

Manual para la producción y escalamiento de semilla de yuca (*Manihot esculenta*) de calidad

Amaury Aroldo Espitia Montes
Shirley Pérez Cantero
Sol Mara Regino Hernández
Ricardo Enrique Támara Morelos
Jorge Luis García Herazo
Remberto Rafael Martínez Figueroa
Joaquín Alfonso García Peña

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual para la producción y escalamiento de semilla de yuca (*Manihot esculenta*) de calidad

Amaury Aroldo Espitia Montes
Shirley Pérez Cantero
Sol Mara Regino Hernández
Ricardo Enrique Támara Morelos
Jorge Luis García Herazo
Remberto Rafael Martínez Figueroa
Joaquín Alfonso García Peña

Mosquera, Colombia, 2022

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual para la producción y escalamiento de semilla de yuca (*Manihot esculenta*) de calidad / Amaury Aroldo Espitia Montes [y otros seis]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

76 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos, tablas y referencias bibliográficas

ISBN obra impresa: 978-958-740-555-2

ISBN E-book: 978-958-740-556-9

1. *Manihot esculenta* 2. Fenología 3. Propagación vegetativa 4. Siembra 5. Calidad de las semillas 6. Certificación de semillas.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

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 macroproyecto “Programa Nacional Semillas: Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas” y del proyecto “Consolidación de núcleos de productores de semilla de yuca para consumo fresco y uso industrial en el caribe seco colombiano”, de la agenda de AGROSAVIA. En este último se implementó el procedimiento operativo estándar para la producción de plántulas *in vitro* de yuca en laboratorio, se desarrollaron los métodos de propagación y escalamiento de semilla de yuca élite y superélite en invernadero, así como la producción de semilla básica en campo. Todo ello, de acuerdo con las Resoluciones 2692 de 1998 y 3168 del 2015 del ICA. La impresión de esta obra se hizo posible gracias a la financiación otorgada por el Plan Yuca País, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Colección Transformación del Agro

Primera edición: 1.000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, 2022

Printed in Bogota, Colombia

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo: Edwin Algarra

Diagramación: Javier Alberto Barbosa

Citación sugerida: 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://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405569>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e 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, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran 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 hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co/>



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Contenido

Los autores	9
Agradecimientos	12
Introducción	13
Capítulo I	
<hr/>	
Generalidades del cultivo de yuca	17
Taxonomía	17
Origen y distribución	17
Área geográfica y entorno ambiental en Colombia	18
Zonas de cultivo y épocas de siembra en la región Caribe	21
Variedades sembradas	22
Capítulo II	
<hr/>	
Fenología del cultivo de yuca	25
Etapa de crecimiento lento	25
Etapa de máximo crecimiento	26
Etapa de senescencia	26
Capítulo III	
<hr/>	
Propagación de la yuca	29
Producción tradicional de estacas (semilla) de yuca en la región Caribe	29
Calidad de la semilla	31
Sistema de propagación <i>in vitro</i> o micropropagación	32

Capítulo IV

Proceso de producción de semilla de yuca de alta calidad	35
Origen del material vegetal inicial	35
Recepción del material de siembra	36
Registro de datos del material para siembra	37
Proceso de multiplicación <i>in vitro</i> (laboratorio de cultivo de tejidos)	37
Endurecimiento de plantas de yuca de procedencia <i>in vitro</i> en invernadero	44
Escalamiento de plantas de yuca SE (invernadero)	46
Entrega de material o salida a vivero	47
Multiplicación de plantas élite por medio de esquejes en vivero	48
Trasplante a sitio definitivo o campo	49
Otros métodos de macropropagación rápida de semilla de yuca	60

Capítulo V

Certificación y clasificación de semillas de yuca	65
Glosario	67
Referencias	69

Lista de figuras

Figura 1	Áreas sembradas en yuca por departamento, 2019	19
Figura 2	Producción de yuca industrial en municipios de Córdoba y Sucre 2021	20
Figura 3	Épocas de siembra del cultivo de yuca utilizadas por los productores en la costa Caribe	22
Figura 4	Ciclo de crecimiento de la yuca	26
Figura 5	Almacenamiento de semilla de yuca por productores	30
Figura 6	Material proveniente del Banco de Germoplasma del CIAT	36
Figura 7	Preparación de explantes para multiplicación	37
Figura 8	Proceso de desinfección de material inicial de yuca	38
Figura 9	Siembra de explantes de yuca para su multiplicación	39
Figura 10	Material de yuca en cuartos de crecimiento	40
Figura 11	División de segmentos para obtención de explantes	41
Figura 12	Siembra de explantes de yuca en contenedores	42
Figura 13	Selección y desinfección de material vegetal	43
Figura 14	Plántulas que cumplen con las condiciones deseadas para llevar a invernadero	44
Figura 15	Siembra de plántulas en invernadero núcleo	45
Figura 16	Plántulas endurecidas con condiciones para ser trasladadas a campo	47
Figura 17	Proceso de producción de material vegetal micropropagado de yuca <i>in vitro</i>	48
Figura 18	Plantas élite de yuca en viveros locales	49
Figura 19	Preparación de suelos para cultivo de yuca	50
Figura 20	Suelo preparado con un pase de arado de disco más un pase de rastra	51
Figura 21	Daño causado por <i>Chilomima clarkei</i>	55
Figura 22	Lote destinado para la obtención de semilla	60
Figura 23	Lote de plantas madre en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA	61
Figura 24	Material de yuca listo para repiques	63

Lista de tablas

Tabla 1	Países productores de yuca a nivel mundial	15
Tabla 2	Estadísticas en la región Caribe de las variables de producción, área cosechada y rendimiento de yuca, 2017-2021	21
Tabla 3	Materiales comerciales de yuca que se existen en las diferentes regiones de Colombia	23
Tabla 4	Nutrientes extraídos por la yuca según su rendimiento	52
Tabla 5	Demandas nutricionales para el cultivo de yuca	53
Tabla 6	Extracción total de una planta de yuca del suelo	53

Los autores

Amaury Aroldo Espitia Montes

aespitia@agrosavia.co

Orcid: <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 AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, donde está vinculado 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 *Dioscoreas* 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).

Shirley Patricia Pérez Cantero

sperezc@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5260-0321>

Magíster en Dirección del Desarrollo Local del Instituto Superior de Educación, Administración y Desarrollo (España) y de la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta (Colombia). Ingeniera agrónoma egresada de la Universidad de Córdoba (Colombia). Se ha desempeñado como ingeniera agrónoma en manejo integrado de cultivos y producción de semilla de calidad, especialmente de raíces y tubérculos. Ha trabajado en diferentes especies, como maíz, berenjena y aguacate, y como facilitadora de emprendimientos productivos en comunidades rurales, indígenas y afrocolombianas y en procesos organizacionales, así como en formulación, liderazgo y ejecución de proyectos agrícolas en AGROSAVIA. Cuenta con amplia experiencia en trabajo con pequeños productores en el mejoramiento participativo e investigación en campo.

Sol Mara Regino Hernández

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 de AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná. 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).

Ricardo Enrique Támara Morelos

rtamara@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7251-1374>

M. Sc. en Ciencias Agronómicas, con énfasis en ciencias del suelo, e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2016 está vinculado a AGROSAVIA, Sede El Carmen de Bolívar, como investigador máster. Cuenta con experiencia en diseño e instalación de sistemas de riego y drenaje en el sector agropecuario, manejo del recurso hídrico, manejo de cultivos agrícolas de ñame, batata, yuca, ahuyama y hortalizas, y docencia universitaria en ingeniería de riegos y drenaje y agroclimatología (Universidad de Córdoba), así como en manejo de suelos agrícolas y conservación de suelos (Universidad de Sucre). Publicación: “Efecto de tipo de tutores y densidad de siembra sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.)” (*Revista FAVE – Ciencias Agrarias*, vol. 17 n.º 2).

Jorge Luis García Herazo

jgarciah@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0152-8299>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2015 está vinculado a AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos. Cuenta con experiencia en establecimiento de experimentos de investigación agrícola en cultivos de ñame, yuca y batata, encaminados a la obtención de genotipos potenciales para nuevas variedades a través de mejoramiento genético convencional. Publicación: “Multi-trait selection indices for identifying new cassava varieties adapted to the Caribbean region of Colombia” (*Agronomy*, vol. 11, n.º 9).

Remberto Rafael Martínez Figueroa

rmartinez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7188-5609>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba y magíster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos de la Universidad Internacional de La Rioja (España). Cuenta con experiencia en investigación en 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 transferencia de tecnología en los planes de vinculación tecnológica de yuca, 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 Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

Joaquín Alfonso García Peña

jagarcia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1805-9487>

Ph. D. en Suelos y Nutrición Vegetal y máster en Suelos de la Universidad Federal de Viçosa (Brasil), e ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima. Está vinculado a AGROSAVIA desde 1993. Cuenta con experiencia en manejo de suelos, fertilización de cultivos e investigación en temas relacionados con el manejo y conservación de suelos, la recuperación de suelos agrícolas degradados y la fertilización y nutrición de cultivos. Tiene estudios sobre fijación biológica de nitrógeno, con experiencia en cultivos como algodón, maíz, soya, sorgo, arroz, yuca, ñame, batata, palma de aceite y marañón.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por su apoyo en la gestión logística del proyecto, cuyos resultados se presentan en esta publicación gracias a la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Estos recursos aportados por el MADR provienen de la ejecución del Macroproyecto “Generación y vinculación de tecnologías para contribuir a mejorar la producción, la productividad y calidad de la yuca destinada al consumo fresco y la transformación industrial en regiones productoras de Colombia”, así como del proyecto titulado “Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de yuca en monocultivo y asocio”; también de las transferencias TV 15, TV 16 y TV 17.

Los autores agradecen especialmente al Plan Yuca País, de Minagricultura, por los recursos que hicieron posible la impresión de esta obra.

Introducción

El objetivo de este manual es dar a conocer los procedimientos para la producción de semilla de calidad de los materiales de yuca para los diferentes usos. Complementariamente, se describe el paso a paso para la producción de semilla de calidad por parte de los productores, de tal manera que se garanticen buenos rendimientos de raíces y calidad de la semilla para siembras futuras.

El presente manual está dirigido a productores, asistentes técnicos y comunidad científica en general, para asegurar la producción de semilla de calidad de yuca con alta calidad física y fisiológica, así como con alto grado de pureza varietal. El productor puede producir semilla de alta calidad, mediante la aplicación de las medidas y normas contenidas en este manual, con las cuales conserva las características del material de yuca.

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) hace parte de la familia Euphorbiaceae, conformada por unas 7.200 especies que se caracterizan por el desarrollo de vasos laticíferos que producen una secreción lechosa. Dentro de esta familia se encuentran árboles como el caucho (*Hevea brasiliensis*), arbustos como el ricino o higuierilla (*Ricinus communis*) y muchas plantas ornamentales, medicinales y malezas, además del género *Manihot* (Aristizábal & Sánchez, 2007).

Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot*, de las cuales solo la yuca tiene importancia económica y se cultiva con fines agroindustriales o para consumo humano. Su multiplicación alógama y su naturaleza genética altamente heterocigótica se convierten en la principal razón para que su propagación se lleve a cabo por estacas y no por semilla sexual (Ceballos & De la Cruz, 2002).

La yuca es originaria de Sudamérica (Olsen & Schaal, 2001), donde se ha cultivado desde la prehistoria, y se ha domesticado y cultivado en diferentes ecosistemas tropicales y subtropicales del continente. Su potencial de producción, su diversidad de uso y los mercados en que se comercia han hecho que se convierta en una de las bases de alimentación para la población rural y una opción de transformación de los centros urbanos.

Dependiendo de la región o país, la yuca puede recibir diversos nombres; por ejemplo, en algunos países se llama *mandioca*. El término *cassava* en inglés puede haberse originado del vocablo *casabi*, cuyo significado para los indios arawak es 'raíz' (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], 2000). Según Cock (1989), los indígenas de la cuenca amazónica elaboran una galleta a base de yuca llamada *cazabe*.

La yuca se cultiva en más de cien países tropicales y subtropicales gracias a que toma eficientemente el agua y los nutrientes del suelo; además, es tolerante a ambientes con poca humedad, a zonas con suelos pobres y pluviosidad aleatoria, y a los ataques ocasionales de plagas. Asimismo, la yuca puede llegar a obtener rendimientos aceptables pese a la escasa o nula utilización de insumos.

Por otra parte, las raíces de la yuca son enormemente ricas en carbohidratos, lo que las hace fuente importante de energía alimenticia (FAO & FIDA, 2000). Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el 2020 la producción mundial de yuca estuvo en 302.662.494 millones de toneladas, obtenidas en aproximadamente 28.243.258 hectáreas, con rendimientos medios de 14 t/ha. Nigeria es el mayor productor, con el 57,8 % de participación en la producción mundial, mientras que Colombia tiene una producción de 1.120.068 t, con unos rendimientos promedio de 10,89, t/ha, como se muestra en la tabla 1.

