuca (maní, batata), o más espaciado (sandía, ahuyama) (figura 3.3).

En todos los casos, el sistema debe ser ajustado a las condiciones agroclimáticas, de manera que los cultivos no generen competencia entre sí y sea posible aprovechar el arreglo espacial del cultivo.

Los cultivos asociados mejoran la comunidad microbiana y las condiciones de la rizosfera del suelo, lo que estimula una mayor disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas cultivadas (tabla 3.2).

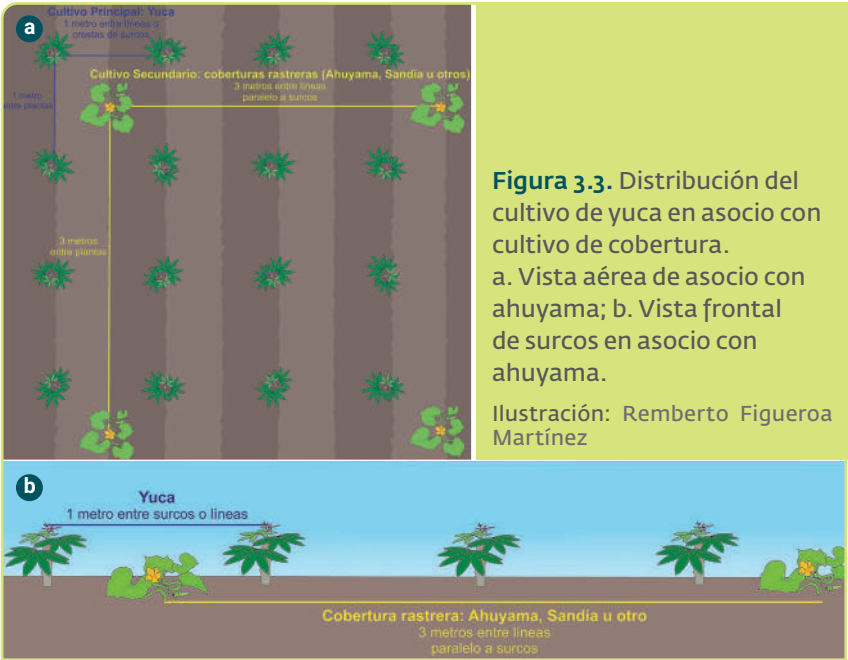


Figura 3.3. Distribución del cultivo de yuca en asocio con cultivo de cobertura.
a. Vista aérea de asocio con ahuyama; b. Vista frontal de surcos en asocio con ahuyama.

Ilustración: Remberto Figueroa Martínez

Tabla 3.2. Algunas ventajas de los cultivos asociados con el cultivo de yuca

Cultivo asociado	Principales efectos
	Yuca con leguminosas
Maní, guandul, frijol, soya	Los cultivos asociados mejoran la comunidad microbiana y las condiciones de la rizosfera al incrementar la disponibilidad de nitrógeno (Tang et al., 2020). Cultivos de ciclo corto generan un ingreso o alimento en menor tiempo para el productor (Silva et al., 2016). El cultivo asociado con leguminosas reduce el estrés causado por la sequía o la falta de nutrientes (Dettweiler et al., 2023). También se presenta una mayor producción por área (Mbah & Ogidi, 2012; Silva et al., 2016).

Yuca con gramíneas	
Maíz, arroz	Mayor producción de biomasa por área de producción y mejora en el estado de nutrientes del suelo. Incremento de microorganismos benéficos, reducción de la abundancia relativa de bacterias patógenas e incremento de potasio disponible (He et al., 2023).
Yuca con hortalizas y otros cultivos	
Berenjena, ahuyama, ajonjolí, sandía, tabaco, batata, ñame	Se reconoce la posibilidad de incrementar el rendimiento por unidad de área, y hace parte de un manejo sostenible del suelo. Sin embargo, se resalta la necesidad de seleccionar variedades de yuca que no generen una abundante área foliar (Hauser et al., 2014; Olasantan et al., 2007). Se observa una reducción de poblaciones de malezas, plagas y enfermedades (Ibeawuchi et al., 2007). Muestra una mayor eficiencia del uso del recurso suelo y demás condiciones agroclimáticas (Ijoyah et al., 2012).

Fuente: Elaboración propia

La yuca como cultivo secundario en asocio

En cultivos de plátano, café, papaya, cítricos, cacao y otros frutales, es posible cultivar yuca, ya que el arreglo del cultivo principal genera espacios en sus primeras fases de crecimiento que pueden ser usados para establecer un cultivo secundario (figura 3.4).





Figura 3.4. Cultivo de yuca alternado con plátano.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos puede tomar dos formas: 1) rotación con la misma área de cultivo, lo que significa que un lote puede ser manejado alternando los cultivos en determinada época o año de cultivo; 2) rotación dejando el lote en una etapa de descanso, a través del establecimiento de cultivos de cobertura o manejo de coberturas orgánicas (barbecho). Entre los cultivos sugeridos para la rotación, están aquellos que no pertenezcan a la misma familia de la yuca; de esta forma, se podría establecer maíz, fríjol, soya, berenjena, ají y, en general, cultivos de ciclo corto.

Capítulo 4.

Recomendaciones de manejo de yuca de consumo fresco en el Caribe

Amaury Aroldo Espitia Montes y
Sol Mara Regino Hernández

Modelo tradicional de producción de yuca de consumo

Los productores tradicionalmente usan el sistema de asocio para la producción de yuca de consumo humano. El sistema tradicional usado por los productores incluye la preparación de suelo con arado de disco y un pase de rastra. La variedad utilizada para la siembra es Venezolana, aunque hoy en día se resaltan otras variedades que se comercializan en las centrales de abasto. La época de siembra para este cultivo, en general, se realiza entre los meses de abril y mayo. El procesamiento de la semilla generalmente se realiza picando las estacas con machete, utilizando soporte; el corte se realiza en bisel, no se emplea ninguna técnica de desinfección y el tamaño de la estaca o cangre es de 20-25 cm. El sistema de siembra es manual, con un arreglo de 1,20 m entre surcos y 1,30 m entre plantas (densidad de 6.410 plantas/ha), y el maíz es sembrado a 1,20 m entre surcos y 0,65 m entre plantas, de a dos semillas por sitio. Tradicionalmente, la posición de la estaca en el suelo es inclinada.

Modelo recomendado para asocio yuca-maíz

En cuanto al manejo de malezas, se utiliza el preemergente diuron, y en posemergencia se hacen aplicaciones de bipyridilo y desyerbes manuales a machete. No se hace manejo integrado de plagas y enfermedades, y tampoco se fertiliza. La cosecha se hace de manera manual a los diez meses después de la siembra. Si bien este sistema tradicional de los productores genera un microambiente más sostenible que el monocultivo, AGROSAVIA estableció condiciones que pueden incrementar los rendimientos en los dos sistemas de cultivo.

La recomendación para el cultivo asociado de yuca y maíz incluye los siguientes pasos:

- **Preparación de suelos:** se recomienda preparar el suelo haciendo dos pases de rastra pesada.
- **Material de siembra:** se debe utilizar un cultivar proveniente de lotes sanos y vigorosos. La semilla (estacas) debe ser cortada con sierra circular, de forma transversal, con un tamaño de 20 cm. La desinfección se realiza con inmersión de las estacas en una solución de fungicidas e insecticida. Entre tanto, en cuanto al material de siembra del maíz, se debe utilizar semilla certificada de la variedad Corpoica V-114.
- **Sistema de siembra:** debe hacerse manual, en arreglo de yuca con maíz. La yuca debe ser sembrada a una distancia de 1 m entre surcos y 1,2 m entre plantas (densidad de 8.333 plantas/ha), y la posición de la estaca en el suelo debe ser vertical. El maíz debe ser sembrado a 1 m entre surcos y 0,6 m entre plantas, de a dos semillas por sitio (figura 4.1).

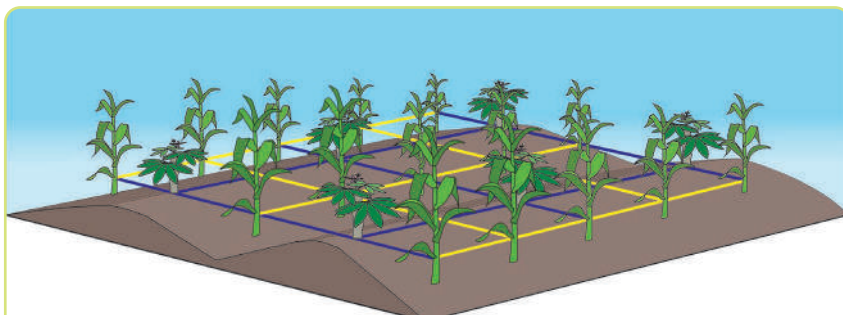


Figura 4.1. Distribución espacial de cultivo de yuca asociado con maíz.

Ilustración: Remberto Figueroa Martínez

- **Época de siembra:** se recomienda sembrar entre los meses de abril y mayo, o entre los meses de julio y agosto.
- **Manejo de malezas:** aplicar preemergente y posemergente según la oferta vigente de herbicidas avalados por el ICA y en las dosis sugeridas por el asistente técnico; esto se debe completar con controles manuales.

A continuación, se dan algunas recomendaciones para el manejo de problemas fitosanitarios.

- Para el manejo de la bacteriosis, realizar manejo preventivo con aplicaciones de fungicida y bactericidas, erradicar las plantas enfermas y evitar el movimiento de personas del lote afectado a lotes sanos.
- Para el manejo de *Chilomima* y otras plagas del cultivo, realizar inspecciones o monitoreos constantes, pues la detección temprana permitirá definir el manejo integral más apropiado.
- Hacer la fertilización química (N, P, K) de acuerdo con los requerimientos del cultivo (66,3 kg/ha de N, 23 kg de P_2O_5 /ha y 64,5 K_2O /ha) y ajustando los contenidos de los nutrientes según los resultados de los análisis de suelo; se aplica en dos fracciones: a los 60 y 90 días después de

la siembra. Los fertilizantes sintéticos usados pueden ser urea, DAP y KCl.

- Cosecha: realizarla manualmente a partir de los ocho meses después de la siembra.

El análisis económico mostró que el sistema de producción del agricultor (tecnología local de producción) genera un ingreso neto positivo, es decir, ganancias. Sin embargo, la adopción de las recomendaciones descritas previamente genera un rendimiento superior tanto de yuca como de maíz. Mientras que con el modelo de producción del agricultor se obtienen rendimientos de alrededor de 7 t/ha de yuca, con las recomendaciones previas se obtienen 13 t/ha. Esto hace que disminuya el costo unitario de producción por tonelada de yuca y, consiguientemente, que la rentabilidad aumente.

Capítulo 5.

Recomendaciones de manejo de yuca en la Orinoquía

Héctor Augusto Sandoval Contreras
y Jessica Moreno Barragán

En la Orinoquía, el cultivo de la yuca juega un papel importante en la seguridad alimentaria (yuca de consumo humano), la agroindustria y la alimentación animal. Según las estadísticas de Agronet (s.f.), el área de cultivo de la yuca a nivel nacional para el año 2022 fue de 187.262 ha, con una producción de 2.101.083 t. En los departamentos de Meta, Arauca y Casanare siembran 8.299, 5.994 y 1.746 ha, respectivamente, con una producción de 135.233, 114.646 y 16.456 t, con los rendimientos más altos a nivel nacional, con valores de 16,25, 19,13 y 9,34 t/ha de productividad. Las condiciones ambientales en la Orinoquía permiten el desarrollo normal del cultivo de la yuca, y aunque son una fortaleza para los sistemas productivos de la región, el adecuado manejo agronómico es indispensable para su sostenibilidad (figura 5.1).



Figura 5.1. Cultivo de yuca en los Llanos Orientales.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Recomendaciones para el establecimiento del cultivo de yuca

Antes de establecer la plantación de yuca, se deben tener en cuenta algunos factores, como la selección del lote, el análisis de suelos, preparación del suelo, material de siembra, el diseño y las distancias de siembra, la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, el manejo de arvenses y la cosecha.

Selección del lote: antes de iniciar la labor de establecimiento del cultivo, hay que tener en cuenta las condiciones del lote o área que se va a plantar. Se debe revisar si hay diferentes texturas dentro del lote (arenas o arcillas), ya que esto afectará el establecimiento y la producción de la raíz; al respecto, los suelos no deben ser bajos, para que no se presente encharcamiento. Por su parte, el acceso al predio debe estar liberado para realizar los traslados de las herramientas para las labores de campo y la cosecha del cultivo.

Análisis de suelos: el análisis de suelos es una herramienta importante para el desarrollo de la agricultura, pues permite conocer el estado del suelo para la implementación del cultivo; para obtener un mejor resultado en el análisis de suelos, hay que tener en cuenta diversos aspectos (figura 5.2):

1. Limpiar las herramientas (pala o palín, baldes, machete o cuchillo, bolsas plásticas, marcador y cinta).
2. Para la obtención de una muestra de suelos, hay que tomar submuestras; el número promedio de muestras es de 20-25 puntos por hectárea; si el área es mayor de 5 ha, se toman 15 puntos de muestreo.
3. Se debe muestrear en puntos representativos de toda el área, lo cual se puede hacer en zigzag, en W o en X; estos recorridos nos dan una mayor área para el submuestreo.