El sistema productivo de yuca es relevante en la economía colombiana, especialmente para la región Caribe. Según estadísticas, en la región Caribe se encuentra un área cultivada que alcanza las 77.431 ha, localizadas principalmente en los departamentos de Sucre, Bolívar y Córdoba, lo que representa el 36,60 % de la producción nacional. Igualmente, la zona de los Llanos en Colombia ha impulsado el cultivo durante varios años, manteniendo así un área que alcanza las 27.713 ha, que genera cerca del 9 % de la producción nacional de este cultivo, especialmente en los departamentos de Meta, Vichada y Caquetá (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2021). Por su parte, el departamento del Cauca es el principal productor de almidón agrario de yuca en Colombia, con aproximadamente el 80 % de la producción nacional (Alarcón & Dufour, 1998). En 2021, el departamento del Cauca se ubicó en el noveno puesto a nivel nacional en producción de yuca, con 142.439 t de raíces frescas en 9.635 ha, y un rendimiento de 10,5 t/ha (EVA, 2021).

Tabla 1. Países productores de yuca a nivel mundial

País	Ranking	Producción (t)	Ranking	Área cosechada (ha)	Ranking	Rendimiento (t/ha)
Nigeria	1	60.001.531	1	7.737.846	77	8
R. D. Congo	2	41.014.256	2	5.036.492	62	8
Tailandia	3	28.999.122	3	1.426.920	15	20
Ghana	4	21.811.661	8	947.942	12	23
Indonesia	5	18.876.470	11	701.615	9	26
Brasil	6	18.205.120	5	1.214.015	32	14
Vietnam	7	10.487.794	12	52.363	20	20
Angola	8	8.781.827	9	917.294	55	10
Camboya	9	7.663.505	22	25.482	4	30
Tanzania	10	7.549.879	7	1.040.327	69	7
Colombia	39	1.120.068	33	102.823	46	11
Total		224.511.233		19.203.119		14

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Faostat (s. f.) 2021

El presente manual constituye un nuevo aporte técnico-científico de los investigadores de la Red de Raíces y Tubérculos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) al sector agrícola. Aquí se acopian los resultados de investigación más importantes de AGROSAVIA, así como de actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial de Colombia (SNCTA) y de otras entidades del orden técnico y de investigación nacional e internacional, sobre los procesos de producción de semilla de yuca de buena calidad, utilizando diversos sistemas: *in vitro*; escalamiento de plantas super élite, élites y obtención de semilla básica; regeneración en vivero de plantas élite; escalamiento en campo de plantas élite; selección de lotes de producción de semilla; manejo de plantaciones de yuca para producción de semilla básica, y otros métodos de macropropagación rápida de semilla de yuca, en cumplimiento de los requisitos para la certificación de semillas de yuca. Se espera que este manual sea de utilidad principalmente para productores con el fin de que conozcan el proceso inicial de producción de semilla de calidad, así como para asistentes técnicos como herramienta para el manejo agronómico de la semilla de calidad y para la toma de decisiones en el cultivo de yuca.



Capítulo I



Generalidades del cultivo de yuca

Taxonomía

La yuca pertenece al reino Vegetal, división Spermatophyta, subdivisión Angiospermae, clase Dicotyledoneae, orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihotae y género *Manihot*. Este género cuenta con más de 100 especies, que en su mayoría producen látex y ácido cianhídrico, aunque únicamente *Manihot esculenta* posee importancia económica (Suárez & Mederos, 2011). La clasificación entre las yucas amargas y dulces se basa por el contenido de ácido cianhídrico (HCN). Las yucas amargas se caracterizan por poseer mayor contenido de HCN (> 50 mg/L), mayor rendimiento de raíces frescas y una superior calidad de almidón, mientras que las yucas dulces tienen bajas concentraciones de HCN y son las predilectas para el consumo humano (Aguilar, 1991; Bonierbale et al., 1997; León, 1987).

Origen y distribución

Constituida por unas 7.200 especies, la familia Euphorbiaceae se caracteriza por su notable desarrollo de los

vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactocitos, siendo estos los responsables de la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia. Según Aristizábal y Sánchez (2007), su centro de origen es la cuenca amazónica y también pertenecen a esta familia numerosas malezas y plantas ornamentales.

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Cranz, en 1766, cuando posteriormente se clasificó (Pax, 1910; Pohl, 1827) como dos especies diferentes, dependiendo de si se trataba de yuca amarga (*M. utilissima*) o dulce (*M. aipi*). Además, se propone la división de la especie *M. esculenta* en tres subespecies: *M. esculenta*, *M. flavellifolia* y *M. peruviana*, y se sostiene que estas dos últimas subespecies son formas silvestres de la versión cultivada *M. esculenta* subsp. *esculenta* (Allem, 1995).

La yuca presenta una gran adaptación, ya que se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 1.800 m s. n. m., con temperaturas que fluctúan entre 20 y 30 °C, con un promedio de 24 °C como temperatura óptima; con humedad relativa entre 50 % y 90 %, y 72 % como la más favorable, y con precipitaciones anuales entre 600 y 3.000 mm, siendo los 1.500 mm la más propicia para su cultivo. En este sentido, el ciclo de desarrollo y crecimiento depende de las condiciones ambientales: en áreas cálidas, el periodo oscila entre siete y doce meses, mientras que en regiones con alturas entre 1.300 y 1.800 m s. n. m., su periodo vegetativo es mayor a los doce meses (Aguilar Brenes, 2017).

Área geográfica y entorno ambiental en Colombia

La yuca, al ser un cultivo tropical, muestra excelente adaptación a las condiciones agroecológicas de ciertas zonas de Colombia, lo que ha permitido que el país se ubique como el tercer productor de yuca de Latinoamérica. Este producto es el quinto bien agrícola con mayor volumen de producción después de la caña panelera, el plátano, la papa y el arroz (Parra, 2019). La yuca es cultivada y consumida en los 32 departamentos de Colombia, cuyos núcleos de producción se encuentran en la costa Atlántica, Cauca y los Llanos orientales. En la figura 1 se muestra la distribución de las áreas sembradas por cada uno de los departamentos.

Entre 2015 y 2018, Colombia produjo 2.8 millones de toneladas en un área cosechada de 259.931 ha, lo que evidenció una tendencia de crecimiento en área (4 %) y en producción (11 %) (Parra 2019). A pesar de este crecimiento, el rendimiento promedio en Colombia es bajo (11,34 t/ha), comparado con líderes mundiales como Tailandia (22 t/ha), y de la región, como Brasil (14 t/ha) y Paraguay (18 t/ha) (FAO, 2020).

En Colombia, se producen tanto materiales para el consumo de mesa o yucas dulces como yucas para la industria o yucas amargas, que son utilizadas en la industria para la producción de trozos secos, harinas y extracción de almidón.

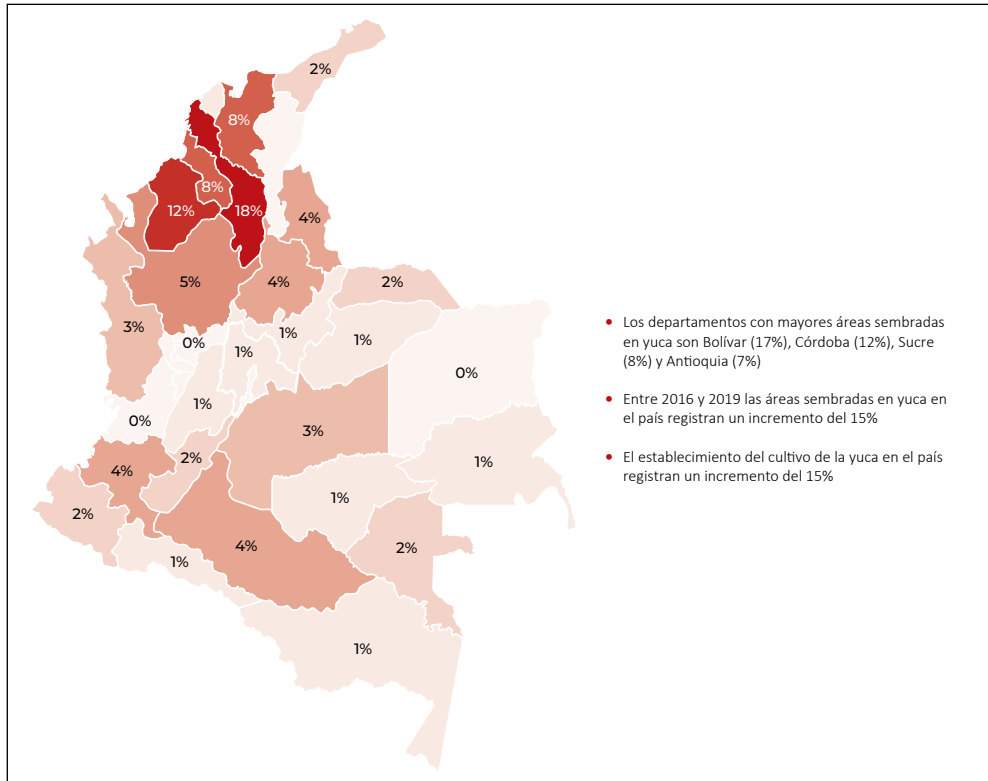


Figura 1. Áreas sembradas en yuca por departamento, 2019

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVAS_UPRA *Cifras preliminares

La región Caribe, que se ubica en el área norte de Colombia, es una de las más importantes del país gracias a su actividad económica. El mar Caribe baña gran parte de los departamentos de la región, conformada por 197 municipios, distribuidos en ocho departamentos, de los cuales Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre hacen parte del área continental, mientras que el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina conforma la franja insular. Según estadísticas del 2014, se estimó un total de 10.583.937 habitantes, del que 2,6 millones de personas corresponden a la población rural (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2017).

La producción de yuca en la región Caribe se caracteriza por la tradición de su cultivo tanto para el consumo en fresco como para la agroindustria (figura 2). Existen cifras crecientes de áreas establecidas en esta región que han pasado de 27.092 ha

establecidas, con una producción de 269.881 t en el 2007, a 34.669 ha, con una producción de 364.572 t en el 2017. Sin embargo, los rendimientos por hectárea no han variado debido a diferentes factores que han afectado la producción, especialmente en relación con el poco nivel tecnológico aplicado a este cultivo, así como la baja calidad de la semilla que se utiliza en esta región del país. Actualmente, la región Caribe participa con el 48,12% de la producción nacional y con el 54,71% del área cosechada (tabla 2). Por esta razón, se ha propuesto la producción de semilla de calidad para esta región del país.

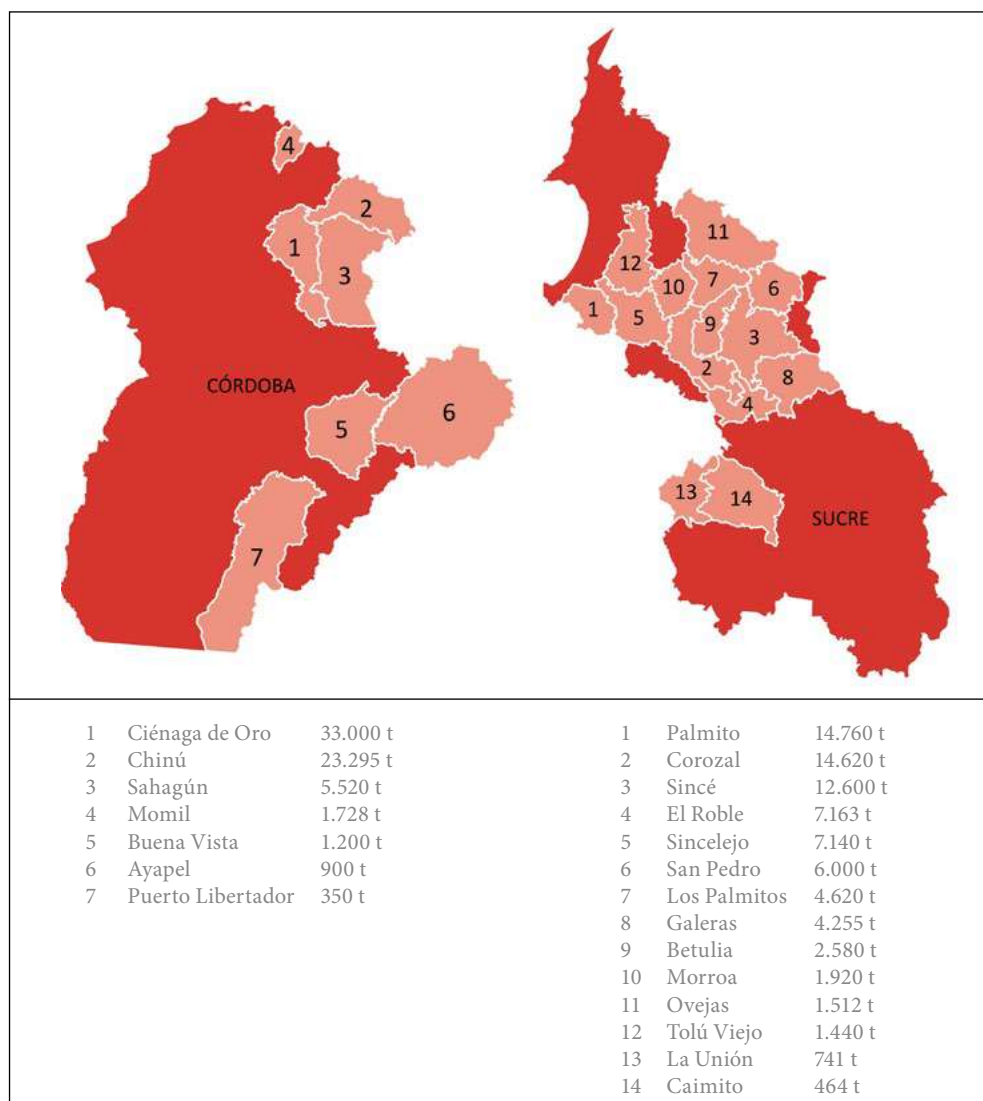


Figura 2. Producción de yuca industrial en municipios de Córdoba y Sucre 2021.