Figura 5.2. Toma de muestras para el análisis de suelos.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

4. La profundidad para muestrear el suelo para el cultivo de la yuca es de 20-25 cm, ya que a esta profundidad es donde más se desarrollan las raíces tuberosas de la yuca.
5. Después de obtener todas las submuestras, estas se mezclan en un lugar limpio y seco, hasta homogeneizar todo el suelo; en promedio, se debe obtener aproximadamente 1 kg de suelo.
6. A continuación, se debe marcar la muestra de suelo con la siguiente información para el laboratorio: municipio, vereda, finca, altura sobre el nivel del mar, cultivo anterior y profundidad de muestreo.
7. Como último paso, la muestra se envía al laboratorio para obtener los resultados y las recomendaciones para el cultivo de yuca.

Preparación del suelo: para el cultivo de la yuca, se prefieren los suelos sueltos (arenosos) y profundos; se pueden usar terrenos limosos y arcillosos, siempre que tengan un buen drenaje (interno y externo) y que sean lo suficientemente sueltos para permitir el desarrollo de las raíces y facilitar la cosecha. En suelos muy arcillosos, se pueden hacer caballones mayores de 50 cm, para evitar problemas de pudrición

de las raíces por excesos de agua, y se recomienda mejorar las condiciones de los drenajes para evitar posibles encharcamientos (Júnior & Alves, 2016).

Se debe evitar cultivar yuca en lotes procedentes de maíz o gramíneas y que presenten altas poblaciones del chinche de la viruela; igualmente, se deben evitar lotes provenientes de piña y solanáceas que hayan sido afectados por pudriciones, así como suelos donde recientemente se hayan erradicado plantaciones forestales, residuos o socas de estos, para evitar la diseminación de hongos del suelo. También se debe evitar cultivar en suelos que hayan sido sembrados durante varios años con arroz bajo inundación.

Otra actividad recomendada es hacer un recorrido en el lote haciendo calicatas en diferentes puntos, con el fin de determinar el grado de compactación del suelo, pues suelos muy compactados impiden el crecimiento de las raíces de yuca. En caso de presentarse compactación, la preparación se puede desarrollar con rastra, para el volteo del suelo, y con pulidor, para mejorar las condiciones de la semilla de yuca al ser sembradas (figura 5.3a); estas dos labores también ayudan como control de arvenses al inicio del establecimiento del cultivo. De ser necesario, y si el análisis de suelos lo demuestra, se debe hacer una aplicación de cal (figura 5.3b). Asimismo, es mejor realizar esta labor de preparación del suelo cuando se tenga humedad, para así tener mejores condiciones para el establecimiento del cultivo.

También se recomienda la implementación de un arado de cincel (rígido o vibratorio), a la profundidad de la capa, para disminuir la compactación y mejorar los drenajes principales. Esta labor de cincel se debe realizar periódicamente, mas no en cada ciclo de cultivo, debido al costo y a la poca disponibilidad de los equipos.

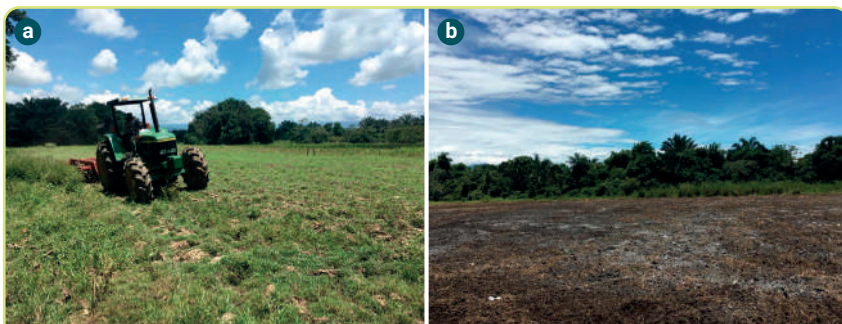


Figura 5.3. Preparación del suelo. a. Arado; b. Aplicación de cal.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Material de siembra: para el establecimiento de los cangres, se recomienda que tengan una longitud de 15-20 cm, con 4-5 yemas viables para la germinación (figura 5.4). El material de yuca debe ser cosechado en la época oportuna (madura), ya que, si se siembra material muy joven, se puede deshidratar muy rápido y afectar la germinación, y si se siembra material muy viejo, se vuelve leñoso y afecta la germinación del cultivo (Rivero et al., 2015).



Figura 5.4. Cangres de yuca. a. Cangres cortados; b. Longitud de corte.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Para esta actividad, si el material viene de laboratorio, no hay problema en la siembra, pero si viene de un campo no certificado, lo recomendable es realizar selección positiva del material, la cual consiste en arrancar la planta completa

(raíz, tallo y hojas) y observar que no presente manifestaciones de cuero de sapo (figura 5.5a). Toda planta que presente alguna sintomatología, por mínima que sea, se debe descartar para disminuir la propagación de esta problemática (Ospina et al., 2002).



Figura 5.5. Corte y desinfección de la semilla. a. Corte; b. Desinfección.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Antes de sembrar semilla proveniente de otros campos, lo recomendable es desinfectarla, con el fin de evitar la presencia de problemas fitosanitarios (plagas y enfermedades) (Rivero et al., 2015). Esta desinfección se puede hacer con una solución de oxiclورو de cobre (2-3 g/L de agua) y dimetoato (1,5-3 cm³/L de agua) (figura 5.5b): se sumergen las semillas por 15 minutos y luego se procede a dejarlas secar, para posteriormente pasar a la siembra.

Diseño y distancias de siembra: las variedades que se establecen en la Orinoquía tradicionalmente se siembran con distancias de 1m entre plantas y 1m entre surcos, lo que genera una densidad de 10.000 plantas/ha. Últimamente, los productores están innovando con diferentes densidades, con el fin de mejorar algunas prácticas culturales, lo

que ayuda a mejorar las actividades agronómicas dentro del cultivo y a aumentar el potencial de producción. Entre las diferentes densidades, se están trabajando poblaciones de 12.500 plantas/ha, con distancias de 0,8 m entre plantas y 1 m entre surcos (figura 5.6); otra alternativa es 1,2 m entre plantas y entre surcos, para un total de 6.944 plantas/ha. También hay que tener en cuenta que la fertilización del cultivo y del material por sembrar se realiza de acuerdo con el manejo de la población de plantas.

Otro aspecto para tener presente es la posición de la semilla en el momento de la siembra: se recomienda que sea en posición vertical o inclinada, enterrando dos tercios de la estaca, para que la distribución de las raíces sea más conjunta; en cambio, si se siembra horizontalmente, a una profundidad de 5 cm, la distribución de las raíces será más dispersa, lo que puede afectar la cosecha en suelos muy arcillosos en época de verano.

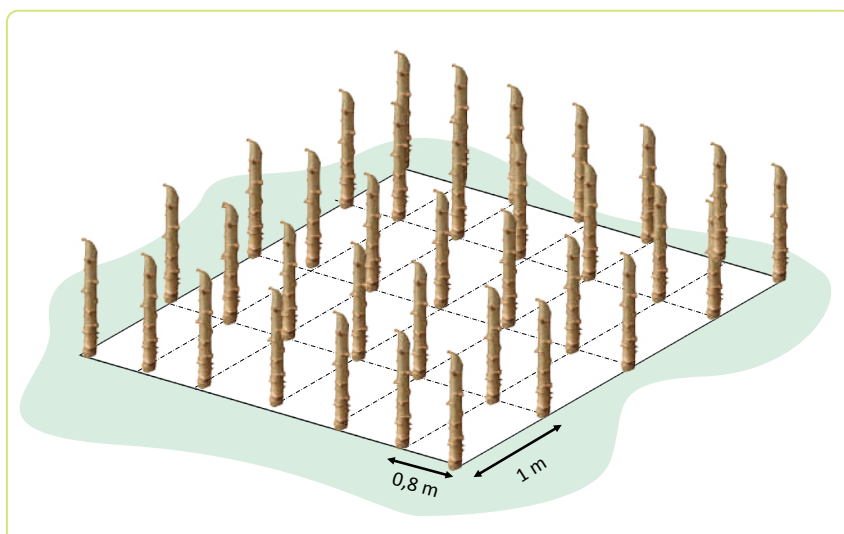


Figura 5.6. Diseño de siembra usado últimamente.

Ilustración: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Fertilización: los suelos de la Orinoquía se caracterizan por presentar baja fertilidad natural, y, como se dijo anteriormente, el análisis de suelos es una herramienta fundamental para el establecimiento del cultivo. Partiendo de esta problemática en la fertilidad, hay que realizar algunas labores para el establecimiento de la yuca.

A pesar de que la yuca tiene la bondad de crecer y producir en suelos de baja fertilidad, es necesario realizar algunas labores de fertilización para aprovechar todo el potencial productivo del material a utilizar. Por esta razón, la aplicación de enmiendas antes de establecer el cultivo es una alternativa interesante para poder incrementar su producción y bajar los niveles de toxicidad de algunos elementos en el suelo. Así pues, se recomienda realizar esta actividad entre 45 y 90 días antes de establecer el cultivo, con el fin de tener una buena solubilidad de las enmiendas y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas en el suelo (Espinosa & Molina, 1999).

En cuanto a la aplicación de fertilizantes, se recomienda realizar esta labor en diferentes épocas; según Cadavid (2002), en establecimiento del cultivo, se debe hacer fertilización de cobertura a los 30, 50-70 y 100-110 días; lo recomendable es realizar todas las aplicaciones, pues en esta época es cuando empieza la tuberización de las raíces.

Al respecto, el análisis de suelos nos da una guía para saber cuánto aplicar de cada nutriente. De acuerdo con Rosero et al. (2019) y Cadavid (2002), para la producción de una tonelada de raíz, la planta absorbe en promedio 4,42 kg de N, 0,67 kg de P y 3,58 kg de K. Así, para evitar un desequilibrio y mantener la fertilidad del suelo, es necesario aplicar por lo menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya extraído.

Manejo de plagas y enfermedades: el manejo integrado de plagas se basa fundamentalmente en el control biológico, en el empleo de prácticas culturales y en la tolerancia de

la planta al hospedante. De ser necesario, se acude al empleo de insecticidas químicos de baja toxicidad. Muchas de las plagas de la yuca deben ser tratadas preventivamente. Debe recalcarse que, si bien el empleo de insecticidas es ocasionalmente necesario, estos tienden a romper el delicado equilibrio entre las plagas y sus agentes de control biológico. Para contribuir de manera preventiva al manejo integrado de gusano cachón de la yuca (*Erinnyis ello*), se ha evidenciado que la aspersión con *Bacillus thuringiensis* cuando las larvas están hasta su segundo instar es determinante para reducir la población de larvas; *B. thuringiensis*, en conjunto con la liberación de *Trichogramma* sp., fueron efectivas como parásitos de huevos (Castrillón, 1985). De igual manera, otro método es utilizar *Trichogramma* como método de control preventivo para posturas de gusano cachón y baculovirus cuando las larvas de este insecto se han desarrollado hasta el instar tres (Beltrán et al., 2010). La finalidad de este plan es ahorrar recursos y evitar las pérdidas generadas en la cosecha en el momento de cosechar.

Otra alternativa para el manejo de *E. ello* es el bioplaguicida Erytec®, desarrollado y registrado por AGROSAVIA, el cual se generó a partir de un aislamiento nativo de granulovirus colectado en el departamento del Meta, Colombia. Se ha demostrado que la mortalidad de las larvas en los tratamientos con este bioplaguicida oscila entre el 69 % y el 90 %, según la dosis evaluada (Gómez et al., 2021).

El cuero de sapo es una enfermedad que se manifiesta en las raíces del cultivo de yuca y que en los últimos años ha afectado notablemente la producción del tubérculo en la región, ante lo cual se hacen las siguientes recomendaciones (Gómez-Bonilla et al., 2023):

1. Utilizar semilla proveniente de plantas *in vitro* libres de cuero de sapo, para establecer lotes madre de producción de estacas libres de la enfermedad.

2. Realizar selección positiva del material de siembra, lo cual consiste en revisar y observar de las mejores plantas, que no presenten síntomas de la enfermedad, las cuales se sembrarán posteriormente en un lote madre que abastecerá las siguientes siembras.
3. En el momento de la cosecha, antes de despuntar, confirmar que las raíces no tengan síntomas visibles de cuero de sapo; en caso de presentar algún síntoma, se debe eliminar la planta.
4. Debido a la alta presencia de la enfermedad en la zona, se recomienda que los productores no se transfieran entre ellos la semillas sin haber tomado las medidas anteriores, pues esta transferencia ha ocasionado una dispersión alta de la enfermedad en la zona. De igual manera, se debe obtener semilla limpia, procedente de cultivos *in vitro*, y sembrarla en un terreno “aislado”.

Manejo de arvenses: el periodo crítico de competencia del cultivo de yuca con las malezas se da durante los primeros cuarenta días después de sembrado. Para su manejo, se recomienda un control preemergente con productos que actúen como sellante selectivo para detener la emergencia de las semillas de las malezas presentes en el suelo. Posteriormente, se realiza un control manual de la línea del cultivo (figura 5.7), acompañado de un control químico en la región de entresurco, siguiendo las recomendaciones de un agrónomo; este control se realiza hasta que se presente un traslape de follaje que inhiba el crecimiento de las malezas por falta de luz.