Fuente: Elaborado por Remberto Rafael Martínez Figueroa con base en información de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021)

Tabla 2. Estadísticas en la región Caribe de las variables de producción, área cosechada y rendimiento de yuca, 2017-2021

Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2017	214.111	190.851	2.150.444	11
2018	230.207	229.957	2.555.878	11,1
2019	244.025	239.931	2.864.540	11,3
2020	218.103	203.073	2.370.963	11,2
2021	211.515	198.871	2.263.815	10,7

Nota: Producción expresada en tubérculo fresco.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019)

Zonas de cultivo y épocas de siembra en la región Caribe

En Colombia, la mayor región productora de yuca es la región Caribe, con 125.199 ha sembradas, que corresponde al 48,12 % de la producción nacional, destacándose los departamentos de Bolívar, Sucre, Córdoba y Magdalena. Le siguen los Santanderes, Meta, Caquetá, Choco, Arauca y Cauca, con un rendimiento promedio de 11,34 t/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2019).

En Colombia se siembra por lo general en el primer semestre del año, con el inicio de las lluvias. En 2017, Corpoica llevó a cabo la caracterización del sistema productivo de yuca en diferentes subregiones sectorizadas por núcleos productivos, descritos a continuación:

- núcleo 1, perteneciente a la subregión Montes de María y cuyo sistema de producción predominante es en asocio, con los municipios de Los Palmitos, El Carmen de Bolívar y San Jacinto;
- núcleo 2, perteneciente a la subregión Sabanas Colinadas y cuyo sistema de producción es en asocio para consumo fresco, con los municipios de Chinú, San Andrés de Sotavento, Betulia, Sincé y Sampués;
- núcleo 3, perteneciente a la subregión Sabanas Colinadas y cuyo sistema de producción es monocultivo para uso industrial, con los municipios de Corozal, Chinú y Ciénaga de Oro;
- núcleo 4, perteneciente a la subregión Valle del Sinú (Medio Sinú) y cuyo sistema de producción es monocultivo para uso industrial, con los municipios de Cereté y San Pelayo, y
- núcleo 5, perteneciente a la subregión Valle del Sinú (Alto Sinú) y cuyo sistema de producción es en asocio para consumo fresco, con los municipios de Tierralta y Valencia.

Los estudios indican que para la siembra del cultivo de yuca la época más usual entre los productores, con excepción del núcleo 5, está comprendida entre los meses de abril y mayo (50 %, 67 %, 33 % y 100 % para los núcleos 1, 2, 3 y 4, respectivamente) (figura 3).

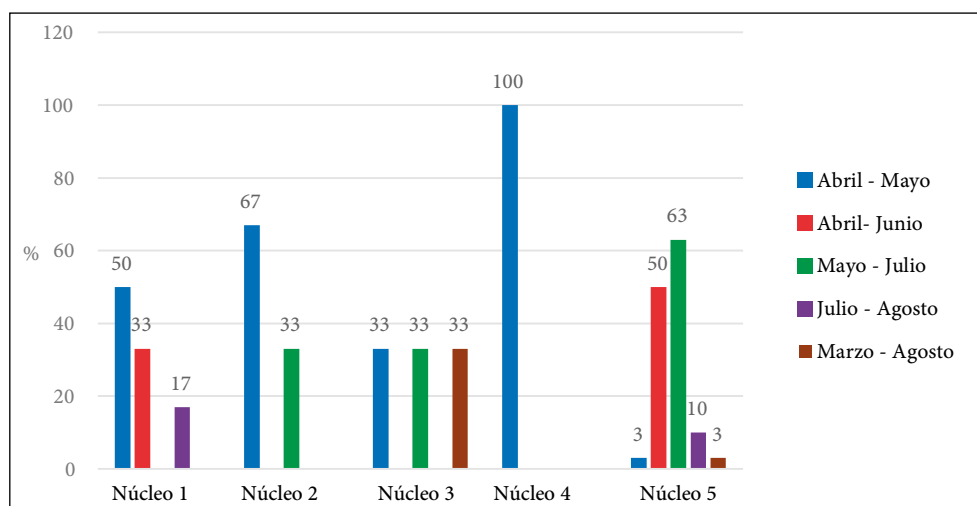


Figura 3. Épocas de siembra del cultivo de yuca utilizadas por los productores en la costa Caribe.
Fuente: Corpoica (2017)

En la figura 3, se observa que en los núcleos 1, 2 y 3 hay productores que amplían un poco más la época de siembra. Así, por ejemplo, en el núcleo 1 el 33 % de los productores siembra entre los meses de abril y junio, mientras que el 17 % ocupa la época de siembra del segundo semestre, entre los meses de julio y agosto; en los núcleos 2 y 3, un 33 % de los productores siembra en la época que va de los meses de mayo a julio, mientras que en el núcleo 3 el 33 % amplía un poco más la época de siembras entre los meses de marzo y agosto. Por otra parte, la mayoría de los productores del núcleo 5 siembra entre los meses de abril y julio (50 % en la época de abril-junio y un 63 % amplía hasta el mes de julio), un 10 % siembra con las lluvias del segundo semestre (julio-agosto) y un 3 % siembra desde marzo a agosto.

Variedades sembradas

En Colombia hay una gran variedad de materiales de uso industrial y de mesa que se establecen en las diferentes regiones del país (tabla 3). En la Costa Atlántica, el

material más usado industrialmente es la Corpoica M Tai, mientras que para el consumo de mesa el más usual es la variedad venezolana.

Tabla 3. Materiales comerciales de yuca que se existen en las diferentes regiones de Colombia

Región	Descripción	Cultivares	Usos
Caribe	Clima tropical entre semiárido y subhúmedo. Altura de 0-300 m s. n. m.; clima unimodal con estación seca prolongada. Temperatura > 24 °C y precipitaciones entre 700 y 1.500 mm/año.	Venezolana o MCol 2215	Mesa
		Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
		ICA negrita o CM 3306-4	Doble propósito
		ICA costeña o CG 1141-1	Doble propósito
		Corpoica M Tai	Industrial
		Corpoica Verónica o CM 4919-1	Industrial
		Corpoica Gines o CM 4843-1	Industrial
		Corpoica Caribeña o SGB 765-2	Mesa
		Corpoica Rojita o SGB 765-4	Mesa
		Corpoica Colombiana o CM 3306-19	Industrial
		Corpoica Orense	Industrial
		Corpoica BELLOTI	Industrial
		Corpoica ROPAIN	Industrial
		Corpoica SINUANA	Industrial
		Corpoica Caiseli	Doble propósito
		Corpoica SM2612-24	Producción de forraje
		Corpoica SM1438-2	Producción de forraje
		Corpoica SM1511-6	Producción de forraje
Corpoica SM2546-40	Producción de forraje		
Corpoica SM2081-34	Producción de forraje		
Corpoica SM2625-1	Producción de forraje		
Corpoica SM2769-11	Producción de forraje		
Cauca	Trópico medio. Altura de 800-1.200 m s. n. m. Temperatura de 24-28 °C. Humedad relativa alta. Precipitación de 1.000-2.000 mm/año. Clima bimodal.	Ica Catumare o CM 523-7	Doble propósito
		HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
		CMC 40 o MCol 1468	Mesa
		Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
		MBra 12	Industrial
		MPer 183	Mesa
		Corpoica La francesa	Industrial
		Corpoica Cumbre	Industrial

(Continúa...)

(Continuación tabla 3)

Región	Descripción	Cultivares	Usos
Orinoquía	Sabanas de suelos ácidos. Altura < 300 m s. n. m. Clima unimodal con estación seca prolongada. Temperatura > 24 °C. Humedad relativa alta. Precipitación de 1.500-4.000 mm/año.	ICA Catumare o CM 523-7	Doble propósito
		Corpoica reina o CM 6740-7	Doble propósito
		Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
		ICA Cebucan o CM 2177-2	Doble propósito
		HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
		Vergara o CM 6438-14	Doble propósito
		La roja o CM 4574-7	Industrial
		Forrajera o CM 507-37	Industrial
		Corpoica Melua 31	Industrial
Amazonía y Andén Pacífico	Trópico bajo. Estación seca leve y lluvias abundantes. Precipitación > 3.500 mm/año. Altura < 300 m s. n. m. Humedad relativa alta y constante.	Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
Eje Cafetero	Trópico alto. Altura de 1.300-2.000 m s. n. m. Temperatura de 20-24 °C. Precipitación de 1.500-2.500 mm/año. Régimen de lluvias bien distribuidas.	Chirosa o MCol 2066	Mesa
		HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
		MPer 183	Mesa
		Algodonosa o MCol 1522	Mesa
		Panameña o MCol 2261	Doble propósito
		Batata o MCol 2258	Doble propósito
		Sata Dovia o MCol 2059	Doble propósito
		Americana o MCol 2257	Doble propósito
Valle del Alto Magdalena	Trópico entre semiárido y subhúmedo. Altura de 100-1.000 m s. n. m. Clima bimodal. Temperatura > 24 °C. Humedad relativa muy baja. Precipitación de 900-2.300 mm/año.	Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
		ICA Catumare o CM 523-7	Doble propósito
		MBra 12	Industrial
		Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
		MVen 25	Industrial

Fuente: Elaboración propia con base en Cadavid (2011)

Capítulo II

Fenología del cultivo de yuca

La fenología se refiere a todos los cambios en la planta, que son resultado de su crecimiento y desarrollo. Estos cambios están influenciados por factores bióticos y abióticos: los bióticos son aquellos asociados a la biota del ecosistema e influyen en el desarrollo del cultivo; los abióticos dependen de las condiciones ambientales de la zona donde se establece el cultivo. En la región Caribe colombiana, donde predominan las temperaturas de clima cálido, el ciclo del cultivo de yuca tiene una duración que puede oscilar de ocho a diez meses después de siembra, y abarca desde esta etapa hasta la cosecha (Corpoica, 2017). El ciclo de crecimiento de la yuca se divide en tres etapas que se describen a continuación.

Etapa de crecimiento lento

Esta etapa inicia con la siembra y finaliza a los 60 días después de la siembra (dds). Su principal característica es que la estaca forma raíces y ocurre la brotación y formación de los tallos y las hojas (Aguilar-Brenes, 2017).

Etapa de máximo crecimiento

Esta fase va desde los 60 hasta los 150 dds. En este periodo, se da el crecimiento de tallos y hojas que coincide con la máxima producción de biomasa y mayor índice de área foliar. Igualmente, a los 75 dds se forman las raíces de almacenamiento y, subsiguientemente, la fase inicial del llenado o engrosamiento de esas raíces (Aguilar-Brenes, 2017; Cock & El-Sharkawy, 1988; Rosas et al., 1976).

Etapa de senescencia

Esta etapa fenológica transcurre a partir de los cinco meses contados desde la siembra hasta momento de cosecha; para el caso de la yuca dulce “Valencia”, ocurre cuando el ciclo del cultivo está bastante avanzado, alrededor de los 240 a 300 días. Los cambios se observan en la parte superior de las plantas, básicamente porque hay una disminución progresiva del crecimiento del tallo y de las hojas que, aunque se mantienen en número, tienen una lámina foliar menor. Solo después de los siete meses (210 días del ciclo) empieza el envejecimiento foliar, lo que se superpone con el proceso de llenado de las raíces reservantes, momento en el que las movilizaciones de fotosintatos desde las estructuras aéreas son abundantes hacia estos órganos subterráneos (Quirós-Argüello & Salas-Gil, 2006). En la figura 4, se presenta el ciclo de crecimiento de la yuca a través de sus fases vegetativas (Hernández, 2014).

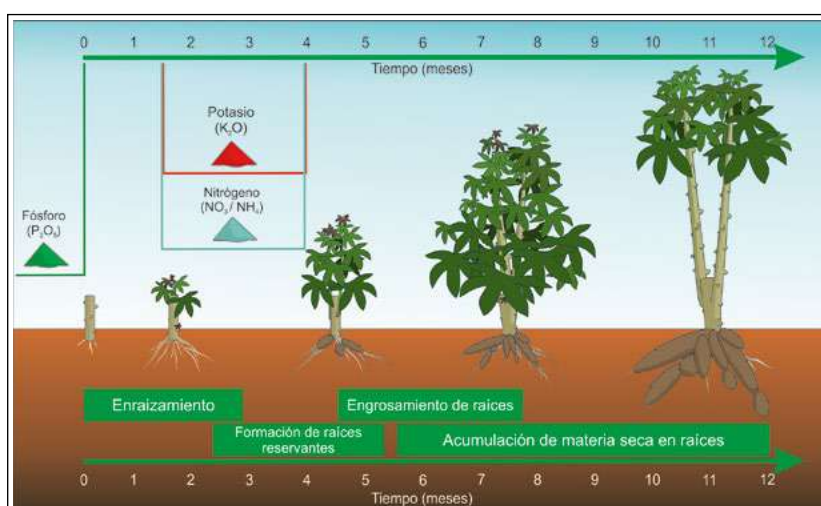


Figura 4. Ciclo de crecimiento de la yuca.

Ilustración: Remberto Rafael Martínez Figueroa

Durante el proceso de crecimiento de las raíces tuberosas también se pueden diferenciar tres etapas:

- *Fase de tuberización.* Esta fase va desde los 30-45 dds hasta los 90-120 dds. Allí se define el número de raíces y se determina la cantidad que engrosará, iniciando con el proceso de acumulación de materia seca y almidón (Aguilar-Brenes, 2017).
- *Fase de engrosamiento.* Empieza a los 90-120 dds y termina a los 180-210 dds (Ospina & Ceballos, 2002).
- *Fase de acumulación.* Comienza al quinto o sexto mes y se prolonga hasta el final del ciclo. Esta fase es muy importante, ya que si se afecta el área foliar se puede ver afectada la materia seca (Cadavid, 2011).



Capítulo III

Propagación de la yuca

El medio de propagación de la yuca más usado en cultivos tradicionales y comerciales a nivel mundial es el asexual, mediante el uso de estacas procedentes de tallos maduros (Pérez et al., 2019). En este capítulo, se expondrá dicho método de propagación.

Producción tradicional de estacas (semilla) de yuca en la región Caribe

En la región Caribe, las varas o semillas de yuca se movilizan a nivel local y se obtienen a partir del sistema tradicional de producción (cultivo anterior), que tiene como principal objetivo conseguir raíces tuberosas y no material de propagación de buena calidad. Para el establecimiento de un lote de yuca, las estacas o semillas se obtiene de cultivos anteriores o lotes vecinos. Asimismo, como criterio de selección, el productor toma las varas de las plantas de yuca al momento de la cosecha y selecciona solo los tallos que presenten madurez fisiológica adecuada; además, descarta las varas que presentan un color muy oscuro en la base, ya que significa que son tallos muy lignificados y no brotarán a la hora de

la siembra; también descartan semillas que presenten perforaciones causadas por insectos (*Chilomima*) o pudriciones causadas por enfermedades. Esta actividad se hace al momento de la cosecha y, por lo general, es realizada paralelamente a la recolección de las raíces.

Por otra parte, la norma específica para producción de semilla de yuca exige que, al momento de la cosecha, se arranquen plantas completas para poder verificar la calidad de las raíces y hacer una buena selección: si la planta tiene problemas a nivel de raíces, es mejor descartar el material para semilla. No obstante, cuando un productor paga por el corte y acarreo de la semilla, el personal no tiene en cuenta los aspectos mencionados, porque el contrato se pacta en función de la cantidad de semilla almacenada y no de su calidad.

Por lo general, los productores almacenan en mazos con un máximo de 40 unidades y son puestas a la sombra, preferiblemente debajo de un árbol para ser protegidos del sol, con el fin de evitar la deshidratación hasta el momento de la siembra, como se observa en la figura 5.



Foto: Shirley Pérez Cantero

Figura 5. Almacenamiento de semilla de yuca por productores

Pese a todos los esfuerzos del productor por conservar el material de siembra, la presencia de plagas y enfermedades, sumada al efecto negativo de factores abióticos que ejercen sobre los tallos almacenados, puede favorecer la disminución de la calidad de las estacas y, por ende, conllevar bajos rendimientos de raíces frescas de yuca.

Calidad de la semilla

La producción de semilla de calidad es la suma de varios factores que en su conjunto llevan a obtener el producto final: una semilla de buena calidad. A continuación, se describen dichos factores:

- *Genético*. Obedece a la descripción varietal; es preciso saber cuál es el material que se va a establecer, así como su pureza.
- *Fisiológico*. La estaca debe tener una madurez fisiológica que garantiza un alto porcentaje de brotación, lo que incide en el vigor del cultivo.
- *Sanitario*. El material que se va a usar como inicial debe estar libre de patógenos que puedan afectar su calidad.
- *Físico*. Características fenotípicas del material, como color, altura, número de estacas por planta, entre otras.

Por otra parte, en su mayoría los productores tienen conocimiento sobre este tema, asociando la calidad de la semilla con el vigor y el rendimiento de raíces frescas, tanto para los sistemas de producción monocultivo como en asocio. Una muestra de ello son los resultados obtenidos en evaluaciones participativas de modelos de manejo integrado del cultivo (MIC), donde generalmente los productores asocian el buen vigor, la calidad de raíces y la semilla buena al modelo oferta, que representa una serie de prácticas deseables de manejo de la semilla, mientras que el modelo tradicional del productor se asocia a la calidad de raíces y semillas regulares (Corpoica, 2017).

Cuando no se cumplen las buenas características de la semilla antes mencionadas, se pueden presentar problemas fitosanitarios, que se ven reflejados especialmente en los bajos porcentajes de brotación y, a causa de esto, en la disminución de la densidad de la población de plantas por unidad de área; sumado a esto, los lotes de yuca se pueden convertir en focos de diseminación de enfermedades y disminución en la producción.

Uno de los principales inconvenientes que presenta el sistema productivo de yuca es la poca disponibilidad del material de siembra de calidad, unas prácticas de almacenamiento no deseables y la baja tasa de multiplicación en comparación con otros cultivos. Por consiguiente, las organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo de tecnologías en el sector agrícola han perfilado sus esfuerzos en desarrollar procesos de producción de semilla de alta calidad.

Sistema de propagación *in vitro* o micropropagación

La técnica de multiplicación *in vitro* de yuca por medio de cultivo de explantes permite la micropropagación y multiplicación del material vegetal para la obtención de plántulas (Roca, 1984). El sistema de propagación a través de *vitroplantas* se caracteriza por presentar unas ventajas comparativas:

- Mayores tasas de multiplicación en periodos más cortos.
- Altos grados de uniformidad genética, fenotípica y de tamaño.
- Producción de grandes volúmenes de plantas en espacios reducidos.
- Obtención de plantas sanas (libre de virus y agentes patógenos).
- Reducción de costos y riesgos de almacenar germoplasma *in vivo*.
- Intercambio de germoplasma.

Se distinguen dos sistemas de propagación *in vitro* en yuca: el primero, mediante el uso de meristemos apicales (Konan et al., 1997; Roca, 1984) o a través de cultivo de “roseta” (Roca, 1984), el más común y el que más se utiliza en la propagación de plántulas; el segundo, a partir de embriones somáticos, generados de hojas jóvenes o de meristemos apicales (Szabados et al., 1987). Este último método podría ser más eficiente, si se lograra la conversión de embrión a planta y se probara la persistencia genética del material regenerado. No obstante, este procedimiento se usa mucho por ser muy eficiente en la transformación genética y a futuro se puede llegar a usar para la elaboración de semilla sintética de yuca.





Capítulo IV

Proceso de producción de semilla de yuca de alta calidad

A continuación, se muestra el proceso que le permite a un productor y comercializador de semilla obtener un material de siembra de buena calidad. El procedimiento inicia con la selección de las variedades que desean multiplicar, ya sea por demanda en el sector o porque se quiere rescatar algún material promisorio; finaliza con el manejo agronómico del cultivo para la producción de la semilla en sus diferentes categorías según la norma.

Origen del material vegetal inicial

El material vegetal puede provenir de plantas madre, lugares de origen, bancos de germoplasma, de otros laboratorios o de centros de investigación. Si el material que se desea multiplicar se encuentra en lotes, se hace la selección de plantas madre con características sobresalientes (alto rendimiento, sin problemas fitosanitarios, entre otros). Estas plantas se escogen y los tallos son cortados en esquejes o estacas de 20 cm de largo, con cinco o seis entrenudos; luego se desinfectan sumergiéndolas por cinco minutos en una mezcla de fungicida e insecticida para su posterior envío al

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), para la limpieza e indexación de los materiales seleccionados. Estos materiales son regresados *in vitro* para iniciar el proceso de multiplicación en el laboratorio de AGROSAVIA para su multiplicación; por otra parte, cuando el material que se desea propagar proviene del CIAT, campos de evaluación de AGROSAVIA, laboratorios de micropropagación regionales, entre otros, el proceso de micropropagación se inicia *in vitro* y el material recibido debe venir certificado como libre de virus.

Recepción del material de siembra

Cuando se reciben explantes que vienen de bancos de germoplasma u otros laboratorios, estos ingresan al laboratorio del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, en tubos de ensayo debidamente codificados y sellados para iniciar el proceso de multiplicación (figura 6); por el contrario, si el material vegetal se encuentra en invernadero del C. I. Turipaná con todas las medidas para el manejo de plagas y enfermedades, los explantes de yuca son seleccionados y entran al laboratorio para recibir un proceso de desinfección y, a su vez, se toman muestras y se envían a la entidad encargada para su diagnóstico de virus.



Foto: Amaury Espitia Montecinos

Figura 6. Material proveniente del Banco de Germoplasma del CIAT.

Registro de datos del material para siembra

Posteriormente, se procede a abrir la hoja de vida del material inicial en el Sistema Interno de Trazabilidad (SIT) de AGROSAVIA, y se asigna una etiqueta según la especie, identificada con la codificación del material vegetal. Estos materiales se dejan en el laboratorio, por un tiempo no menor a ocho días para su aclimatación, luego de lo cual se inicia el proceso de introducción de explantes.

Proceso de multiplicación *in vitro* (laboratorio de cultivo de tejidos)

En el laboratorio de tejidos, la introducción de explantes se refiere al proceso de preparación de los explantes para luego iniciar su multiplicación. A continuación, se indicará su procedimiento:

Preparación de plántulas para obtención de explantes

La preparación de las plántulas *in vitro* de yuca comienza con su extracción de los tubos o frascos y se lavan con agua destilada para eliminar el exceso de medio de cultivo; posteriormente, se colocan sobre papel o servilleta estéril o directamente sobre las cajas de Petri; después, se dividen en segmentos nodales con mínimo uno y máximo tres nudos, separando los explantes apicales de los axilares (figura 7).



Foto: Amaury Espitia Montes

Figura 7. Preparación de explantes para multiplicación.

Desinfección del material

Para el caso de plantas que se encuentran en el invernadero del C. I. Turipana de AGROSAVIA, se utilizan explantes de los segmentos provenientes de los dos primeros tercios de la planta, los cuales deben tener un tamaño de 1-1,5 cm de longitud, con los que se lleva a cabo el siguiente paso a paso:

- a. Los explantes traídos del invernadero se introducen en agua destilada durante diez minutos.
- b. Se lavan con detergente y se enjuagan con agua destilada tres veces.
- c. Los explantes desinfectados se sumergen en una solución de polividona yodada al 1 % durante 15 minutos, y se enjuagan nuevamente con agua destilada.
- d. Por último, los explantes son llevados a la cámara de flujo laminar, donde se introducen en hipoclorito al 2 % durante diez minutos y se enjuagan tres veces con agua destilada (figura 8).

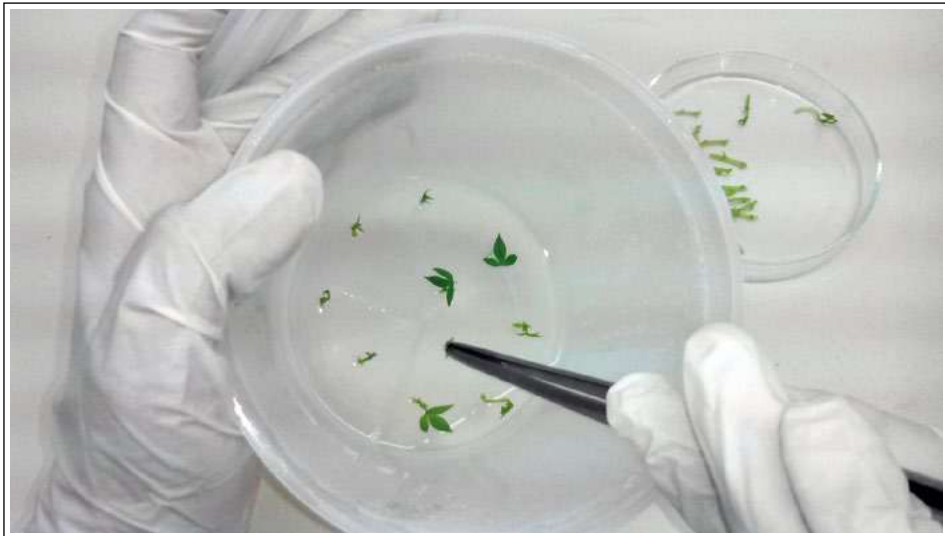


Foto: Amaury Espita-Montes

Figura 8. Proceso de desinfección de material inicial de yuca.