Cosecha: para cosechas manuales o mecánicas, se deben cortar los tallos a máximo 40 cm del suelo para luego proceder a la remoción mecánica con cosechadora o de forma manual. Se recomienda hacer selección positiva debido a que esta región presenta serios problemas fitosanitarios causados por cuero de sapo y los síntomas de dicha enfermedad se presentan en la raíz, no en la parte aérea de la planta; de esta forma, en el momento del arranque de la

planta, se verifica el estado fitosanitario de la raíz respecto de la parte aérea, con el fin de seleccionar semillas sanas, evitar diseminar plantas con enfermedades y aprovechar esta buena práctica para obtener una alta producción de raíces (figura 5.8).



Figura 5.7. Control de malezas.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán



Figura 5.8. Raíces cosechadas de yuca de consumo fresco. a. Raíces cosechadas; b. Empacado.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

Agrosavia Melúa-31

La variedad de yuca Agrosavia Melúa-31 es una oferta tecnológica desarrollada para los productores de la Orinoquía colombiana; esta presenta un rendimiento promedio de raíces de 26 t/ha y un contenido de materia seca en las raíces del 36%, por lo que se perfila como una importante materia prima para la industria de almidones nativos y modificados, y trozos secos para alimentación animal. Actualmente, por su excelente contenido de materia seca y su rendimiento, está siendo muy utilizada en la región para la industria de almidones (Rosero et al., 2019) (figura 5.9).



Figura 5.9. Procesamiento de Agrosavia Melúa-31 en los llanos orientales.

Fotos: Héctor Augusto Sandoval Contreras y Jessica Moreno Barragán

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).

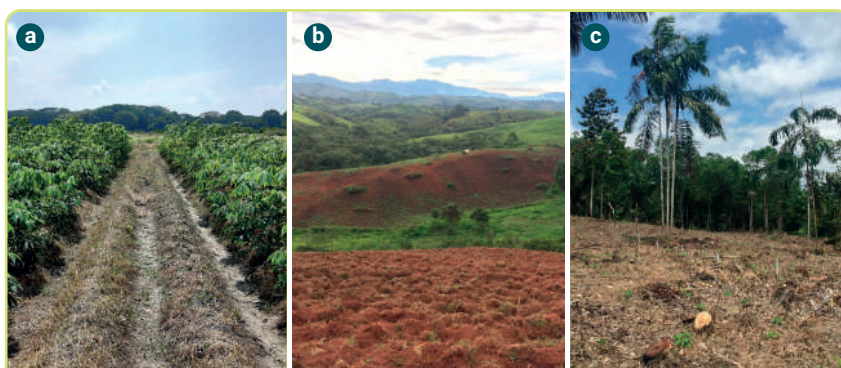


Figura 6.1. Ambientes representativos de las zonas productoras de yuca del suroccidente de Colombia. a. Valle interandino (Palmira, Valle del Cauca); b. Región Andina (Caldono, Cauca); c. Región Pacífica (Buenaventura, Valle del Cauca).

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 agro 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).

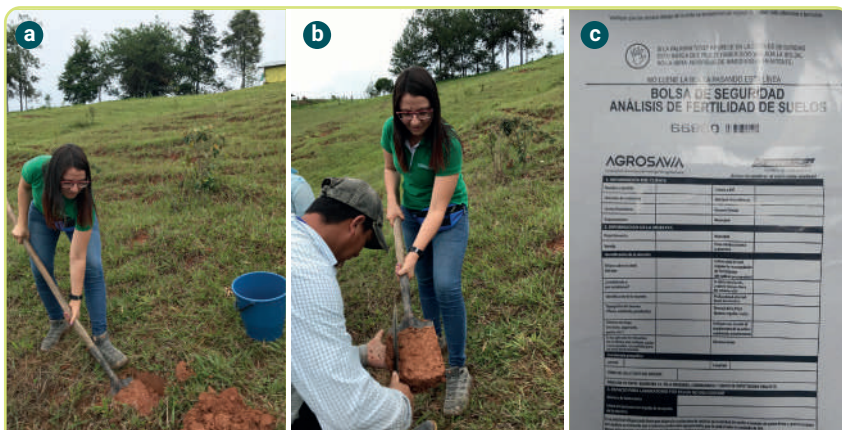


Figura 6.4. Toma de muestras de suelo. a. Toma de muestra a 20 cm de profundidad; b. Muestra de la pared del hoyo lista para depositar en el balde para la mezcla; c. Bolsa para el envío de la muestra a AGROSAVIA a través del convenio con Servientrega.

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

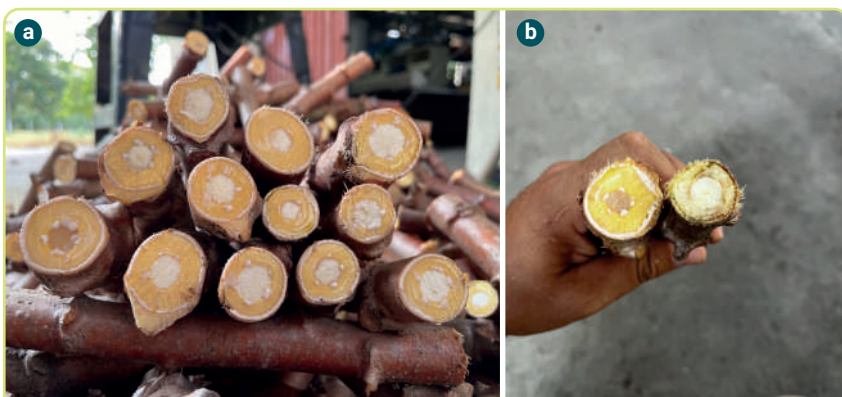


Figura 6.11. Calidad física y fisiológica en la semilla vegetativa de yuca. a. Calidad fisiológica adecuada para la siembra por su adecuado contenido de humedad; b. Comparación entre semilla con humedad adecuada para la siembra (a la izquierda) y semilla de baja calidad por falta de humedad (a la derecha).

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 caballones, 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:

$$GE = \frac{PFRAi}{PFRAi - PFRAg}$$

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.

Capítulo 7.

Insectos y ácaros plaga: descripción y estrategias de control

Clara Yalexty Delgado Ochica y
Juan Guillermo Cubillos Hinojosa

La yuca de consumo (*Manihot esculenta*) representa un componente esencial de la seguridad alimentaria en el Caribe seco colombiano, pues desempeña un papel crucial en la dieta local. Sin embargo, su producción se enfrenta a amenazas sustanciales derivadas de plagas de insectos y ácaros. Este capítulo proporciona un análisis de las principales plagas que afectan la yuca de consumo, explorando sus ciclos biológicos, patrones de daño y estrategias de manejo recomendadas. Esta revisión busca ofrecer orientación técnica para preservar la calidad y el rendimiento de la yuca, en busca de asegurar la continuidad de su contribución a la seguridad alimentaria local.

Plagas en estado larval

Orden: Lepidoptera

Nombres científicos: *Chilomima clarkei* (Amsel) (Barrenador de la yuca) y *Erinnyis ello* L. (Gusano cachón)

El barrenador de la yuca y el gusano cachón son unas de las plagas más limitantes en el cultivo de la yuca. Estas dos especies de insectos son responsables de ocasionar daños importantes en los cultivos de yuca, comprometiendo su desarrollo y produciendo pérdidas significativas para los agricultores. En Colombia, el 85% de las plantaciones de yuca están afectadas por el barrenador de la yuca, que

genera pérdidas en el rendimiento y afecta la calidad de las vástigas (material de multiplicación), impidiendo que estas sean utilizadas (López Vides et al., 1996; Servais, 2022). El gusano cachón por su parte tiene una gran capacidad de consumo de lámina foliar, pues puede llegar a consumir hasta 1.107 cm² de superficie foliar; un 75 % del consumo ocurre durante el último instar larval (Arias & Bellotti, 1984; Pratisoli et al., 2002). Cuando se presentan ataques continuos en plantas adultas en condiciones climáticas favorables para el insecto, la reducción en el rendimiento puede oscilar entre el 10 % y el 50 % (Peñaloza et al., 1996).

El ciclo de vida de estas plagas presenta diferentes etapas que son huevo, larva, pupa y adulto y la duración de cada una depende de las condiciones ambientales, pero generalmente oscila entre 4 y 6 semanas (Almonacid et al., 2016; CIAT, 1989). Comienza con la hembra depositando huevos en el envés de las hojas o en los brotes de la yuca. Los huevos son pequeños y de color claro. Las larvas emergen de los huevos y comienzan su fase de alimentación. Durante esta etapa, causan daño directo a la yuca al consumir los tejidos vegetales. La larva pasa por varios instares, creciendo y desarrollándose (Löhr, 1981; Ramírez, 2001), y al alcanzar su última fase, busca un lugar protegido para formar la pupa. Tras un periodo de desarrollo en la pupa, emerge el adulto, que es una polilla de hábitos nocturnos. La polilla tiene alas membranosas, antenas filiformes y una probóscide espiral que utiliza para alimentarse de néctar de flores. Los adultos viven relativamente poco, generalmente unas pocas semanas (Adaime et al., 2020; CIAT, 1989).

El manejo del barrenador de la yuca y el gusano cogollero implica estrategias integrales. El monitoreo regular de los cultivos para detectar la presencia de larvas es esencial. Se pueden implementar prácticas culturales, como la eliminación de residuos de cultivos anteriores y malezas lechosas, para reducir los lugares de reproducción. El almacenamiento de semilla debe ser por periodos cortos, y se debe evitar el intercambio de material entre localidades y realizar

rotaciones de cultivos (Bellotti et al., 2002; Espitia Montes et al., 2022).

El fomento de enemigos naturales y el uso de insecticidas específicos pueden ser herramientas efectivas para manejar estas plagas. Para el gusano cogollero se han encontrado huevos parasitados por microhimenópteros del género *Trichogramma* spp. Las larvas pueden ser parasitadas por avispas del género *Bracon* y por las especies *Brachymeria conica* y *Apanteles* sp. (Löhr, 1983; Peñaloza et al., 1996). El establecimiento de variedades resistentes a la plaga también es una práctica recomendada en un enfoque integrado para minimizar el impacto del gusano cogollero (Ramírez, 2001).

Para larvas de gusano cachón en sus tres primeros instares, se recomienda la aplicación de *Bacillus thuringiensis* (3 g/L de agua), con nematodos entomopatógenos, con una frecuencia de dos a tres aplicaciones para disminuir poblaciones venideras (Cañarte et al., 2021; Leite et al., 2019). Entre otros biológicos, se encuentra un bioplaguicida en polvo a base del granulovirus aislamiento VGo10. Se recomienda aplicar este bioplaguicida en dosis de 100 g/h cuando se detecte la presencia del insecto. Para esto, se deben realizar monitoreos constantes y, de ser necesario, otra aplicación (Cuartas et al., 2019). En resumen, la comprensión detallada de las características, hábitos y ciclo de vida de *C. clarkei* y *E. ello* es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de manejo que minimicen su impacto negativo en los cultivos de yuca.

La alta tasa de reproducción y la adaptabilidad del gusano cogollero representan desafíos adicionales para el manejo integrado, ya que pueden multiplicarse rápidamente y desarrollar resistencia a los insecticidas. El establecimiento de variedades resistentes a la plaga y la rotación de cultivos también son prácticas recomendadas en un enfoque integrado para minimizar el impacto del gusano cogollero (Ramírez, 2001).

Trips o raspadores de la yuca

Orden: Thysanoptera

Nombres científicos: *Frankliniella williamsi* Hood, *Scirtothrips manihoti* Hood, *Corynothrips stenopterus* Will. y *Caliothrips masculinus* Hood

Entre las especies de trips que más afectan a la yuca en el Caribe seco colombiano, se encuentran importantes plagas como *Frankliniella occidentalis* y *Scirtothrips manihoti*. Ambas pertenecen al orden Thysanoptera y son insectos pequeños, generalmente de 1-2 mm de longitud. Su boca punzante-chupadora se adapta para extraer los fluidos celulares de las plantas, causando daños significativos (Bellotti et al., 1983, 2009). Los trips causan daños notables en los cultivos de yuca, ya que se alimentan mediante la perforación de células vegetales, dejando lesiones puntiformes y provocando decoloración en las hojas. La saliva inyectada durante la alimentación puede inducir la formación de manchas plateadas. Estos efectos debilitan las plantas, afectan la fotosíntesis y disminuyen el rendimiento del cultivo. En estudios previos se determinó que los trips pueden causar una pérdida de rendimiento entre el 15% y el 20% (Bellotti et al., 1983, 2009).

El ciclo de vida de estos trips abarca seis etapas: huevo, larva, dos instares de pupa y el adulto y el tiempo para completar el ciclo varía dependiendo de factores ambientales y disponibilidad de alimento, con media de 12-30 días. Las hembras tienen un tamaño de 1,7 mm de longitud y son mucho más grandes que los machos; estas depositan sus huevos en tejidos vegetales, de los cuales emergen larvas para alimentarse. El estadio de adulto tiene una larga vida, de entre 60 y 120 días (Cárdenas & Corredor, 1989).

El manejo efectivo implica abordajes específicos para *F. occidentalis* y *S. dorsalis*. Dada la complejidad del entorno y la diversidad de especies, el enfoque debe ser específico para

abordar eficazmente a los trips. El control biológico mediante ácaros depredadores como *Amblyseius* spp. puede ser útil, pues estos son depredadores naturales de trips y ayudan a mantener las poblaciones bajo control. La rotación de cultivos y el control de malezas son prácticas fundamentales. La yuca no debe cultivarse continuamente en la misma área. Mantener áreas libres de malezas reduce los refugios y la disponibilidad de alimento para los trips, lo cual limita su reproducción (Bellotti et al., 2009). Dado que la actividad de los trips está vinculada a las condiciones climáticas, el monitoreo constante de factores como la temperatura y la humedad ayuda a predecir y mitigar los brotes, así como la aplicación selectiva de insecticidas específicos, para evitar pérdida de enemigos naturales (Bellotti et al., 2009). Este enfoque reduce el impacto de estos trips en los cultivos de yuca en el Caribe seco colombiano.

Ácaros o arañitas

Orden: Acari

Nombres científicos: al cultivo de la yuca se han asociado diferentes especies de los géneros *Tetranychus* sp., *Oligonychus* sp. y *Mononychellus* sp.

Los ácaros fitófagos que afectan a los cultivos de yuca en el Caribe seco colombiano pertenecen principalmente a las familias Tetranychidae y Eriophyidae, de las que se destacan especies como *T. urticae* (ácaro rojo) y *Aceria guerreronis* (ácaro eriófito de la yuca) y *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (ácaro verde de la yuca). Estos arácnidos diminutos, de alrededor de 0,5 mm de longitud, presentan un cuerpo ovalado, con ocho patas características, y son difíciles de distinguir a simple vista debido a su tamaño microscópico. Estos ácaros encuentran condiciones óptimas en climas cálidos y secos, siendo más prevalentes en periodos de sequía. Desarrollan adaptaciones fisiológicas y comportamentales para sobrevivir en condiciones de estrés hídrico,

siendo capaces de pasar periodos sin agua (Bellotti, 2008; Marín Colorado, 2015).

El complejo de ácaro rojo (*Tetranychus* sp.) en yuca está conformado por las especies *T. urticae* y *T. cinnabarinus*. Estos organismos forman una telaraña para desplazarse de una parte de la planta a otra o entre plantas. Los daños ocasionados por el complejo de arañitas rojas se ubican en los tercios medio e inferior de la planta de yuca. Bajo condiciones de sequía, en genotipos susceptibles, los ácaros pueden causar la muerte de las plantas (Bellotti et al., 1983; Cañarte et al., 2021). El ácaro eriófido causa daños al alimentarse de la savia de las hojas de la yuca. Sus picaduras provocan manchas cloróticas en las hojas, lo que debilita a la planta y afecta su capacidad fotosintética. En infestaciones severas, las hojas pueden mostrar un aspecto bronceado y marchitarse, comprometiendo el rendimiento general del cultivo. Además, su capacidad para transmitir virus a través de su alimentación agrava aún más los problemas fitosanitarios asociados (Bellotti, 2008; Marín Colorado, 2015). El ácaro verde en ataques muy severos genera en los tallos necrosamiento progresivo y puede llegar a presentarse la muerte descendente de la planta. Las plantas pueden recuperarse y reponer su follaje en época de lluvias, pero con bajas productividades. Se han reportado pérdidas del 13 % al 80 % durante el ciclo del cultivo (Bellotti et al., 1983; Chavez et al., 2021).

El ciclo de vida de los ácaros consta de varios estadios: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. La hembra deposita los huevos en el envés de las hojas, y las larvas emergen para pasar por dos ninfas antes de alcanzar la fase adulta. La rápida reproducción y el corto ciclo de vida permiten poblaciones numerosas en poco tiempo, exacerbando los problemas para los cultivos (Yaninek et al., 1989).

El manejo adecuado de los ácaros fitófagos en yuca en el Caribe seco colombiano requiere un enfoque holístico, que equilibre la efectividad con la sostenibilidad y minimice los impactos ambientales. La integración de diversas

estrategias se convierte en la clave para preservar la salud de los cultivos y garantizar rendimientos óptimos. En el caso del control biológico, se ha realizado la introducción de *Phytoseiulus persimilis*, un ácaro depredador efectivo para controlar poblaciones de ácaros fitófagos en yuca, por lo que se considera una solución sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Chaves et al., 2021). La rotación ayuda a interrumpir el ciclo de vida de los ácaros, reduciendo la disponibilidad de hospederos. Eliminar malezas cercanas que sirven como reservorios ayuda a minimizar la infestación. La aplicación de insecticidas específicos para ácaros, preferiblemente con ingredientes activos menos perjudiciales para los enemigos naturales, puede ser necesaria en casos de alta infestación (Chaves et al., 2021).



Capítulo 8.

Enfermedades: descripción y estrategias de control

Clara Yalexty Delgado Ochica y
Juan Guillermo Cubillos Hinojosa

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), un cultivo fundamental en el Caribe seco colombiano, se enfrenta a retos significativos relacionados con la presencia de diversos patógenos que afectan su producción a lo largo del ciclo de cultivo. En este contexto, la adaptabilidad de la yuca a suelos ácidos y empobrecidos, combinada con su capacidad para prosperar en condiciones desafiantes, la convierte en un recurso valioso para la seguridad alimentaria en la región.

La presencia de patógenos, incluyendo virus, bacterias y hongos, puede pasar desapercibida en las primeras etapas de la infección, lo que aumenta la dificultad de su detección visual. Incluso, algunos de estos agentes patógenos pueden inducir pudriciones internas y externas, comprometer la calidad y cantidad de la cosecha, y, en ciertos casos, invadir los tejidos leñosos del tallo sin manifestar síntomas evidentes.

El hecho de que la yuca sea comúnmente el último cultivo en los programas de rotación agrícola, debido a su capacidad para crecer en suelos empobrecidos, presenta un desafío adicional. Las siembras consecutivas de yuca pueden conducir a un aumento progresivo de patógenos y plagas en el suelo, lo que enfatiza la necesidad crítica de prácticas agronómicas que mitiguen este impacto.

Para abordar eficazmente las enfermedades de la yuca durante todo el ciclo de producción, es imperativo implementar un enfoque integral que combine medidas preventivas

y de control adaptadas a las condiciones específicas de la región del Caribe seco colombiano.

Enfermedad por virus

Agente causal: geminivirus

El mosaico de la yuca, causado principalmente por los geminivirus del género *Begomovirus*, poseen un genoma de ADN circular y son transmitidos por insectos vectores, especialmente la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). La enfermedad se manifiesta en la planta con patrones de mosaico en las hojas, deformidades foliares y pérdida del vigor general. La deformación de las hojas y la reducción del tamaño de los tubérculos son consecuencias adicionales que afectan directamente el rendimiento y la calidad del producto final (Carabalí et al., 2008; Carvajal-Yepes et al., 2014; Patil & Fauquet, 2009; Vaca-Vaca et al., 2019).

El ciclo de vida del mosaico de la yuca inicia con la transmisión del virus por la mosca blanca, un vector eficiente en la propagación del geminivirus. Una vez que la planta está infectada, el virus se replica en las células del huésped, propagándose de manera sistémica. Durante este proceso, los síntomas característicos se desarrollan en las hojas, y la planta se convierte en una fuente de infección para otras plantas cercanas (Patil & Fauquet, 2009).

El manejo efectivo del mosaico de la yuca requiere una estrategia integral que aborde tanto la fuente del virus como la población de insectos vectores. Las prácticas culturales, como la eliminación de plantas infectadas, la rotación de cultivos y la selección de variedades resistentes, son fundamentales para reducir la presión del virus en la región. También, el control de la población de moscas blancas mediante métodos biológicos y químicos desempeña un papel crucial en la gestión de la enfermedad (Carvajal-Yepes et al., 2014).

Enfermedad por bacterias

Agente causal: *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Xam)

La bacteriosis vascular coloniza el sistema vascular de la planta y afecta la capacidad de transporte de agua y nutrientes. *X. axonopodis* se propaga, principalmente, a través de agua de riego contaminada y residuos vegetales infectados, por lo que persiste en suelos y afecta cultivos sucesivos. Incluso, las pérdidas en los cultivos pueden alcanzar un 30% cuando las estacas tomadas de material infectado se plantan en una parcela limpia. Si las condiciones ambientales son favorables y no se toman medidas de control, las pérdidas pueden llegar a un 100% en tres ciclos de cosecha (Camargo et al., 2019; Verdier, 2002). A medida que la infección progresa, se observa un marchitamiento repentino de las hojas y una coloración amarillenta de los tejidos, indicando un daño vascular significativo. Las lesiones de manchas necróticas en el tallo se evidencian al cortar secciones transversales (Verdier, 2002).

El ciclo de vida de *X. axonopodis* inicia con la introducción de la bacteria al sistema vascular de la planta a través de heridas naturales o daños mecánicos. Bastan doce horas de humedad relativa alta para el establecimiento bacteriano. Una vez dentro, la bacteria se multiplica, coloniza los tejidos vasculares, bloquea los conductos y provoca la disrupción del transporte de fluidos. Si la bacteria coloniza tejidos y lignifica, la bacteria se mantiene en los tejidos vasculares, donde puede sobrevivir hasta treinta meses (Camargo et al., 2019; Vernière et al., 2018).

El control efectivo de la bacteriosis vascular requiere un enfoque integral que aborde tanto la fuente de infección como las medidas para reducir la propagación de la bacteria. La selección de variedades resistentes es esencial, y se recomienda el uso de material de siembra libre de la

bacteria. Igualmente, la práctica de la rotación de cultivos y la implementación de técnicas de manejo del suelo, como la desinfección, ayudan a reducir la presión del patógeno en el entorno (Verdier, 2002). Ahora bien, el control químico mediante el uso de antibióticos y bactericidas específicos es efectivo en situaciones críticas, pero su aplicación debe ser parte de un enfoque más amplio para evitar la resistencia y minimizar los impactos ambientales (Camargo et al., 2019; Verdier, 2002).

Enfermedad por hongos

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

Agente causal: *Fusarium oxysporum* f. sp. *manihotis*

Agente causal: *Phytophthora* spp.

La antracnosis, causada por el hongo *C. gloeosporioides*, afecta diversas partes de la planta, incluyendo hojas, tallos y tubérculos. *C. gloeosporioides* exhibe una amplia variabilidad genética, lo que contribuye a su capacidad de adaptación y a la dificultad para su control. Los síntomas de la antracnosis se manifiestan inicialmente como pequeñas manchas necróticas en las hojas, que pueden expandirse y necrosar, afectando áreas más extensas. Además, las raíces afectadas pueden ser de calidad inferior y no aptas para el consumo humano, lo que resulta en pérdidas económicas. El hongo se reproduce y produce nuevas esporas, que son dispersadas por el viento, la lluvia y prácticas agrícolas, lo cual perpetúa el ciclo de la enfermedad (Álvarez & Llano, 2002; De Oliveira et al., 2020; Papathoti et al., 2022).

F. oxysporum ataca el sistema vascular de la planta y causa marchitez y, en casos avanzados, necrosis de los tejidos (fusariosis). Además, la infección de los tallos puede resultar en la pérdida de la parte aérea de la planta, lo que afecta el crecimiento y el rendimiento de las raíces tuberosas (Nurcahyani et al., 2021). Las lesiones internas son evidentes al cortar

la raíz y revelan tejidos oscurecidos y necróticos. Incluso, la fusariosis puede provocar la muerte prematura de las plantas y afectar negativamente el rendimiento y la calidad de la cosecha (Aigbe et al., 2008).

La podredumbre de *Phytophthora*, provocada por varias especies del género *Phytophthora*, tienen la capacidad de persistir en suelos y provocar infecciones tanto en las raíces como en las partes aéreas de la planta. La enfermedad puede desencadenar la pudrición de las raíces y el cuello, y afectar gravemente la absorción de nutrientes y el sistema vascular, puede ocasionar daños en las plantaciones de yuca de hasta un 80 % de la producción total (Álvarez et al., 2000; Álvarez & Llano, 2002).

El manejo eficiente de las enfermedades por hongos implica la implementación de estrategias holísticas que aborden las fuentes de infección y reduzcan la propagación del hongo. La elección de prácticas culturales adecuadas, como la eliminación de residuos vegetales infectados y la rotación de cultivos, contribuye significativamente a reducir la carga de estos agentes patógenos en la región (Álvarez & Llano, 2002; Nicaragua et al., 2004). Así mismo, la aplicación de prácticas de manejo del suelo, como la solarización y la desinfección, la selección de suelos bien drenados, prácticas de riego que eviten el encharcamiento también contribuyen a reducir la carga de los agentes infecciosos en el entorno. Igualmente, es provechoso erradicar y quemar las plantas infectadas y utilizar barreras vivas y drenajes para evitar la erosión. (Aigbe et al., 2008; Álvarez & Llano, 2002; Folgueras et al., 2008).

El uso de variedades de yuca resistentes es esencial para mitigar los impactos de las enfermedades bacterianas, y la selección de material de siembra libre del patógeno es un componente clave de esta estrategia. Se debe explorar el control biológico con *Trichoderma* sp., ya que ha mostrado resultados promisorios para prevención y tratamiento de *Phytophthora* spp (Álvarez et al., 2000; Bedoya et al., 2000).