Siembra de explantes

Previo al proceso de siembra, se prepara el medio de cultivo ya estandarizado para establecimiento, el cual contiene sales MS (Murashige & Skoog, 1962), y se complementa con 1 mg de tiamina, 100 mg de mioinositol, 30 g de sacarosa, 6 g de agar o 2 g de phytigel y un pH de 5,8 esterilizado durante 20 minutos, tapado y sellado en condiciones de asepsia (Procedimiento Operativo Estándar [POE], 2019). Se pueden utilizar dos tipos de recipientes para la siembra, contenedores de 750 mL, donde se pueden sembrar de 10 a 15 explantes por contenedor, o frascos donde se siembra un explante por frasco; adicionalmente, se marcan los recipientes con la codificación asignada al material vegetal (figura 9).



Fotos: Amaury EspitiaMontes

Figura 9. Siembra de explantes de yuca para su multiplicación.

Los frascos o contenedores se disponen en un cuarto de crecimiento o incubación a una temperatura de 26-28 °C y de 10-12 h de fotoperiodo (figura 10). Se abre una hoja de historial del material vegetal y se registra la información



Foto: Amaury EspitiaMontes

Figura 10. Material de yuca en cuartos de crecimiento. a. Desarrollo en frascos; b. Desarrollo en contenedores.

De manera rutinaria durante el tiempo de incubación, se deben observar los contenedores para notar si se presenta contaminación o cualquier otra característica de no conformidad en los materiales; en consecuencia, el producto no conforme (PNC) se reporta en los formatos vigentes de AGROSAVIA y se dispone en el sitio asignado del laboratorio para llevar a cabo el procedimiento de descarte de material.

Multiplicación del material vegetal

Pasadas cuatro semanas, una vez los explantes tengan un tamaño igual o superior a 1,5 cm, estos se llevan a fase de multiplicación. Este proceso se realiza con el objeto de aumentar la cantidad de semilla que se desea llevar a invernaderos y posteriormente a campo, según sea la demanda del material vegetal. Para esto se deben seguir los siguientes pasos.

División de segmentos

El material vegetal procedente de la fase de establecimiento se coloca sobre papel o servilleta estéril. Con la ayuda de un bisturí, se retiran las hojas secas, las raíces y parte del tallo del brote para así obtener un explante de 1 cm de largo aproximadamente. Si algún explante forma brotes, estos se separan cuidadosamente y se limpian con el

mismo procedimiento; además, se dividen los segmentos nodales con mínimo uno y máximo tres nudos, separando los explantes apicales de los axilares (figura 11).



Foto: Amary Espitia Montes

Figura 11. División de segmentos para obtención de explantes.

Siembra de explantes en contenedores

Se deben sembrar de 10 a 15 explantes por contenedor de 750 mL en medio de cultivo para multiplicación que contiene MS (Murashige & Skoog, 1962) complementado con 1 mg de tiamina, 100 mg de mioinositol, 30 g de sacarosa, 0,5 mg de ácido 1-naftalenacético (ANA), 6 g de agar y un pH de 5,8 (POE, 2019). Los contenedores se tapan y sellan en condiciones de asepsia, y se marca el contenedor con la codificación asignada al material vegetal (figura 12).



Foto: Amaury Espitia Montes

Figura 12. Siembra de explantes de yuca en contenedores.

Los contenedores se llevan a cuarto de crecimiento para incubación por entre tres y seis semanas a 26-28 °C de temperatura, con 10-16 h de fotoperiodo. Desde el mismo momento en que el material es trasladado al cuarto de crecimiento hasta el siguiente cambio de fase, se debe monitorear frecuentemente el comportamiento de los explantes para cerciorarse de que presente una respuesta positiva en cuanto a formación de plántulas con buen desarrollo y vigor, así como para identificar si se presenta contaminación o cualquier otra característica que aplique a no conformidad en los materiales. En caso de ser así, se debe registrar el PNC en los formatos vigentes y se ubica en el sitio asignado para su disposición y para llevar a cabo el tratamiento respectivo.

El procedimiento de multiplicación del material vegetal descrito anteriormente se repite cada tres a seis semanas hasta obtener la cantidad de plantas requerida; se debe llevar registro de ingreso, aumento y salidas de material del laboratorio según la Resolución 3168 de 2015 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) o aquella que la modifique o sustituya; asimismo, es preciso tener en cuenta que a todo el material

que salga del laboratorio de cultivo de tejido se le realizarán muestreos para llevar a cabo un diagnóstico de virus que garantice la sanidad vegetal.

Al cumplir las cantidades de plantas requeridas, se seleccionan los contenedores con plantas bien desarrolladas, es decir, que cumplan con las siguientes características: 5-10 cm de altura; buen desarrollo de la parte aérea (mínimo cuatro hojas); adecuado sistema radicular (de seis a ocho raíces) y sin contaminantes. Estas se llevan al área de preparación de material vegetal, se procede a sacar las plántulas del contenedor y se lavan cuidadosamente sus raíces con agua destilada para eliminar residuos de medio de cultivo; después se sumergen en un fungicida protectante durante 2-3 min —por lo general, se usa oxiclورو de cobre— (figura 13). Para continuar con el proceso, se separan las plántulas según los tamaños indicados anteriormente, se envuelven en papel húmedo y se trasladan en canastillas hasta el invernadero, para iniciar el proceso de endurecimiento (figura 14).



Foto: Amaury Espitia Morales

Figura 13. Selección y desinfección de material vegetal.



Foto: Amaury EspitiaMontes

Figura 14. Plántulas que cumplen con las condiciones deseadas para llevar a invernadero.

De acuerdo con la Resolución 3168 de 2015 del ICA, estas plántulas reciben el nombre de *material micropropagado*.

Endurecimiento de plantas de yuca de procedencia *in vitro* en invernadero

Durante la fase de micropropagación clonal *in vitro* a nivel de laboratorio, las vitroplantas se manipulan en un ambiente artificial para su endurecimiento y adaptación a condiciones ambientales normales, y deben ser llevadas a otro medio para que puedan iniciar su actividad fisiológica. Las vitroplantas de yuca deben poseer unas especificaciones mínimas para que puedan ser trasladadas a invernadero (figura 15), tales como una altura de 5-7 cm; 3 a 4 hojas formadas, y raíces y tallos de buen aspecto y vigor.



Foto: Shirley Pérez Cantero

Figura 15. Siembra de plántulas en invernadero núcleo.

Se debe preparar un sustrato compuesto por una mezcla de aluvi3n, arena y lombrabono en proporciones de 85 %, 10 % y 5 %, respectivamente, previamente esterilizado, con el que se procede a llenar bandejas de 24 alveolos donde se siembran las plántulas; a su vez, se calibra la entrada de luz: inicialmente se deja filtrar un 30 % de luz solar y la humedad del ambiente durante la primera semana se mantiene en un 90 % de saturaci3n; por otra parte, la temperatura se mantiene en un rango de 25-32 °C, que dependerá del desarrollo de las vitroplantas. En este periodo, se hace una aplicaci3n foliar con fertilizante compuesto NPK, en dosis de 2 cm³/L, cuya aplicaci3n debe hacerse en el último riego de la tarde. Para el manejo de enfermedades, es preciso aplicar azoxystrobin en dosis de 1 cm³/L durante las dos primeras semanas y un tratamiento insecticida con tiametoxam en dosis 2 g/L agua.

En la segunda semana se cambia la polisombra y se deja una del 40 %; se mantiene la humedad relativa mayor al 80 %; se hacen aplicaciones a los sustratos con fertilizantes compuestos, y se comienzan a hacer aplicaciones con fungicidas cada diez días, procurando rotar los productos utilizados para evitar resistencia de los pat3genos, hasta iniciar la cuarta semana.

Durante la cuarta y quinta semana, se mantiene la humedad relativa mayor al 65 %; se disminuye la frecuencia de los riegos y se aumentan las condiciones de luminosidad. Las plantas deben tener un tamaño de 8-10 cm para pasar a la fase de vivero, que dura entre 30 y 40 días con una luminosidad del 60 %. Se aplican dos riegos

manuales en la mañana y en la tarde, y se hacen aplicaciones de fertilizantes granulados al sustrato; para que las plantas estén listas para ir a campo, el tamaño debe ser 15-20 cm.

Al final del proceso, es necesario realizar análisis de calidad al material vegetal micropropagado, principalmente respecto a *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*, *Sphaceloma manihoticola* y enfermedades de tipo viral (por ejemplo, análisis serológico), que debe cumplir con las tolerancias referidas en el Anexo 1 de la Resolución 3168 de 2015 del ICA, o aquella que la modifique o sustituya, para la producción de semilla certificada de yuca. Por otro lado, este material de siembra recibe el nombre de *súper élite* (SE), ya que es el material que procede del proceso de micropropagación.

Escalamiento de plantas de yuca SE (invernadero)

Con el fin de reducir los costos de las plántulas de origen *in vitro*, en el invernadero se recomienda realizar el proceso de aumento de material vegetal, a cuyo procedimiento se le denomina *escalamiento*, que se describe a continuación. A las plantas que se encuentran en las bandejas se les corta la parte apical de los tallos, de tal manera que le queden de dos a tres yemas, para que produzca nuevos brotes. Con la parte apical, se preparan esquejes de una a dos yemas; se pone la base del esqueje en contacto con la hormona enraizadora ANA y se siembran en otras bandejas con sustrato previamente desinfectado, para regenerar nuevas plantas, siguiendo el proceso de endurecimiento antes mencionado. De esta manera, la población de plantas SE puede duplicarse con frecuencia de cuatro a cinco semanas, manteniendo una eficiencia mínima del 95 % en la regeneración. Después de 30 días del proceso de multiplicación por esquejes, las plantas regeneradas y las donantes están listas para una nueva multiplicación. Se recomienda realizar dos multiplicaciones en invernadero por planta micropropagada; es decir, pasadas dos multiplicaciones, el material debe pasar a vivero y campo para que continúe con el ciclo de crecimiento y desarrollo (figura 16).

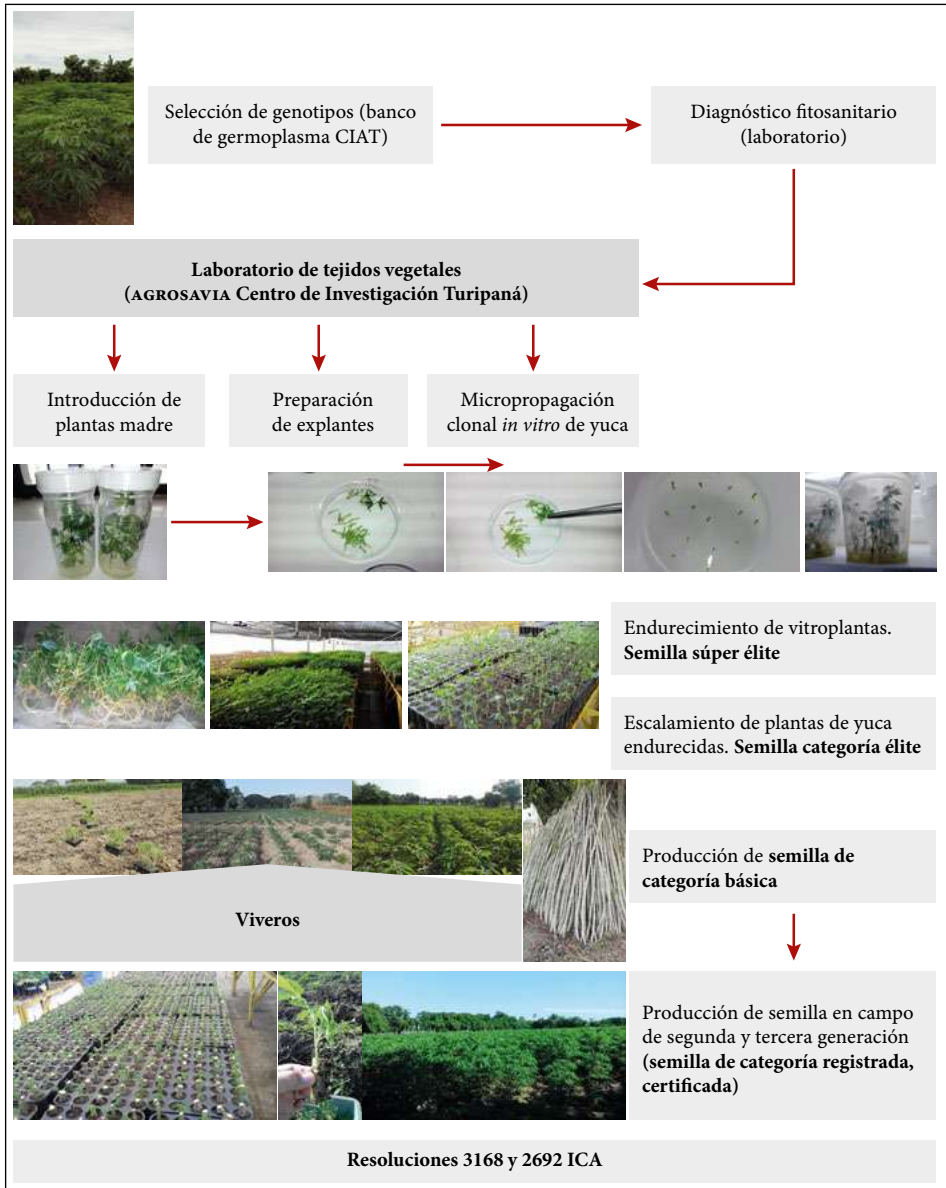


Foto: Amaury Espitia Montes

Figura 16. Plántulas endurecidas con condiciones para ser trasladadas a campo.

Entrega de material o salida a vivero

Cuando el material se va a enviar a los viveros que se encuentren en ciudades diferentes, en localidades o fincas de productores, se debe tener un formato para el envío y recibo a conformidad del material de siembra que contenga la fecha, el número de envío y las especificaciones de la entrega (plantas en buen estado de raíz, hoja, tamaño y color), con el objeto de mantener la trazabilidad del material; de forma paralela, las plantas se empacan a raíz desnuda en papel húmedo en cajas de cartón, con una etiqueta adherida con la información correspondiente. La figura 17 representa la secuencia lógica de cada una de las actividades que se desarrollan durante el proceso de producción de material vegetal micropropagado *in vitro* de yuca en las etapas correspondientes.



Fotos: Shirley Pérez Cantero y Amaury Espitia Montes

Figura 17. Proceso de producción de material vegetal micropropagado de yuca *in vitro*.

Fuente: Elaboración propia

Multiplicación de plantas élite por medio de esquejes en vivero

En esta etapa, las plantas pasan a ser manejadas en condiciones de viveros localizados en fincas de productores, y reciben el nombre de *plantas élite*, sencillamente

porque están en mayor interacción con los factores climáticos y bióticos del medio. Las plantas son trasplantadas a germinadores o a bolsas en el vivero, con el fin de que se adapten al nuevo ambiente durante dos semanas, para luego continuar con el proceso de escalamiento descrito anterior o finalmente llevarlas a campo (figura 18).



Foto: Sol Mara Regino Hernández

Figura 18. Plantas élite de yuca en viveros locales.

El vivero no es más que un espacio destinado para el proceso de aclimatación de las plantas SE y debe tener una cobertura con polisombra en la parte superior, que le permita regular la incidencia de luz solar; además, debe estar encerrado con alambre o malla para aislarlo de los animales domésticos. Se deben construir o adecuar camas de germinación para la siembra de plántulas y permitir su crecimiento para dar inicio al proceso de escalamiento. El vivero requiere de agua para riego, que debe ser de buena calidad para evitar problemas de sales o residuos de agroquímicos y agroindustria; dependiendo de la disponibilidad, se puede instalar un sistema de riego o también se pueden utilizar regaderas.

Trasplante a sitio definitivo o campo

Cuando las plantas cumplen el periodo de invernadero y vivero (120 días), son llevadas a campo. La siembra de las plantas élite sirve para la obtención en campo de semilla de categoría básica (primera generación), registrada (segunda generación) y

certificada (tercera generación); para tal fin, se requiere de condiciones de manejo diferentes a las aplicadas para la producción comercial, que se presentan a continuación.

Selección y preparación del terreno

El cultivo de yuca requiere suelos de texturas francas, profundos, bien drenados, con buena fertilidad natural y libres de obstáculos, que faciliten el normal desarrollo de las raíces tuberosas y su cosecha (Aguilar-Brenes, 2017). Para la producción de semilla, el terreno no debió estar sembrado con yuca en el año anterior y debe estar aislado como mínimo 500 m de lotes comerciales, con el fin de evitar riesgos de contaminación con otras variedades, plagas y enfermedades (ICA, 2015). Se recomienda realizar un análisis completo al suelo para conocer sus requerimientos; se debe preparar haciendo dos pases de rastra pesada más un caballoneo para la subregión valle del Sinú (figura 19), y un pase de arado de disco más un pase de rastra para la subregión Sabanas del Caribe —colinadas, con suelos de texturas arenosa y franca— (figura 20). Asimismo, se debe inscribir el lote para producción de semilla ante el ICA.



Foto: Sol Mara Regino Hernández

Figura 19. Preparación de suelos para cultivo de yuca.



Foto: SolMara Regino Hernández

Figura 20. Suelo preparado con un pase de arado de disco más un pase de rastra.

Densidad de siembra

Según la Resolución 3168 de 2015 del ICA, la densidad de siembra para la producción de semilla de yuca es de 10.000 platas por hectárea. Esta disposición se debe respetar, ya que es uno de los requisitos necesarios para su producción. Si se aumenta la densidad de siembra, baja considerablemente el grosor de los tallos y su calidad fisiológica para la producción de material vegetal.

Control de malezas

Una disminución en el rendimiento final de raíces puede ser ocasionada por la competencia de malezas. Esto es un hecho comprobado tanto en yuca como en otros cultivos. Pero esta condición también afecta en proporción similar la producción de estacas (Ospina & Ceballos, 2000).

Es importante realizar un adecuado y oportuno control de malezas, mediante técnicas manuales, químicas o mixtas, de acuerdo con las condiciones y agresividad de las malezas. El periodo crítico de este cultivo ocurre en los primeros tres meses después de la siembra (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1991); sin embargo, es

importante el control de malezas tipo enredadera que afectan considerablemente los tallos de las plantas de yuca. Para un manejo más amigable con el ambiente, se puede utilizar un herbicida preemergente y, posteriormente, la combinación de controles manuales realizando plateos de la planta acompañados con aplicación de herbicidas posemergentes y controles mecánicos con guadaña entre las calles y el área perimetral.

Fertilización

Howeler (2001) y Cadavid (2011) indican que la fertilización de la yuca no solo aumenta los rendimientos, sino que produce plantas más vigorosas y con mayor área foliar, lo que mejora la cobertura del suelo, lo protege del impacto de las gotas de lluvia y disminuye los riesgos de erosión.

La yuca es un cultivo altamente extractivo, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El orden de extracción de los nutrimentos es el siguiente: $K > N > Ca > Mg > P$. En algunos casos, cuando los suelos son muy fértiles o no han sido utilizados en agricultura, los productores no ven la necesidad de fertilizar, pero lo que se recomienda es realizar una fertilización de reposición para evitar su agotamiento a través del tiempo (Aguilar-Brenes, 2017). El cultivo de yuca tiene unos requerimientos nutricionales que se muestran en la tabla 4. Además, en las tablas 5 y 6 se presentan otros requerimientos del cultivo presentes en la literatura.

Tabla 4. Nutrientes extraídos por la yuca según su rendimiento

Nutriente	Extracción (kg/ha) para RRF*	
	Estimado (15 t/ha)	Ponderado (30 t/ha)
N	66,3	132,6
P	10,1	20,1
K	53,7	107,4
Ca	20,4	40,8
Mg	12,3	24,6

*RRF: rendimiento de raíces frescas.

Fuente: Elaboración propia con base en Ospina & Ceballos (2002)

Tabla 5. Demandas nutricionales para el cultivo de yuca

Para una producción de 25 toneladas de raíces/ha, se retira del suelo aproximadamente	
N	55 kg
P ₂ O ₅	26 kg
K ₂ O	105 kg
CaO	25 kg
MgO	16 kg

Fuente: Elaboración propia con base en Cadavid (2011)

Tabla 6. Extracción total de una planta de yuca del suelo

Las plantas en total extraen del suelo...	
N	174 kg/ha
P ₂ O ₅	72 kg/ha
K ₂ O	200 kg/ha
CaO	100 kg/ha
MgO	42 kg/ha

Fuente: Elaboración propia con base en Cadavid (2011)

La aplicación de las fuentes nitrogenadas y de potasio deben realizarse entre las etapas fenológicas dos y tres del desarrollo del cultivo (30 dds y 90 dds), mientras que las aplicaciones de fósforo deben hacerse obligatoriamente al momento de la siembra, preferiblemente durante la preparación del suelo en el último pase de rastra.

Manejo de plagas y enfermedades

Para el manejo integrado de plagas y enfermedades, se debe hacer el monitoreo constante preventivo para evitar daños por plagas o patógenos que afecten la sanidad de las plantas; en caso tal de que se presente algún ataque, se deben tomar las medidas necesarias y realizar las aplicaciones correspondientes.

A continuación, se describen las plagas más importantes que atacan al cultivo de la yuca en suelo, tallos y follaje:

Plagas del suelo

Chisas *Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* sp. y *Anomala* sp.

Este insecto también es conocido como mojoy, y son larvas de coleópteros de color blanco y en forma de C (FIDAR, 1998). Cuando el ataque se da en las plantas jóvenes (uno a tres meses), se presenta marchitez de las hojas y las plantas mueren debido a que las larvas toman el alimento de la corteza de la base del tallo, lo que genera galerías dentro de la estaca y bloquea el traslado de nutrientes hacia la parte superior de la planta; asimismo, consumen las raíces que se están formando (Bellotti & Van Schoonhoven, 1978).

Se pueden utilizar los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* y la bacteria *Bacillus popilliae* como control biológica, causante de la enfermedad lechosa de las chisas, mientras que como control químico se pueden hacer aplicaciones de insecticidas al suelo.

Trozadores de superficie: *Agrotis ipsilon*

Las larvas tienen color gris oscuro manteniendo una apariencia aceitosa o de color marrón con rayas de colores claros. El daño que causa es que troza la planta próxima al suelo, de tal manera que la deja doblada sobre este (Bellotti et al., 2002) para realizar el control, se pueden utilizar cebos envenenados que deben ser aplicados en la superficie del suelo; también pueden controlarse con aplicaciones de insecticidas en polvo alrededor de la estaca.

Comejenes *Heterotermes tenuis* y *Coptotermes* sp.

Estas plagas atacan la yuca dañando las raíces engrosadas y generando pudriciones posteriores. Es necesario proteger las estacas al momento de establecer el cultivo para garantizar un buen desarrollo de brotes y una buena emergencia de plantas. La protección consiste en tratamientos combinados de fungicida e insecticida, seguidos de monitoreo constantes, de tal manera que si se presenta un ataque de estos insectos se pueda controlar con la aplicación de insecticidas en polvo alrededor de las estacas.

Plagas del tallo

Barrenadores *Chilomima clarkei*

La *Chilomima clarkei* es una mariposa cuya larva realiza perforaciones en los tallos. Este insecto se ha venido incrementado en Colombia, especialmente en varios departamentos de la Costa Atlántica, disminuyendo de manera considerable la calidad del material de siembra (López-Vides et al., 1996). El proceso de diseminación de esta plaga se ve favorecido por el tráfico de los tallos de un lugar a otro, sin ninguna regulación y cuidado por parte de los mismos productores. El 85 % de la yuca que se siembra en la costa Caribe es afectada por *C. clarkei*, aunque también se encuentran reportes de esta plaga en Tolima, Huila, Caldas, en los Santanderes, en los Llanos Orientales de Colombia y en los Occidentales de Venezuela (López-Vides et al., 1996).

En relación con el daño (figura 21), hay que aclarar que, entre el primer y cuarto instar, las larvas se alimentan de la corteza o epidermis del tallo; en el quinto instar larval, penetra el tallo completando el ciclo (6 a 12 instares); luego, se transforma en pupa al interior del tallo hasta que emerge el adulto (figura 20). Los cambios larvales tardan de 32 a 64 días, teniendo el estado de pupa una duración de 12 a 17 días (Lohr, 1983). La población de *Chilomima* se puede mantener todo el año (4 a 6 ciclos) incrementándose con el periodo lluvioso, haciendo que su control sea mucho más arduo (Lohr, 1983).

Sobre su control, se debe indicar que, en sus primeros instares larvales, se pueden hacer varias aplicaciones de entomopatógenos como *Bacillus thuringiensis* para que sea mucho más efectivo (Gold et al., 1990).