El control químico, con fungicidas específicos, puede ser necesario en situaciones críticas, pero su aplicación debe ser parte de un enfoque integrado que incluya medidas preventivas. Las semillas se pueden curar contra *Phytophthora* spp. con tratamientos químicos, como metalaxil en dosis de 3g/L, y con agua a 49°C por 49 minutos (Álvarez et al., 1998; Álvarez & Llano, 2002). Además, los fungicidas pueden ser utilizados para el control químico con rotaciones de propiconazol y carbendazim, aunque esto debe hacerse de manera sostenible para minimizar tanto el impacto ambiental como el desarrollo de resistencia del patógeno a estos productos, dado que ya se ha registrado (De Oliveira et al., 2020; Papatthoti et al., 2022).

Además, el monitoreo constante, la educación de agricultores en prácticas de manejo integrado y la colaboración con expertos locales son esenciales para desarrollar estrategias sostenibles y adaptadas a las condiciones del Caribe seco colombiano (Aigbe et al., 2008; Folgueras et al., 2008).

Capítulo 9.

Cosecha y poscosecha en el cultivo de yuca

Rommel Igor León Pacheco, Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez, Martha Liliana Montes Pérez, Alfonso Rafael Orozco Guerrero, Gabriel Ernesto Silva Acosta y Julio Ernesto Muñoz Falcón

La cosecha y la poscosecha son labores importantes dentro del proceso de producción del cultivo de la yuca. La cosecha se debe realizar cuando los índices de cosecha así lo indiquen, y se deben tener en cuenta la disponibilidad de mano de obra, las condiciones climáticas, así como la demanda en el mercado y los requerimientos del consumidor (Orozco & Amaya, 1998). Los mercados local y regional exigen que la yuca se comercialice *in situ*, y el periodo de tiempo entre el productor-intermediario y el consumidor final no debe ser mayor de seis días; después de este tiempo, las posibilidades de consumo y mercadeo se reducen debido principalmente al deterioro fisiológico de la raíz. Teniendo en cuenta lo anterior, se debe manejar adecuadamente la cosecha y usar prácticas de almacenamiento que permitan incrementar la vida útil de las raíces.

Proceso de cosecha

La labor de cosecha constituye la etapa final del cultivo, cuyo momento es definido por el agricultor en función de su productividad, la calidad de las raíces, el clima y el estado de madurez del cultivo (Ospina et al., 2002). Esta operación es quizás la que más influye en la estructura de los costos de producción de yuca debido a la alta demanda de mano de obra, pues la cosecha manual requiere alrededor de 25-30

jornales/hectárea. Esta labor, que puede ser manual o mecanizada, se debe realizar con sumo cuidado para evitar generar daños mecánicos en las raíces. La cosecha de la yuca es más fácil si el cultivo se ha establecido en caballones y en suelos arenosos y sueltos (Aristizábal & Sánchez, 2007).

Índices de cosecha

La yuca debe ser recolectada en su estado óptimo de madurez, el cual es diferente para cada variedad; en este estado, su textura es más uniforme y firme, lo que permite minimizar el deterioro del producto por daños mecánicos o factores medioambientales. El rango de tiempo óptimo para cosechar varía según el uso final del producto; por ejemplo, si se cosecha posterior a la época óptima de cosecha, se obtienen raíces con texturas duras, que afectan su calidad culinaria y requieren un mayor tiempo de cocción (Aguilar et al., 2017). La época de la cosecha puede ser determinada por los siguientes medios:

Medio visual

Una de las señales que indican que las plantas están aptas para la cosecha son las rajaduras o grietas alrededor del suelo y la caída de las hojas bajas de la planta. Sin embargo, esto depende de la variedad, las condiciones climáticas de la zona y los pisos térmicos. Hay que tener en cuenta el tamaño, grosor y forma de las raíces, para lo cual se remueve el terreno en la zona radical y se hace una inspección del estado de las raíces.

Calculo cronológico

El cultivo de yuca puede iniciar la cosecha desde los seis hasta después de los doce meses después de la siembra. En el Caribe colombiano hay variedades que se pueden cosechar entre los seis y los diez meses después de la siembra; en zonas de la región Pacífica y los Llanos Orientales

se encuentran variedades que se siembran entre los ocho y los doce meses, y en zonas con alturas superiores a los 800 m.s. n. m., las cosechas se pueden extender desde los doce hasta los dieciocho meses después de la siembra (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016).

Cosecha manual

En el momento de realizar la cosecha, se debe evitar generar daños mecánicos que afecten la calidad de las raíces. Las herramientas más utilizadas para la cosecha son las palas y palines, pero con la intensificación del cultivo se han ido desarrollando nuevas ideas, como palos tipo palanca para cosechar la planta completa, como se muestra en la figura 9.1, donde se puede observar una herramienta que ayuda a sujetar la planta y con el cabo se hace palanca para arrancarla completamente. Sin embargo, también existen implementos para insertar al tractor y que sirven para la cosecha de yuca de forma mecanizada. Luego, se separa la raíz del pedúnculo con la ayuda de una machete o cuchillo bien afilado, para evitar rasgar la yuca. Posteriormente, se seleccionan las raíces de acuerdo con los parámetros del mercado de destino; se depositan en una caja plástica o en bolsas; se protegen del sol para evitar daños o quemaduras, y se trasladan a la planta empacadora para ser procesadas o directamente al sistema transporte (Brenes, 2017).



Figura 9.1. Cosecha de plantas de yuca. a. Agarre de herramienta; b. Extracción de raíces con herramienta.

Fotos: Jorge Luis García

Clasificación, empaque y comercialización

Una vez en el acopio, se procede a realizar la selección, eliminando las raíces que son muy pequeñas, las que están afectadas por patógenos o las que a criterio de los productores no se deben comercializar. Una vez realizada esta clasificación, se procede al empaque de las raíces en bolsas plásticas, costales, canastillas plásticas o a granel. Luego son transportadas a las plazas locales o a las plazas principales. Una gran cantidad de yuca es comercializada por vendedores locales informales que compran en finca directamente al productor.

Los requisitos para la comercialización (mercados locales y regionales) y el autoconsumo de yuca son los siguientes (Brenes, 2017):

- Que sea de rápida cocción: no debe durar más de veinte minutos en agua a punto de ebullición.
- Que tenga un diámetro máximo de 10 cm y un largo mínimo de 25 cm.
- Que tenga pedúnculo, con un máximo de 2,5 cm.
- Que no esté quebrada.
- Que no tenga daños por insectos o roedores ni mecánicos.
- Que esté libre de manchas y hongos.

Proceso de poscosecha y almacenamiento

Las raíces recogidas o cosechadas se degradan en tres o cuatro días, por lo que deben llevarse al lugar de almacenamiento, procesarse o consumirse sin demora; es por eso que el deterioro en poscosecha es una de las principales limitaciones de la producción, transporte y procesamiento de la yuca (Ospina & Ceballos, 2002).

Los síntomas de deterioro de las raíces se manifiestan en cambios de coloración en los tejidos parenquimatosos y los haces xilógenos, pues adquieren un color azulado, para pasar luego a marrón, en forma de estrías vasculares (Montaldo, 1973). Los cambios de coloración se extienden a las células parenquimáticas, las cuales presentan un tinte azulado y también pueden mostrar síntomas de desecación (Wheatley et al., 1982).

Por lo tanto, existe un serio problema en la conservación de las raíces tuberosas de yuca después de la cosecha, y es que aparecen alteraciones en la pulpa en forma de manchas o estrías inicialmente azuladas y posteriormente marrones. La forma como hasta ahora se ha superado este problema en la industria es mediante el secado inmediato de las raíces,

en forma de rodajas, gránulos o harina, productos que cuentan con un 10-12 % de humedad. Para consumo fresco, en algunos lugares las raíces de yuca se entierran en arena o se mantienen bajo refrigeración (Ospina & Ceballos, 2002).

El rápido deterioro y la drástica pérdida de calidad en el almidón de las raíces de yuca ocurren a los pocos días de la cosecha, y son la causa de la inaceptabilidad para el consumo humano y el rechazo como alimento animal. Como se indicó anteriormente, para que cualquier sistema de almacenamiento de raíces de yuca fresca sea efectivo, se requiere que estas tengan una calidad aceptable.

Después de un buen curado, las raíces de yuca tienen una vida más larga que raíces de la misma variedad acabadas de cosechar. Sin embargo, si las raíces curadas tienen heridas, se comportan y se deterioran de la misma manera que las raíces frescas; si permanecen sin daños mecánicos, su duración estará determinada por la pérdida de agua, y la rata de esta pérdida dependerá de las condiciones ambientales. Después de ocho semanas de almacenamiento, ocurre un ligero ablandamiento en los tejidos radicales. Después de dos o más meses, este ablandamiento, que es particularmente evidente en el centro de las raíces, se intensifica y puede causar pérdidas en cuanto a la aceptabilidad de las raíces. Además, las raíces almacenadas requieren un tiempo de cocción más largo, frecuentemente tienen una textura más dispareja y son un poco más duras que las raíces recién cosechadas.

Asimismo, las raíces de yuca son muy susceptibles al deterioro fisiológico, ya que, después de dos o tres días de cosechadas con daños fisiológicos, no son aptas para el consumo. Por esta razón, se han desarrollado diversos métodos de conservación, como el recubrimiento de las raíces con parafina, que extiende la vida útil del producto hasta quince días. Este método de conservación con parafina presenta desventajas desde el punto de vista ambiental, debido a que es un hidrocarburo derivado del petróleo y, además, se

aplica en caliente (temperatura mayor de 120°C). Por esto, es importante buscar alternativas de conservación amigables con el ambiente (Medina et al., 2013).

Debido a estos factores negativos, se ha intentado dar una solución a la conservación de alimentos perecederos con el empleo de los llamados recubrimientos comestibles, los cuales deben poseer ciertas características funcionales que permitan controlar o minimizar las causas de alteración de los alimentos (Castro, 2013).

Un recubrimiento comestible es definido como una sustancia aplicada en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Estos recubrimientos deben ser legales, inocuos, aceptables sensorialmente, y deben proporcionar un valor agregado al alimento (Baldwin et al., 2012). La función principal de los recubrimientos comestibles es proteger al producto de daños mecánicos, físicos, químicos y de actividades microbiológicas que lo deterioren (Falguera et al., 2011). Su aplicación permite alargar la vida útil durante el almacenamiento al reducir las pérdidas de humedad y ralentizar la maduración de los frutos, ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso (Krochta, 1997).

Otras herramientas y técnicas que permiten incrementar la vida útil de las raíces de yuca son:

Almacenamiento a corto plazo: permite reducir las pérdidas por deterioro del producto durante un lapso de siete a diez días; además, es de bajo costo y fácil aplicación, y permite impedir el deterioro fisiológico y microbiano de las raíces, puesto que favorece la curación de las heridas (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1977).

Almacenamiento a mediano plazo: permite un almacenamiento de dos a cuatro semanas, pero suele ser más costoso y complejo que el de corto plazo. Su objetivo es proporcionar condiciones para que las heridas de las raíces se cierren,

deteniendo así el deterioro fisiológico y microbiano (CIAT, 1977).

Almacenamiento a largo plazo: permite que las raíces se conserven durante más de cuatro semanas, pero no es tan recomendable por la dificultad de mantener la calidad de las raíces (CIAT, 1977).

A continuación, se presentan algunos otros métodos para la conservación de las raíces.

Métodos tradicionales

Silos de campo: permiten mantener una humedad ambiental alta; en condiciones adecuadas, las raíces se curan por la formación de suberina, que cicatriza las heridas infligidas durante la cosecha y el transporte. Con este método, las raíces se conservan durante periodos de uno a tres meses (Booth, 1976).

Cajas de madera: es un método muy efectivo en las condiciones ambientales del municipio de Palmira, Valle del Cauca; la humedad dentro de la caja debe ser del 50 % para favorecer la curación de las heridas de las raíces y evitar una pérdida excesiva de humedad. Las cajas se sellan con una tapa de madera, se ubican a la sombra o en el campo y se cubren con tela impermeable (Booth, 1976).

Métodos recientes

Bolsas de polietileno: para usar este método se consideran aspectos importantes como el tiempo entre la cosecha y el momento del empaque, el efecto del sol sobre la calidad de las raíces y la coordinación de las actividades que requiere este método (cosecha y empaque). La temperatura interna de las bolsas no debe ser mayor de 40°C.

Parafinado: ayuda a inactivar parcialmente enzimas presentes en los tejidos de la yuca, disminuye la permeabilidad al oxígeno, el cual es un control indirecto de la acción de las peroxidasas y disminuye la contaminación por microorganismos debido a la alta temperatura producida con el tratamiento. Además, permite disponer de yuca fresca y de buena calidad, sin originar cambios notables en sus características organolépticas, durante un lapso de veinte a treinta días (Instituto Internacional de Agricultura Tropical [IIAT], 1972).

Por lo anterior, muchos han sido los esfuerzos para identificar materiales que permitan aumentar la vida útil de las raíces de yuca en el tiempo. Para esto, se requiere preseleccionar las raíces en el momento de la cosecha; lavarlas con un cepillo de cerdas suaves para identificar aquellas libres de daños mecánicos; ubicarlas en espacios que permitan su secado al aire libre; frotarlas con las parafinas a temperatura ambiente, para lo cual se usan guantes plásticos, o calentar las parafinas a 130°C, aproximadamente, y sumergir las raíces durante 2-5 segundos; esta última técnica también se puede realizar con ceras líquidas.

La cera usada en Colombia para la protección de frutas de cítricos tuvo el peor comportamiento, con un deterioro fisiológico en raíces de yuca superior al 50 % después de 15 días de cosechada (DDC), mientras que las raíces sin aplicación de recubrimientos presentaron un incremento en el deterioro fisiológico por encima del 30 % después de los 30 DDC; por su parte, con el uso de parafina, el deterioro estuvo por debajo del 20 % hasta los 43 DDC, lo que permite inferir que este último tratamiento es una buena alternativa para conservar la calidad de las raíces en el tiempo (tabla 9.1). Este mismo comportamiento se observó en el contenido de materia seca para el tratamiento con parafina, con valores de materia seca superiores al 56 % durante todas las fechas de evaluación, en comparación con el uso de ceras (raíces podridas después de 30 DDC) y con los testigos, sin ninguna aplicación (50 % de materia seca después de 43 DDC). Asimismo, con la

aplicación de parafina, las raíces conservaron una textura suave y un buen sabor incluso a los 30 DDC (figura 9.2).

Tabla 9.1. Registro fotográfico del índice de deterioro fisiológico de raíces de yuca usando dos recubrimientos durante cinco semanas de evaluación a temperatura ambiente.

Tipo de almacenamiento	Tipo de recubrimiento		
	Parafina	Cera	Testigo
Semana 1			
Semana 2			
Semana 3			
Semana 4			
Semana 5			

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Alfonso Rafael Orozco Guerrero



Figura 9.2. Comportamiento de la calidad de las raíces con tratamientos con cera, parafina y sin aplicación durante seis evaluaciones semanales. a. Deterioro fisiológico (%); b. Contenido de materia seca (%); c. Sabor y textura.

Nota: El sabor se midió con la siguiente escala: me gusta (1), me es indiferente (2) y no me gusta (3). La textura se midió con la siguiente escala: suave (1), media (2) y dura (3).

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados coinciden con lo expresado por Toro y Cañas (1983), quienes afirman que el porcentaje de materia seca y el contenido de almidón, comúnmente considerados como factores de calidad, dependen de las características propias de cada variedad. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en relación con el contenido final de materia seca, con valores del 37,3% para la cera y el 36,7% para la parafina.

Los resultados de deterioro medio en las raíces de yuca sin parafinar muestran valores en el rango de 18%-19% entre los 10 y los 13 días de almacenamiento. Periodos mayores de análisis mostraron un mayor deterioro, lo que hace que las raíces pierdan su valor comercial (Sotelo & Acevedo, 2008).

No obstante, al analizar los valores de deterioro en función del recubrimiento aplicado, hubo diferencia en la respuesta del producto al tratamiento, con 1,22 para la parafina y 1,44 para la cera; ambos valores están por debajo de 2, que es el establecido como límite de deterioro. Esto quiere decir que tanto la parafina como las ceras protegen adecuadamente las raíces (Medina et al., 2013). Por otra parte, el tratamiento con cera o parafina no tuvo influencia en el contenido final de materia seca, el cual depende principalmente de la variedad. En cuanto a la pérdida de peso, aunque se presentaron diferencias en el efecto del recubrimiento, con valores menores para la parafina, la cera también fue eficaz, con una pérdida de peso del 1%, la cual está muy por debajo de la pérdida de peso de las raíces sin recubrimiento (testigos), que perdieron un 10% de peso en la primera semana (Bastidas, 2011).

Referencias

- Adaime, R., Santos, R. S., Lima, A. L., Dos Santos, J. E. V., & Specht, A. (2020). First record of *Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Crambidae) in *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) in Amapá state, Brazil. *EntomoBrasilis*, 13, artículo e914. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7706901>
- Agronet. (s.f.). *Estadísticas agropecuarias*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
- Aguilar, E., Segreda, A., Saborio, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S., & Gómez, Y. (2017). *Manual del cultivo de yuca Manihot esculenta Crantz*. INTA.
- Aigbe, S. O., Remison, S. U., & Bandyopadhyay, R. (2008). Root rot fungi succession during Cassava (*Manihot esculenta*. Crantz) tuberous root development in different ecological zones of Nigeria. *Phytopathology*, 98(6). <https://hdl.handle.net/10568/90897>
- Almonacid, R. C., Aguirre, M. R. A., Velozo, L., & Caceres, S. (2016). *El barrenador del tallo: plaga del cultivo de mandioca*. INTA.
- Álvarez, E., Barragán, M. I., & Madriñan, R. (1998). *Pudrición radical y marchitez de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Álvarez, E., & Llano, G. (2002). Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 131-146). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

- Álvarez, E., Llano Rodríguez, G. A., Loke, J. B., Restrepo, J. A., & Mora, J. R. (2000). *Investigación participativa para el control de pudriciones de yuca en comunidades indígenas de Mitú, Colombia* [presentación en simposio]. Simposio Internacional y Talleres sobre Fitomejoramiento Participativo (FMP) en América Latina y el Caribe: Un Intercambio de Experiencias, Quito, Ecuador. <https://cgspace.cgiar.org/items/c5ab7557-dcc4-460a-86b3-a3785b8d164d>
- Álvarez, E., Pardo, J. E., Mejía, J. F., Alves, S., Zacher, M., Cardozo, L., & Gómez, Y. (2015). *Manejo del 'cuero de sapo', enfermedad limitante de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Alves, A. A. C. (2002). Cassava botany and physiology. En R. J. Hillocks, J. M. Thresh, & A. C. Bellotti (Eds.), *Cassava: Biology, production and utilization* (pp. 67-89). CAB International.
- Arias, B., & Bellotti, A. C. (1984). Pérdidas en rendimiento (daño simulado) causadas por *Erinnyis ello* (L.) y niveles críticos de población en diferentes etapas de desarrollo en tres clones de yuca. *Revista Colombiana de Entomología*, 10(3-4), 28-35. <https://doi.org/10.25100/socolen.v10i3-4.10284>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de Servicios Agrícolas de la fao*, 163. <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., & Bai, J. (2012). *Edible coatings and films to improve food quality* (2.a ed.). CRC Press.
- Banco de la República. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial*. <https://www.banrep.gov.co/es/node/25497>
- Bastidas, E. (2011). *Evaluación de la aplicación de ceras naturales como una alternativa para la conservación de raíces de yuca fresca* [tesis de maestría, Universidad del Valle].

- Bedoya, F. A., Álvarez, E., & Loke, J. B. (2000). Selección *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma* spp. para el control biológico de la pudrición radical en yuca. *Fitopatología Colombiana*, 23(2), 65-67.
- Bellotti, A., & Van Schoonhoven, A. (1978). *Plagas de la yuca y su control*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bellotti, A., Vargas, O., Peña, J., & Arias, B. (1983). Pérdidas en rendimiento en yuca causadas por insectos y ácaros. En C. E. Domínguez (Comp.), *Yuca: investigación, producción y utilización* (pp. 393-407). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bellotti, A. C. (2008). Cassava pests and their management. En J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of entomology* (pp. 764-794). Springer.
- Bellotti, A. C., Arias, B., Vargas, O., Reyes, J. A., & Guerrero, J. M. (2002). Insectos y ácaros dañinos a la yuca y su control. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 160-203). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bellotti, A. C., Herrera, C. J., Melo, E. L., Arias, V. B., Guerrero, J. M., & Hernández, M. del. P. (2009). *Control de plagas en el cultivo de la yuca: ácaros y mosca blanca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Beltrán, J. A., Campos, J. C., & León, G. A. (2010). *Enemigos naturales y manejo integrado del gusano cachón* (*Erinnys ello*) en el cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12879>
- Bertorelli, M., Montilla, J., & Luna Coll, J. (2006). Estrategias para el manejo integrado de las principales plagas del cultivo de yuca. Zona sur del estado de Anzoátegui. *Revista Digital del Ceniap Hoy*, (10). <https://www.engormix.com/>

agricultura/plagas-enfermedades-cultivos-tropicales/
estrategias-manejo-integrado-principales_a26647/

- Booth, R. H. (1976). *Almacenamiento de raíces de yuca: causas del deterioro que se presenta después de la cosecha de raíces frescas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cadavid, L. F. (2002). Suelo y fertilización para la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 76-103). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cadavid, L. F. (2007). *Fertilización del cultivo de la yuca* (*Manihot esculenta Crantz*). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19225>
- Camargo, A., López, C., & Díaz, P. (2019). El progreso de síntomas de enfermedad en plantas de yuca *in vitro* causado por *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*. *Revista SayWa*, 1(2). <https://revistas.uan.edu.co/index.php/saywa/article/view/689>
- Cañarte, E., Navarrete, J., Muñoz, X., Hinostroza, F., & Valarezo, G. (2021). *Reconocimiento y manejo de artrópodos asociados al cultivo de la yuca* (*Manihot esculenta Crantz*) en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap).
- Carabalí, A., Montoya-Lerma, J., & Bellotti, A. C. (2008). Desarrollo y reproducción de *Bemisia tabaci* "B" (Hemiptera: Aleyrodidae) sobre genotipos de yuca (*Manihot esculenta*). *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 28-32. <https://alliancebioiversityciat.org/publications-data/desarrollo-y-reproduccion-de-bemisia-tabaci-b-hemiptera-aleyrodidae-sobre>
- Cárdenas, E., & Corredor, D. (1989). Biología del trips *Frankliniella occidentalis* (Pegande) (Thysanoptera: Thripidae) sobre crisantemo

- Chrysanthemum morifolium* L. bajo condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*, 6(1-2), 71-77. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/33833>
- Carvajal-Yepes, M., Olaya, C., Lozano, I., Cuervo, M., Castaño, M., & Cuellar, W. J. (2014). Unraveling complex viral infections in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) from Colombia. *Virus Research*, 186, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.12.011>
- Castrillón, C. (1985). *Efecto de Bacillus thuringiensis y el Trichogramma sp. sobre el gusano cachón de la yuca* *Erinnys ello* L. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/32019>
- Castro, A. (2013). *Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)* [tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional].
- Ceballos, H. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 1-13). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ceballos, H., Iglesias, C., Calle, F., Navas, G., Aristizábal, D., & Gaitán, W. (2000). *Corpoica Reina variedad de yuca para el piedemonte llanero. Plegable divulgativo N.º 18*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17896>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1977). Sistemas de producción de yuca. En CIAT (Ed.), *Informe anual 1976*. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/annual_report/Ciat%20Informe%201976.pdf
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1989). *Manejo integrado de Erinnyis ello (L) (gusano cachón de la yuca)*.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1997). *Estudio de mercado de los Diferentes Usos de la Yuca en Colombia. Informe final. Primera Fase*.
- Chavez, V. A., Milne, A. E., Van den Bosch, F., Pita, J., & McQuaid, C. F. (2021). Modelling cassava production and pest management under biotic and abiotic constraints. *Plant Molecular Biology*, 109, 325-349. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11103-021-01170-8>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2020). *Procedimiento para la toma de muestras y análisis de suelos*. <https://www.agrosavia.co/media/3796/plegable-ser-vientrega.pdf>
- Cuartas, P. E., Villamizar, L. F., Barrera, G. P., Ruiz, J. C., Campos, J. C., León- Martínez, G., & Gómez- Valderrama, J. (2019). Novel biopesticide based on *Erinnyis ello* betabaculovirus: Characterization and preliminary field evaluation to control *Erinnyis ello* in rubber plantations. *Pest Management Science*, 75(5), 1.391-1.399. <https://doi.org/10.1002/ps.5259>
- DANE. (2024). *Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario (SIPSA)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa>
- De la Torre, J., & Hershey, C. (1991). ICA-Costeña Nueva Variedad de Yuca de Alta Producción para la Costa Atlántica. *Plegable divulgativo N.º 232*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30197>
- De Oliveira, S. A. S., Da Silva, L. L., Nascimento, D. de S., Diamantino, M. S. A. S., Ferreira, C. F., & De Oliveira, T. A. S. (2020). *Colletotrichum* species causing cassava (*Manihot esculenta* Crantz) anthracnose in different eco-zones within the Recôncavo Region

- of Bahia, Brazil. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127, 411-416. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00327-9>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*, (46). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf
- Dettweiler, M., Wilson, C., Maltais-Landry, G., & MacDonald, G. (2023). Cassava-legume intercropping is more beneficial in low-input systems: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 300, artículo 109005. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109005>
- Espinosa, J., & Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. *Informaciones Agronómicas*, (20).
- Espitia Montes, A. A., Pérez Cantero, S., Regino Hernández, S. M., Támara Morelos, R. E., García Herazo, J. L., Martínez Figueroa, R. R., & García Peña, J. A. (2022). *Manual para la producción y escalamiento de semilla de yuca (Manihot esculenta) de calidad*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37628/Ver_Documento_37628.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Fernández, L., & Cerrato, R. (2017). *Cartilla tecnológica del cultivo de yuca en el litoral atlántico de Honduras*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Secretaría de Agricultura y Ganadería. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3149/BVE17089155e.pdf;jsessionid=0B5783220Ao8C1F1CF3CAFC23FED0oCE?sequence=1>