Foto: Shirley Pérez Cantero

Figura 21. Daño causado por *Chilomima clarkei*. a. Tallo perforado; b. Larvas dentro del tallo.

Escamas *Aonidomytilus albus* y *Saissetia miranda*

Existen diversas especies de escamas, pero las de mayor importancia para este cultivo son la escama blanca, *Aonidomytilus albus*, y la escama negra, *Saissetia miranda* (Bellotti, 2000a). Básicamente, está asociado al daño del material de propagación, ya que ocasiona la muerte de las yemas (Bellotti & Van Schoonhoven, 1978).

Piojo harinoso *Phenacoccus* spp., *P. grenadensis* y *P. manihoti*

Las especies *Phenacoccus herreni* y *P. manihoti* producen afectaciones significativas al cultivo. Sus ninfas y adultos ocasionan que la planta se torne amarilla, así como que las hojas se vuelvan enrizadas y deformadas en su parte apical, como una roseta (Bellotti, 2000a, 2000b).

Se puede llevar a cabo un control por resistencia varietal; en los últimos años, se ha trabajado materiales resistentes al ataque de esta plaga. Por otra parte, se puede establecer control biológico con la infestación o trampas de cultivos con parasitoides para bajar el número de individuos.

Plagas del follaje

Trips *Frankliniella williamsi* y *Scirtothrips manihoti*

Los trips hacen que las hojas no se puedan desarrollar satisfactoriamente, así como que los folíolos se deformen, se tornen amarillos y cloróticos. Esta situación ocurre debido a que los insectos laceran el tejido formando heridas de color marrón; también los entrenudos se reducen y la planta detiene su crecimiento. Los daños causados por esta plaga se presentan con mayor frecuencia en las temporadas secas; sin embargo, las plantas pueden llegar a recuperarse con la venida del periodo lluvioso (Bellotti et al., 2002).

El mejor control para los trips es mediante resistencia varietal; en la actualidad, el CIAT posee valiosos germoplasmas que representan resistencia a este insecto (Arias & Guerrero, 2000; CIAT, 1974; Schoonhoven, 1974).

Chinche de encaje *Vatiga manihotae* y *V. illudens*

Las especies *Vatiga illudens* y *V. manihotae* se presentan durante el periodo de sequía, agravándose si este se extiende mucho (Bellotti, 2000a). Los daños que causan estos insectos en las hojas se parecen a los ocasionados por ácaros: se manifiestan en pequeñas manchas blancas, que después se tornan de color marrón-rojizo (Bellotti, 2000a). Así, se reduce de manera importante la tasa fotosintética que puede resultar en la caída de las hojas basales (Bellotti, 2000a).

El control de las chinches de encaje es un poco complicado, ya que se han encontrado muy pocos enemigos naturales (Bellotti et al., 1999); sin embargo, estudios realizados de manera preliminar han indicado que es posible tener resistencia varietal dentro de los materiales disponibles en el banco de germoplasma, pero aún falta más por investigar para que la tecnología esté disponible (Bellotti, 2000b; CIAT, 1990).

Moscas blancas *Aleurotrachelus socialis*

Estos insectos causan daño a las hojas alimentándose del floema, lo que produce clorosis y enroscamiento de las hojas apicales. En variedades con alta susceptibilidad, las hojas del dosel de la zona central se tornan amarillentas desde la periferia hasta el medio, con áreas encrespadas de color verde más intenso y con tamaño reducido (Arias, 1995). Cuando los ataques se inician en edad temprana y son muy prolongadas hasta etapas vegetativas más avanzadas y los materiales presentan susceptibilidades, estas se tornan raquílicas y los tallos delgados, lo que produce volcamiento; de esta manera, surgen rebrotes, que son apetecidos por los adultos de la plaga. De este modo, la plaga consigue afectar la producción del material de siembra, el rendimiento del cultivo y la calidad de las raíces cosechadas (Arias, 1995). El desarrollo de variedades resistentes, así como el uso de alternativas biológicas, puede ser una estrategia complementaria para el manejo integrado de plagas (MIP) (Bellotti, 2000b).

Gusano cachón de la yuca *Erinnyis ello* (L.)

El gusano cachón de la yuca es una plaga de importancia económica en Colombia (Bellotti et al., 1992; Bellotti et al., 1999). Las larvas de este insecto consumen el follaje, rebrotes y tallos tiernos, causando defoliaciones que se pueden intensificar hasta llegar a la pérdida total del follaje planta, lo que por ende conlleva mala calidad

de las raíces. Pese a que se da pérdida de follaje y rendimiento por el ataque del insecto, la planta tiene la capacidad de recuperarse, debido a que esta toma las reservas que se encuentran en sus raíces, principalmente si sucede en periodos lluviosos, favoreciendo la producción de follaje (Braun et al., 1993). Sin embargo, si los daños se presentan entre los primeros 60 días, las larvas pueden llegar a comer el 100 % de su follaje causando la pérdida total de las plantas (Arias & Bellotti, 1985; CIAT, 1989).

Para tener un éxito en el control mediante parasitoides y predadores, este se debe hacer durante los periodos iniciales del insecto (figura 21) (Bellotti et al., 1999). Por otro lado, también se puede hacer el control microbiano realizando aplicaciones del *Bacillus thuringiensis* en dosis de 2-3 g de producto comercial por litro de agua durante los tres primeros instares (Arias & Bellotti, 1977; Herrera, 1999). La recolección manual de larvas y pupas es muy efectiva para reducir las poblaciones del gusano cachón en plantaciones pequeñas. Esta práctica es más aplicable en campos donde apenas se inician los ataques del insecto (Ospina & Ceballos, 2002). También se recomienda recolectar manualmente las larvas y pupas, lo que se puede hacer en áreas no muy grandes y cuando se están iniciando los ataques (Ospina & Ceballos, 2002).

Riego

La yuca se ha considerado un cultivo rústico, resistente a la sequía (Calle, 2002). A pesar de que la planta puede resistir periodos secos, su desarrollo y rendimiento se ven afectados en periodos prolongados de sequía. Cuando se presenta déficit hídrico, la aplicación de riego es necesaria, ya que la calidad de los tallos se verá afectada, condición que descalifica la calidad del producto para usarlo como semilla.

Cosecha y poscosecha

La cantidad y calidad de semilla que se producirá determina el genotipo, las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo, el control de malezas, entre otros; sin embargo, para la yuca, el número de estacas disponibles va en aumento, en la medida que se van lignificando los tejidos. Esto quiere decir que, cuanta más edad de la planta, tanta más lignificación de los materiales (esto puede variar de acuerdo con los materiales de yuca). Según la Resolución 3168 de 2015 del ICA, las varas deben tener madurez fisiológica adecuada, mediante la observación de la médula y la

corteza, que deben mostrar una producción balanceada o con edades entre 7 y 18 meses desde la siembra.

Almacenamiento

El productor es quien toma la decisión de realizar la cosecha para la obtención de semilla, dependiendo de la precocidad. Si se espera hasta que la parcela de semillas complete doce meses para su cosecha, se obtendría semilla fresca y mayor número de estacas por planta sin afectar su calidad y, en adición, obteniendo máxima producción de raíces. Por otra parte, en la medida en que se aumenta el periodo de almacenamiento, el material de siembra va perdiendo calidad debido a su deshidratación y merma en las reservas, causadas por la brotación de los tallos (semilla); a esto se suma el ataque de plagas y patógenos. A la fecha no se tiene una técnica que resuelva estos problemas, pero sí se dispone de algunas recomendaciones que conserven la calidad de las semillas descritas a continuación:

- Los tallos o varas se deben llevar al lugar dispuesto para ser almacenados una vez sean cosechados, ya que la exposición al sol reduce su capacidad de almacenamiento.
- El sitio escogido para el almacenamiento debe estar bajo sombra y aislado de animales que puedan causar daño físico a los tallos.
- Antes del almacenamiento, el suelo debe removerse ligeramente y humedecerse, para que los tallos o varas hagan buen contacto con el suelo. Si en la zona donde está almacenada la semilla proliferan insectos de la madera (comejenes, termitas, etc.), se debe espolvorear un insecticida sobre el suelo como medida de prevención.
- En caso de un periodo prolongado de sequía, se deben hacer riegos semanalmente para mantener la hidratación de la semilla. Al contrario, si se presenta un periodo de abundantes precipitaciones, se genera un microclima cálido y un alto porcentaje de humedad relativa, favoreciendo el desarrollo de enfermedades, de manera que será necesario hacer aplicaciones con fungicidas de amplio espectro.
- La posición de los tallos durante el almacenamiento debe ser vertical, ya que solamente rebrotarán dos o tres yemas apicales, mientras que, si se dejan acostados, son más propensos a que broten todas las yemas, perdiéndose el tallo en su totalidad.

- Cuando se vaya a realizar el proceso de picado de la semilla, se debe descartar el segmento apical que se encuentre rebrotado del tallo, al igual que la parte inferior que se encuentre lignificada o enraizada (Ospina & Ceballos, 2002).



Foro: Amaury Espitia Montes

Figura 22. Lote destinado para la obtención de semilla.

Otros métodos de macropropagación rápida de semilla de yuca

El propósito de esta técnica de multiplicación de material vegetal es generar la máxima cantidad de estacas a partir de una planta, a través de la estimulación de las yemas axilares del tallo y la producción de miniestacas. Este proceso se utiliza especialmente cuando se dispone de poco material y se necesita producir gran cantidad de semilla a corto plazo. La propagación rápida de estacas de yuca se puede realizar esencialmente mediante dos sistemas, que se explican a continuación.

Método de inducción de retoños

Este método consiste en la inducción de brotes y su posterior enraizamiento, a partir de estacas de dos nudos, para los cuales se utilizan plantas adultas de donde se obtienen alrededor de 100 estacas en promedio, cantidad que varía de acuerdo con el material vegetal utilizado.

Los cangres o estacas de dos nudos se deben desinfectar por diez minutos con una solución de insecticida más fungicida, para luego ser sembradas en cámaras de propagación, con el fin de que produzcan retoños (brotes). Las cantidades que se obtendrán dependen de la variedad y el tipo de estaca utilizada. De ahí que variedades menos vigorosas terminen la producción de brotes más rápido, mientras que otras continúan produciendo aún después de un año, según los estudios de investigación realizada por AGROSAVIA. Para establecer este sistema, se deben seguir los siguientes pasos:

- Selección de plantas en campo (estas deben ser sanas y vigorosas), con madurez fisiológica, más o menos de diez meses de edad dependiendo de la variedad. Para la cosecha se debe hacer planta completa, ya que se debe verificar que no estén afectadas con síntomas de cuero de sapo en el campo de plantas madre (figura 23).



Foto: Amaury Espitia Montes

Figura 23. Lote de plantas madre en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA.

- Se cortan estacas de dos yemas con una sierra o machete desinfectados con hipoclorito de sodio o alcohol.
- Se hace el tratamiento químico de desinfección a las estacas con una mezcla de insecticida, fungicida y, si se tiene, bactericida.
- Las estacas se siembran en posición horizontal en las camas, que fueron preparadas previamente con un sustrato compuesto por arena y aluvión, en una relación 1:1, con drenajes laterales para evitar encharcamientos y posteriores pudriciones.
- Se coloca un techo plástico transparente para que las altas temperaturas y la humedad relativa alta estimulen la brotación de yemas.

- Cuando los brotes alcancen una altura de 5-10 cm, estos se cortan a 1 cm por encima del cuello o base, utilizando una tijera o cuchilla desinfectada. Cada estaca de dos yemas puede proporcionar alrededor de ocho brotes, dependiendo de la variedad y el vigor de la estaca.
- A los brotes se les cortan las hojas, dejando únicamente las de la parte apical, con el fin de que se marchiten. Al tallo se le hace un corte definitivo, por debajo de una yema, con el fin de estimular el enraizamiento.
- Los tallos se colocan en agua limpia de diez a quince minutos para que eliminen todo el látex y se selle la herida.
- Para el proceso de enraizamiento, los brotes se colocan en frascos con agua, en los sitios especiales para realizar esta actividad, los cuales son estructuras con mesas y techo de plástico para que se dé el enraizamiento de los brotes.
- A las dos o tres semanas, los brotes estarán listos para ser sembrados directamente en el campo o en bolsas plásticas, donde se adaptan para su posterior trasplante.

Para producciones continuas de material de siembra, cada tres semanas los brotes aclimatados se pasan a campo, así que, cuando se haga el corte 18 (un año después de haber iniciado el proceso), los brotes que resultaron del primer corte ya serán plantas adultas. La tasa de multiplicación corresponde entonces a un promedio de 8.000 estacas de 20 cm a partir de cada planta madre (POE, 2019).

Por otra parte, si se desea obtener brotes por un lapso, se planifica con antelación el tiempo que debemos llevar el material a campo y se cuentan aproximadamente nueve semanas, que es el tiempo en que se obtiene el material para que se trasplante a campo.