- Folgueras, M., Herrera, L., Rodríguez, S., & Rojas, X. (2008). Antibiosis *in vitro* entre el antagonista *Trichoderma* spp. y organismos patógenos causantes de pudriciones radicales en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Centro Agrícola*, 35(2), 51-53.
- Gomes, R. (2015). *Morfologia e fenologia da mandioca*. <http://es.scribd.com/doc/111185109/Morfologia-e-Fenologia-Da-Mandioca#scribd>
- Gómez, P., Losada, J., & Toro, J. (1986). *Manihotica P-13 una variedad mejorada de yuca de alto rendimiento*. Boletín divulgativo N.º 78. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/14875>
- Gómez, J. A., Cuartas, P. E., León, G. A., & Quiroga, G. M. (2021). *Bio-plaguicida Erytec®: alternativa biológica para el control del gusano cachón Erinnyis ello en los cultivos de caucho y yuca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/38443>
- Gómez-Bonilla, Y., Torres Portuguese, S., Álvarez, E., Pardo, J. M., Aguilar Brenes, E., & Solórzano Arroyo, J. A. (2015). *Manejo de semilla y de la enfermedad de cuero de sapo en yuca*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1811.pdf>
- Hauser, S., Wairegi, L., Asadu, C. L. A., Asawalam, D. O., Jokthan, G., & Ugbe, U. (2014). *Cassava system cropping guide*. Africa Soil Health Consortium; CAB International. <https://core.ac.uk/download/pdf/132689633.pdf>
- He, C., Zhou, B., Wang, H., Wei, Y., & Huang, J. (2023). A first-year maize/cassava relay intercropping system improves soil nutrients and changes the soil microbial community in the symbiotic period. *Frontiers in Microbiology*, 14, artículo 1087202. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1087202>

- Howeler, R. (2014). *Sustainable soil and crop management of cassava in Asia: A reference manual*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ibeawuchi, I. I., Dialoke, S. A., Ogbede, K. O., Ihejirika, G. O., Nwokeji, E. M., Chigbundu, I. N., Adikuru, N. C., & Obilo, O. P. (2007). Influence of yam/cassava based intercropping systems with legumes in weed suppression and disease/pest incidence reduction. *Journal of American Science*, 3(1). <https://www.jofamericanscience.org/journals/am-sci/0301/09-0222-ibeawuchi.pdf>
- Ijoyah, M. O., Bwala, R. I., & Iheadindueme, C. A. (2012). Productivity of cassava-sweet potato intercropping system as influenced by varying lengths of cassava cutting at Makurdi, Nigeria. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(5), 87-92. <https://worldveg.tind.io/record/51248/>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, 7 de septiembre). *Resolución 3168. Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto de mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7ac-de9bf8/2015R3168.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020, 11 de mayo). *Resolución 67516. Por medio de la cual se establecen los requisitos para la inscripción de los cultivares en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales y se dictan otras disposiciones*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/6b7dbbd1-ff9b-4eea-a936-fe57f421ea98/2020R67516.aspx>
- Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIITA). (1972). La yuca para finada. *Tecnología*, 14(78), 47-51.

- Itani, J., Oda, T., & Numao, T. (1999). Studies on mechanisms of dehydration postponement in cassava leaves under short-term soil water deficits. *Plant Production Science*, 2(3), 184-189. <https://doi.org/10.1626/pps.2.184>
- Júnior, M. de S. M., & Alves, R. N. B. (Eds.). (2016). *Cultura da mandioca*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).
- Krochta, J. M. (1997). Edible protein films and coatings. En S. Damodaran (Ed.), *Food proteins and their applications*. CRC Press.
- Leite, L. G., De Almeida, J. E. M., Chacon-Orozco, J. G., & Delgado, C. Y. (2019). Entomopathogenic nematodes. En B. Souza, L. L. Vázquez, & R. C. Marucci (Eds.), *Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: Biological control and functional biodiversity* (pp. 213-221). Springer.
- Löhr, B. (1981). *Untersuchungen zur Biologie, Ökologie, wirtschaftlichen Bedeutung und Bekämpfung des Maniokzünslers Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Pyralidae).
- Löhr, B. (1983). Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkey* barrenador de la yuca. En J. A. Reyes (Ed.), *Yuca: control integrado de plagas* (pp. 159-161). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- López, J. (2002). Semilla vegetativa de yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 49-75). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- López, J. A., & Jaramillo, M. (2000a). *Corpoica-Caribeña variedad de yuca para consumo fresco e industrial, seleccionada por los agricultores de la región Caribe Colombiana*. Plegable Promocional N.º 3. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17867>

- López, J. A., & Jaramillo, M. (2000b). *Corpoica-Rojita variedad de yuca para consumo fresco e industrial, seleccionada por los agricultores de la región Caribe Colombiana*. Plegable Promocional N.º 4. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17894>
- López, J., Jaramillo, M. F., Panza, B. D., Mendoza, E., Delgado, R., Ceballos, H., Pérez, J. C., Hernández, L. A., Lenis, J. I., Calle, F., Ortega, E., Iglesias, C., Morante, N., & Ramírez, J. (2004). *Nuevas variedades de yuca para uso industrial en la región caribe colombiana: Corpoica-Caiseli, Corpoica-Orense, Corpoica-Tai, Corpoica-Veronica, Corpoica Gines*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- López Vides, O., Díaz Sierra, Ó., Suárez Gómez, H., & Toloza Palomino, Á. (1996). *El barrenador del tallo de la yuca Chilomima clarkei (Lepidoptera: Pyralidae) en el creced Provincia del Río*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Marín Colorado, J. A. (2015). *Caracterización molecular de la resistencia en yuca (Manihot esculenta Crantz) al ataque del ácaro verde (Mononychellus tanajoa): una aproximación proteómica* [tesis de doctorado, Universidad del Valle]. <https://hdl.handle.net/10893/15326>
- Mbah, E. U., & Ogidi, E. (2012). Effect of soybean plant populations on yield and productivity of cassava and soybean grown in a cassavabased intercropping system. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 241-248. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93924497006.pdf>
- Medina, S., Toro, L. M., Vélez, C., Alcalá, L. A., & Fernández, A. (2013). Estudio comparativo de conservación de raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) recubiertas con cera natural y parafina. *Informador Técnico*, 77(1), 17-21. <http://dx.doi.org/10.23850/22565035.40>
- Montaldo, A. (1973). Vascular streaking of cassava root tubers. *Tropical Science*, 15, 39-46.

- Nicaragua, K., Pavón, F., & Chavarría, E. (2004). *Guía mip del cultivo de la yuca*. INTA.
- Nurcahyani, E., Qudus, H. I., & Evlin, F. (2021). Analysis of the reducing sugar of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) mutant plantlets resistant to *Fusarium* wilt. *aip Conference Proceedings*, 233(1). <https://doi.org/10.1063/5.0041846>
- NurulNahar, E., & Tan, S. L. (2012). Cassava mini-cuttings as a source of planting material. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 40(1), 145-151. https://www.researchgate.net/publication/299854418_Cassava_mini-cuttings_as_a_source_of_planting_material
- Olasantan, F. O., Salau, A. W., & Onuh, E. E. (2007). Influence of cassava (*Manihot esculenta*) intercrop on growth and fruit yields of pepper (*Capsicum* spp.) in south-western Nigeria. *Experimental Agriculture*, 43(1), 79-95. <https://doi.org/10.1017/S0014479706004200>
- Orozco, A., & Amaya, L. (1998). *Manejo post-cosecha y comercialización de yuca* (*Manihot esculenta* Crantz). NRI; SENA; DFID.
- Ospina, B., & Ceballos, H. (Coords). (2002). *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Ospina, B., García, M., & Alcalde, C. (2002). Sistemas mecanizados de siembra y cosecha para el cultivo de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 326-339). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Papathoti, N. K., Mendam, K., Sriram Kanduri, B. H., Thepbandit, W., Sangpueak, R., Saengchan, C., Hoang, N. H., Megavath, V. S., Kurakula, M., Le Thanh, T., & Buensanteai, N. (2022). Investigation of bioactive compounds from *Bacillus* sp. against protein homologs CDC42 of *Colletotrichum gloeosporioides* causing

- anthracnose disease in cassava by using molecular docking and dynamics studies. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9, artículo 1010603. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.1010603>
- Pastrana, F., Alviz, H., & Salcedo, J. (2014). Respuesta de dos cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. *Acta agronómica*, 64(1), 43935. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.43935>
- Patil, B. L., & Fauquet, C. M. (2009). Cassava mosaic geminiviruses: Actual knowledge and perspectives. *Molecular Plant Pathology*, 10(5), 685-701. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00559.x>
- Peñaloza, E., Suárez, H., & Sánchez, A. (1996). *Problemas entomológicos del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en el centro del Cesar*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/31655>
- Pratissoli, D., Zanúncio, J. C., Barros, R., & De Oliveira, H. N. (2002). Leaf consumption and duration of instars of the cassava defoliator *Erinnyis ello* (L., 1758) (Lepidoptera, Sphingidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(3), 251-254. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262002000300004>
- Ramírez, C. (2001). *Aporte al estudio de la biología, comportamiento y distribución del barrenador del tallo de la yuca Chilomima clarkei Amsel (Lepidoptera: Pyralidae) en el departamento de Tolima* [tesis de grado, Universidad de Tolima].
- Rivero, S., Gómez, W., Salcedo, É., Tordecilla, L., & Ramos, E. (2015). *Nuevas variedades de yuca forrajera para la alimentación bovina*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13303/76988_66412.pdf?sequence=1

- Rodríguez-Henao, E., Garavito-Morales, L. V., Osorio-Cardona, O., Aguilera-Arango, G. A., & Cañar-Serna, D. Y. (2021). *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405057>
- Rodríguez, N., & Hershey C. (1990). *Dos nuevas variedades de yuca de alta producción para los Llanos Orientales*. Plegable divulgativo N.º 220. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/32663>
- Rosero, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Salazar, S., Morante, N., Beltrán, F., Becerra, J. J., & Sandoval, H. A. (2019). *Agrosavia Melúa-31: nueva variedad de yuca industrial para la Orinoquía colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403022>
- Servais, E. (2022). *Identification et occurrence des ravageurs et maladies du manioc en moyennes parcelles dans les tropiques de Cochabamba (Bolivie)* [tesis de maestría, Liège Université].
- Silva, D. V., Ferreira, E. A., Oliveira, M. C., Pereira, G. A. M., Braga, R. R., Dos Santos, J. B., Aspiazu, I., & Souza, M. F. (2016). Productivity of cassava and other crops in an intercropping system. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(1), 159-166. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202016000100015>
- Sotelo, R., & Acevedo, G. (2008). Conservación de las raíces frescas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) aplicándole el proceso de parafinado. *Nexo*, 21(2), 48-53. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5006270.pdf>
- Stockholm Environment Institute. (2021). *La red de valor de yuca y su potencial en la bioeconomía en Colombia*. <https://www.sei.org/centres/latinoamerica/>

- Tang, X., Zhong, R., Jiang, J., He, L., Huang, Z., Shi, G., Wu, H., Liu, J., Xiong, F., Han, Z., Tang, R., & He, L. (2020). Cassava/peanut intercropping improves soil quality via rhizospheric microbes increased available nitrogen contents. *bmc Biotechnology*, 20, artículo 13. <https://doi.org/10.1186/s12896-020-00606-1>
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3), 191-197. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930206009>
- Ternes, M. (2002). Fisiología da planta. En M. P. Cereda (Ed.), *Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas* (pp. 66-82). Fundación Cargill.
- Toro, J. C. (1984). *Manihotica P-11 y P-12 dos nuevas variedades de yuca para Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31240>
- Toro, J. C., & Cañas, A. (1983). Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica. En C. E. Domínguez (Comp.), *Yuca: investigación, producción y utilización* (pp. 567-575). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Vaca-Vaca, J. C., Morales-Euse, J., Rivera-Toro, D. M., & López-López, K. (2019). Primer reporte de begomovirus infectando cultivos de ají (*Capsicum* spp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 24(3), 452-462. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v24n3/0120-548X-abc-24-03-452.pdf>
- Vargas, H., Bolívar, L., Arias, B., & Belloti, A. (2002). *Nataima 31 variedad de yuca (Manihot esculenta Crantz) resistente a mosca blanca (Aleurotrachelus sociales Bondar) para el Valle Cálido del Alto Magdalena*.

- Plegable divulgativo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.
- Verdier, V. (2002). Bacteriosis vascular (o añublo bacteriano) de la yuca causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 148-159). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Vernière, C., Begue, K., Blondin, L., Caillon, S., Perez, D., & Szurek, B. (2018). Molecular epidemiology of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* to decipher its transmission pathway at a village level in Colombia. En *13èmes Rencontres Plantes-Bactéries. Book of abstracts*: SFP, INRA, CNRS.
- Wheatley, C., Lozano, C., Gomez, G. (1982). Deterioration and storage of cassava roots. In *Cassava: Research, Production and Utilization*. Cassava Program, International Center for Tropical Agriculture.
- Winder, J. A. (1976). Ecology and control of *Erinnyis ello* and *E. alope*, important insect pests in the New World. *pans*, 22(4), 449-466. <https://doi.org/10.1080/09670877609414334>
- Yaninek, J. S., Gutiérrez, A. P., & Herren, H. R. (1989). Dinámica de *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) en África: evidencia experimental de los efectos de la temperatura y la planta huésped en las tasas de crecimiento de la población. *Entomología Ambiental*, 18(4), 633-640.

Autoría

Katia Vanesa Contreras Valencia

Correo: kcontreras@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5624-4122>

Ingeniera agroindustrial con maestría en Agronegocios. Profesional con más de diez años de experiencia en el sector agropecuario atendiendo demandas para los sistemas de producción de la región Caribe y el altiplano cundiboyacense, desde las áreas de transferencia de tecnología y mercadeo.

Carina Cecilia Cordero Cordero

Correo: ccordero@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3688-5835>

Ingeniera agrónoma con maestría en Ciencias Agronómicas, con énfasis en fisiología vegetal, de la Universidad de Córdoba. Desde 2016 está vinculada al C. I. Motilonia de AGROSAVIA como investigadora máster, donde ha trabajado en proyectos de investigación en las áreas de ecofisiología vegetal en raíces y tubérculos, mejoramiento genético en yuca, frijol y maíz, producción de semilla de genotipos biofortificados de frijol, análisis socioeconómico de los principales sistemas de producción hortícola en la región Caribe de Colombia, así como en planes de vinculación de ofertas tecnológicas de la corporación. Actualmente, lidera trabajos de investigación en ecofisiología vegetal y continúa con su trabajo en análisis de la cadena de valor de hortalizas y en mejoramiento genético y producción de semilla de especies para el caribe seco colombiano. Se encuentra adscrita a la Red de Innovación de Hortalizas y Plantas Aromáticas de AGROSAVIA.

Elvia Amparo Rosero Alpala

Correo: erosero@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9670-3047>

Ingeniera agrónoma y máster en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitomejoramiento, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y Ph. D. de la Universidad Carolina (República Checa), que le otorgó su título en el área de anatomía y fisiología de plantas. Actualmente, se desempeña como investigadora Ph. D. asociada en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en investigación en el área de mejoramiento y fisiología de cultivos, donde ha apoyado el desarrollo de variedades comerciales de yuca y batata en Colombia y ha contribuido al conocimiento de dichas especies en el contexto de ambientes subhúmedos.

Sol Mara Regino Hernández

Correo: sregino@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9325-7336>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como profesional de apoyo a la investigación y hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA,. Cuenta con experiencia en establecimiento y manejo de experimentos de investigación agrícola en cultivos de ñame, yuca y batata, de los cuales se han generado ofertas tecnológicas relacionadas con el manejo integrado de dichos cultivos y la producción de semilla de calidad para siembras comerciales. Publicación: "Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp.) en la región Caribe colombiana" (*Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 25, n.º 2).

Remberto Rafael Martínez FigueroaCorreo: rmartinez@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0001-7188-5609>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba y máster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos de la Universidad Internacional de La Rioja (España). Cuenta con experiencia en investigación de técnicas de restauración de suelos en sistemas agroforestales, selección de variedades promisorias, técnicas integradas de manejo agronómico y producción de material de siembra de cultivos de raíces y tubérculos del Caribe colombiano (yuca, batata y ñame) y en transferencia de tecnología (planes de vinculación tecnológica de yuca, de batata y en la Vitrina Apícola Turipaná). En la actualidad, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA.

Amaury Aroldo Espitia MontesCorreo: aespitia@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-8057-9483>

M. Sc. en Biotecnología e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como investigador máster en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA desde 1998. Cuenta con experiencia en investigación en cultivos de tejidos vegetales, micropropagación de plantas, estandarización y desarrollo de protocolos, escalamiento y producción de semilla de alta calidad de ñame, yuca, batata y plátano, manejo integrado de estos cultivos, fisiología vegetal, recursos genéticos, investigación participativa y abonos orgánicos. Hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos de la corporación. Publicaciones: "Enraizamiento *in vitro* de *Dioscorea* sp." (*Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 5, n.º 2) y "Reproducción de semilla de batata (*Ipomoea batatas*) var. Agrosavia Aurora en Colombia" (*Agronomía Costarricense*, vol. 45, n.º 1).

Jessica Moreno Barragán

Correo: jmorenob@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6784-7626>

Ingeniera forestal de la Universidad del Tolima. Ha participado en investigación en la caracterización de especies forestales nativas, en sistemas de información para monitoreo, evaluación y seguimiento de plantaciones forestales, en evaluación de genotipos de cacao seleccionados por atributos de valor, en producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y en estrategias de vinculación de conocimientos y transferencia de ofertas tecnológicas. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la Red de Innovación de Cultivos Perma- nentes de AGROSAVIA, adscrita al C. I. La Libertad.

Eberto Rodríguez Henao

Correo: erodriguezh@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5795-8864>

Ingeniero agrónomo con maestría en Ciencias Agrarias, en la línea de investigación en mejoramiento genético vegetal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene experiencia en investigación agrícola, en conservación de recursos fitogenéticos con énfasis en germoplasma de frutales de clima cálido y en programas de fitomejoramiento. Actualmente, lidera el Programa de Mejoramiento Genético de la Guayaba en AGROSAVIA y participa en actividades de mejoramiento en cultivos de importancia nacional, como yuca, mora y batata, en los cuales ha ejecutado proyectos de investigación encaminados al registro de cultivares comerciales, gracias a lo cual se ha logrado el registro de dos variedades de guayaba y dos variedades de yuca. Es el responsable de los bancos de germoplasma conservados en el C. I. Palmira de AGROSAVIA.

Lina Vanessa Garavito MoralesCorreo: lgaravito@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0001-5178-6590>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas y estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias, con línea de investigación en suelos, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Se ha desempeñado en el área de asistencia técnica para pequeños y medianos productores en cultivos frutales de clima frío y cálido, enfocada en las áreas de nutrición vegetal y fertilidad de suelos. Es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Palmira de AGROSAVIA, donde apoya los proyectos de especies nativas forestales, validación de tecnologías para el cultivo de aguacate Hass en el departamento del Cauca y generación de tecnologías para mejorar la producción, productividad y calidad de la yuca para consumo fresco y para producción de almidón en el suroccidente colombiano.

Clara Yalexty Delgado OchicaOrcid: <https://orcid.org/0009-0000-1673-7320>

Bióloga egresada de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá); magíster en Ciencias Agrarias, en la línea de entomología, de la Universidad Nacional de Colombia, y especialista en Manejo Integrado de los Cítricos, en la línea de control de plagas, del Fondo de Defensa da Citricultura (Fundecitrus), en Brasil. Fue joven investigadora en la Universidad Javeriana (2009-2011). Actualmente, es investigadora máster del C. I. Motilonia de AGROSAVIA, adscrita a la Red de Innovación de Cultivos Transitorios. Cuenta con experiencia en investigación y docencia en el área de entomología agrícola, y con diez años de experiencia en biofábricas de producción de agentes de control biológico (hongos y nematodos entomopatógenos, depredadores y parasitoides). Actúa en la bioprospección de microorganismos y organismos de interés agrícola, principalmente de controladores biológicos.

Juan Guillermo Cubillos Hinojosa

Correo: jgcubillosh@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3391-420X>

Microbiólogo de la Universidad Popular del Cesar; magíster en Ciencias Agrarias, en la línea de suelos y aguas, de la Universidad Nacional de Colombia, y Ph. D. en Ciencia del Suelo, en la línea de microbiología y bioquímica de suelos, de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil). Actualmente, se encuentra finalizando estudios de especialización en Fitosanidad en la Universidade Federal do Paraná (Brasil). Realizó estancia posdoctoral en el C. I. Motilonia de AGROSAVIA durante 2020 y 2021, donde actualmente es investigador Ph. D. en el área de microbiología agrícola y fitopatología, adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos. Cuenta con experiencia en investigación y docencia en el área de microbiología agrícola, ambiental y biotecnología agrícola, y actúa en la bioprospección de microorganismos de interés en agricultura, fitopatología, uso de controladores biológicos, producción de biofertilizantes, microorganismos promotores de crecimiento de plantas y bioactividad de la materia orgánica.

Rommel Igor León Pacheco

Correo: rleon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9928-5282>

Fue investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (2005-2016), y desde 2016 se desempeña como investigador máster sénior en AGROSAVIA. Es ingeniero agrónomo con maestría en Agronomía, con orientación en mejoramiento genético de plantas y ecofisiología vegetal. Tiene más de quince años de experiencia como investigador en sistemas productivos de cultivos transitorios. Ha sido coordinador e investigador en proyectos, subproyectos y acciones orientadas a la identificación de genotipos superiores, a través de recursos fitogenéticos, programas de mejoramiento genético, manejo integrado de la productividad y ecofisiología del estrés en cultivos de raíces, tubérculos, hortalizas y algunos frutales.

Luis Giovanni Mauricio Montejo NúñezCorreo: lmontejo@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-6025-6337>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Desde antes de iniciar su carrera se ha dedicado a investigar y profundizar en sistemas agrícolas y su relación con la sostenibilidad ambiental. Los recursos hídricos son su principal área de interés, en la que ha desarrollado trabajos importantes para comprender la relación medioambiental, los recursos naturales y los sistemas agropecuarios. También ha trabajado, con resultados sobresalientes, en administración agropecuaria, horticultura, instalación de sistemas de riego, mantenimiento e instalación de invernaderos, fertilizantes y fertirriego, y supervisión y logística para empresas del sector agropecuario.

Martha Liliana Montes PérezCorreo: mmontes@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-6832-1252>

Ingeniera ambiental y sanitaria con maestría en Ciencias Agrarias de la Universidad del Magdalena. Actualmente, es investigadora máster del C. I. Caribia de AGROSAVIA, donde cuenta con experiencia como profesional de apoyo a la investigación en sistemas hortícolas, yuca, algunos frutales y cultivo de tejidos *in vitro*.

Alfonso Rafael Orozco GuerreroCorreo: arorozco@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0001-6297-8918>

Profesional en Ingeniería Agronómica de la Universidad del Magdalena, con experiencia como profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Caribia de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en manejo agronómico y ejecución de investigaciones en cultivos hortícolas, yuca, mango, musáceas, entre otros, y con conocimientos en manejo integrado de plagas y enfermedades y transferencia de tecnología.

Gabriel Ernesto Silva Acosta

Correo: gesilva@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6519-8973>

Investigador máster del C. I. Caribia de AGROSAVIA. Ingeniero agrónomo y administrador de empresas de la Universidad del Magdalena. Magíster en Ciencias en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo. Cuenta con experiencia investigativa en manejo agronómico de cultivos hortícolas-transitorios (ahuyama, ají, berenjena, tomate, lechuga, frijol, maíz y yuca) y frutales (mango y musáceas) y en programas de fitomejoramiento en hortalizas. Está capacitado en diseño y manejo agronómico de estructuras de agricultura protegida y de sistemas hidropónicos para la producción de hortalizas.

Julio Ernesto Muñoz Falcón

Correo: jemunozf@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1375-2426>

Investigador Ph. D. del C. I. Caribia de AGROSAVIA en el área de mejoramiento genético de plantas. Ingeniero agrónomo de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, en Venezuela, con doctorado en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Valencia, en España. Más de diez años de experticia en proyectos de investigación relacionados con conservación de recursos fitogenéticos y mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares de especies hortícolas como tomate, pimentón y berenjena. Experiencia como líder de un proyecto en desarrollo de cultivares y producción de semillas de híbridos y variedades de cultivos transitorios como maíz y arroz.

Héctor Augusto Sandoval Contreras

Correo: hsandoval@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1998-0390>

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima y magíster en Agronomía en el área de fertilidad de suelos y nutrición de plantas de la Universidad Estadual de Londrina Paraná (Brasil). Su enfoque de investigación se basa principalmente en el desarrollo de la nutrición de cultivos como arroz, tomate, yuca, frijol vagem y plátano, así como en manejo agronómico de yuca y plátano y en la caracterización del sistema productivo y desarrollo rural. Cuenta con diferentes publicaciones de las investigaciones enunciadas anteriormente. Desde 2016 hace parte de la Red de Frutales de AGROSAVIA, aunque actualmente sus labores se desarrollan desde la Red de Raíces y Tubérculos.

Impresión y encuadernación.
DGP Impresores S.A.S.
Terminó de imprimirse en julio de 2024,
en Bogotá D.C., Colombia

El presente manual recoge información clave para manejar técnicamente el cultivo de yuca de consumo fresco en las diferentes regiones del país. El documento inicia resaltando detalles de la comercialización de la yuca de consumo, su importancia en Colombia y su potencial a nivel internacional. Un segundo capítulo resalta la diversidad varietal encontrada en diferentes regiones, así como conceptos clave de la fisiología de la yuca para la toma de decisiones. El tercer capítulo retoma temáticas clave para el diseño de sistemas sostenibles de producción de yuca tanto en cultivos asociados como a través de la rotación de cultivos. Los tres capítulos siguientes compilan recomendaciones de manejo para tres núcleos productivos: el Caribe, los Llanos Orientales y el Cauca; aquí se describen los pasos a seguir desde la siembra hasta la cosecha, considerando las particularidades de cada región. Considerando la importancia de conocer las plagas y enfermedades que afectan al cultivo de yuca, los siguientes capítulos recogen información sobre la descripción, el ciclo de vida y recomendaciones para su manejo. Finalmente, el último capítulo busca ahondar en el tema de la poscosecha, con algunas recomendaciones importantes para extender la vida útil de la yuca, desde el campo hasta el almacenamiento y la distribución.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

ISBN: 978-958-740-724-2



9 789587 407242



Distribución gratuita
Prohibida su venta