Si la siembra de las cámaras se hace con mayor anticipación para realizar más cortes y obtener un mayor número de brotes, las plantas madre tendrán poco material de siembra para llevar a campo, planificando repiques cada 20 días hasta obtener el número de brotes que se necesita en campo, que debe coincidir con los periodos de lluvia preferiblemente (figura 24).



Foto: Amaury Espitia Montes

Figura 24. Material de yuca listo para repiques.

Método por miniestacas en germinadores o bolsas plásticas

Este proceso inicia con la selección de plantas madre sanas y con madurez fisiológica (de al menos seis meses de edad). Para ello, se corta la planta a una altura de 30 cm de la superficie del suelo, lo que permitirá obtener nuevos brotes; luego, se cortan estacas de dos nudos cada una para obtener las miniestacas; este corte debe hacerse preferiblemente con sierra para causar el mínimo daño a las yemas. Se desinfectan las miniestacas sumergiéndolas en una solución para este fin por diez minutos.

Luego, se siembran las miniestacas en bolsas de almácigo o bolsas negras de vivero de 10 cm × 12 cm, con sustrato esterilizado de arena-aluvi3n y abono orgánico, en proporci3n 1:1, o en *jiffy*, que solo se pone en las mesas dentro de la casa de malla y se procede a la siembra de las miniestacas. Cuando la siembra se hace en bolsas, se recomienda realizar fertilizaci3n foliar cuando los brotes tengan dos hojas y, posteriormente, cada semana.

Se recomienda tambi3n aplicar fungicidas e insecticidas si se observa alg3n ataque de plagas o enfermedades; las evaluaciones de germinaci3n se hacen de dos a tres veces por semana y se llevan los registros, de manera que se pueda garantizar la cantidad de material obtenido al final del proceso. Con este m3todo, las plantas pueden ser llevadas a campo a los 30 d3as despu3s de germinadas.



Capítulo V

Certificación y clasificación de semillas de yuca

Según la Resolución 3168 del 2015 del ICA, para el cultivo de yuca se pueden obtener diferentes tipos de semilla, dependiendo del proceso para su producción. Si el proceso se hace por producción *in vitro*, las semillas se clasifican así:

- *Semilla genética*. Semilla producida como resultado del mejoramiento genético y que se utiliza para conservar el cultivar o producir la semilla básica.
- *Semilla súper élite*. Minitubérculos o esquejes derivados de plantas obtenidas por propagación *in vitro* (plantas madre) procedentes del material inicial
- *Semilla élite*. Esquejes obtenidos en invernadero por la multiplicación de esquejes provenientes de plantas superélite.
- *Semilla básica*. Semilla obtenida a partir de la semilla genética, como resultado de los conocimientos de un mejorador o entidad creadora del cultivar, que es sometida al proceso de certificación y que cumple los requisitos según la norma.
- *Semilla registrada*. Material vegetal que se ha producido a partir de la semilla básica, donde

pasa por el sistema de certificación, producida de tal forma que mantenga la pureza e identidad genética y cumpla con los requisitos establecidos para esta categoría. Esta es fuente de la semilla certificada.

- *Semilla certificada*. Semilla proveniente de semilla básica o de semilla registrada, que ha pasado por el proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para esta categoría de semillas.

Por otra parte, si la semilla proviene de programas para producción en campo se clasifican así:

- *Semilla genética*. Semilla producida como consecuencia de un proceso de fitomejoramiento y que se utiliza para conservar el cultivar o producir semilla básica.
- *Semilla básica*. Semilla obtenida a partir de la semilla genética, producida bajo la supervisión de un mejorador, que ha pasado por el proceso de certificación y que cumple los requisitos exigidos por el ente regulador.
- *Semilla registrada*. Semilla obtenida a partir de la semilla básica y que cumple los requisitos de certificación, de tal forma que mantenga la pureza e identidad genética y cumpla con los requisitos establecidos para esta categoría. Esta es fuente de la semilla certificada.
- *Semilla certificada*. Semilla proveniente de semilla básica o de semilla registrada, que cumple con los requisitos de certificación y con los requisitos establecidos para esta categoría de semillas.

Glosario

A continuación, se explican los términos técnicos requeridos para la micropropagación *in vitro* de yuca y manejo agronómico del cultivo para la comprensión del presente documento:

Acondicionamiento: Proceso por medio del cual se somete a cosecha, clasificación amarre y almacenamiento, del material vegetal cosechado (ICA, 2015).

Asepsia: Ausencia de microorganismos y patógenos (Roca, 1991).

Calidad de semillas: Cualidades genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias que debe poseer una semilla para que sea viable (ICA, 2015)

Certificación de semillas: Mecanismo que se debe seguir para poder constituirse como productor de semillas, dándole cumplimiento a las normas y exigencias de calidad establecidas (ICA, 2015).

Desinfección: Proceso fisicoquímico que elimina bacterias, virus y protozoos, entre otros (Aguilar-Brenes, 2017).

Esqueje: Fracción de tallo, rama, hoja o raíz que se puede utilizar para la multiplicación asexual (Aguilar-Brenes, 2017).

Estaca: Trozo de tallo con brotes, de aspecto leñoso que se corta de la planta para realizar su multiplicación de manera vegetativa (Aguilar-Brenes, 2017).

Explante: Fracciones de hoja, tallo y raíces, además de otros tejidos u órganos de la planta, que se siembran al interior de un frasco de vidrio en medio controlado (Abdelnour & Escalant,1994; Roca, 1991).

Endurecimiento: Procedimiento que se realiza al pasar las plántulas de laboratorio a invernadero para su aclimatación (Roca, 1991).

In vitro: Expresión utilizada para referirse al proceso de producción de plantas de en un medio aséptico y en un recipiente cerrado (Estopa, 2005).

Invernadero núcleo: Se refiere al área destinada para la aclimatación de las plántulas *in vitro* de yuca; debe poseer techo y sistema de riego automático con microaspersores, con la finalidad de controlar la temperatura y la humedad relativa (Roca, 1991).

- Material vegetal micropropagado:** Individuos botánicos usados para el establecimiento de cultivos, provenientes de un órgano reproductivo asexual por métodos de cultivo *in vitro* y que son considerados semillas para la siembra (Aguilar-Brenes, 2017).
- Medio de cultivo:** Mezcla artificial que contiene los elementos nutricionales para el normal crecimiento y desarrollo de las células vegetales (Abdelnour & Escalant, 1994; Roca, 1991).
- Planta madre:** Planta donante de semillas, yemas, trozos de hoja, porciones de raíces o de otros tejidos vegetales que se utilizan para la obtención de explantes (Aguilar-Brenes, 2017).
- Plántula:** Clon ya desarrollado como consecuencia de la germinación; planta joven en sus primeros estados de desarrollo (Aguilar-Brenes, 2017).
- Semilla:** Cualquier segmento vivo que sea utilizado para reproducir una especie vegetal (semilla botánica, estacas, esquejes, yemas, bulbos y otros) (Aguilar-Brenes, 2017).

Referencias

- Abdelnour-Esquivel, A., & Vincent, J. (1994). Catie. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/888>
- AgroNet. (2018). *Reporte: Área, producción, rendimiento y participación municipal en el departamento por cultivo*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>
- Aguilar, P. (1991). Plagas de las plantas tuberosas tropicales. En P. Aguilar, *Manual de manejo integrado* (pp.104). FAO.
- Aguilar-Brenes, E. (Comp.). (2017). *Manual del cultivo de yuca Manihot esculenta Crantz* [No. F01/10918]. Instituto Nacional de Innovación Tecnológica y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Alarcón, F., & Dufour, D. (1998). *Almidón agrario de yuca en Colombia: producción y recomendaciones*. CIAT; CIRAD. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17538>
- Allem, A. C. (1994). The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 41(3), 133-150. <https://doi.org/10.1007/BF00051630>
- Arias, B. (1995). *Estudio sobre el comportamiento de la “mosca blanca” Aleurotrachelus socialis Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) en diferentes genotipos de yuca, Manihot esculenta Crantz* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Arias, B., & Bellotti, A. C. (1977). Eficiencia de *Bacillus Thuringiensis* sobre el gusano cachón de la yuca (E. ello), en un programa de control biológico. *Revista Colombiana de Entomología*, 3(3/4), 93-97.
- Arias, B., & Guerrero, J. M. (2000). Control de plagas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por resistencia varietal. En *Memorias del xxvii Congreso de Socolen* (pp. 243-259). Socolen.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis del almidón de yuca* [Boletín de servicios agrícolas de la FAO N.º 163]. FAO. <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

- Bagot, M. E. (2005). El cultivo in vitro en la reproducción vegetativa en plantas de vivero. *Horticultura Internacional*, 50-57.
- Bellotti, A. (2000a). Las plagas principales del cultivo de la yuca: un panorama global. En *Memorias del XXVII Congreso de SOCOLEN* (pp. 189-217).
- Bellotti, A. (2000b). El manejo integrado de las principales plagas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En *Memorias Primer curso - taller internacional sobre control biológico* (pp. 210-248).
- Bellotti, A. C., Arias, B., Vargas, O., Reyes, J. A., & Guerrero, J. M. (2002). Insectos y ácaros dañinos a la yuca y su control. *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali, Colombia, 160-203.
- Bellotti, A., Smith, L., Lapointe, S. (1999). Recent advances in cassava pest management. *Annual Review of Entomology*, 44, 343-370. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.343>
- Bellotti, A., Van Schoonhoven, A. (1978a). *Plagas de la yuca y su control*. CIAT.
- Bellotti, A. C., & Van Schoonhoven, A. (1978b). Mite and insect pests of cassava. *Annual review of Entomology*, 23(1), 39-67.
- Bellotti, A. C., Arias, B., & Guzmán, O. L. (1992). Biological Control of the cassava hornworm *Erynnis ello* (Lepidoptera: Sphingidae). *Florida Entomology*, 75, 506-515.
- Bellotti, A. C., Smith, L., & Lapointe, S. L. (1999). Recent advances in cassava pest management. *Annual Review of Entomology*, 44, 343-370.
- Bonierbale, M., Guevara, C., Dixon, A., Ng, N., Asiedu, R., & Ng, S. (1997). Cassava. In D. Fuccillo, L. Sears, & P. Stapleton (Eds.), *Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centres* (pp. 1-20). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511470851.002>
- Braun, A. R., Bellotti, A. C., & Lozano, J. C. (1993). Implementation of IPM for small-scale cassava farmers. En: M. A. Altieri (Ed.), *Crop protection strategies for subsistence farmers*, (pp. 103-115). Westview V.
- Cadavid, L. F. (2011). *Manual de nutrición vegetal: una visión de los aspectos nutricionales del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. CIAT.
- Calle, C. (2002). Tecnologías modernas para la producción de yuca. *Control de malezas en el cultivo de yuca*.
- Ceballos, H., & de la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio* (pp. 16-31). CIAT. <https://hdl.handle.net/10568/54117>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1974). *Informe Anual Programa de Yuca 1973*. CIAT.

- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1990). *Annual report Cassava Program, 1989*. CIAT.
- Cock, J. H. (1989). *La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional*. CIAT.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2017). *Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de yuca en monocultivo y asocio* [Informe final de producto N.º 496].
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2014). *Censo Nacional Agropecuario 2014*. <https://www.datos.gov.co/Estadisticas-Nacionales/Censo-Nacional-Agropecuario-CNA-/6pmq-2i7c>
- FAO. (2020). *FAOSTAT - Cassava*. <http://www.fao.org/faostat/en/#search/cassava>
- Faostat. (s. f.). *Datos sobre alimentación y agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- (Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR)). (1998). *Reconocimiento, identificación de chisas rizófagas del cultivo de yuca en la zona de ladera del Norte del Departamento del Cauca*. Folleto divulgativo (FIDAR-PRONATA).
- Gold, C. S., Altleri, M. A., & Bellotti, A. C. (1990). Effects of intercropping and varietal mixtures on the cassava hornworm, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), and the stemborer, *Chilomima clarkei* (Amsel) (Lepidoptera: Pyralidae), in Colombia. *Tropical Pest Management*, 36(4),362-367. <https://doi.org/10.1080/09670879009371512>
- Hernández, L. (2014). *Manejo integrado del cultivo de yuca en el Caribe colombiano*. Slideshare. Consultado julio 16, 2016, en <https://es.slideshare.net/libardoeflorez/manejo-integrado-del-cultivo-de-la-yuca-en-el-caribe-colombiano>
- Herrera, C. J. (1999). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de yuca*. En: *Seminario-taller. Hacia una producción Bioracional de la yuca*. PMD.IICA-BIOCARIBE S.A. Pivijay, Carmen de Bolívar, febrero 1999, 45 p. 1.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). Resolución 003168. “Por la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del 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”.
- León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA.
- Lohr, B. (1983). Biología, ecología, daño económico y control de *Chilomima clarkei* barrenador de la yuca. En Reyes, J. A. (Comp.), *Yuca: control integrado de plagas* (pp. 159-161). CIAT.
- López-Vides, O. L., Díaz-Sierra, O., Suárez-Gómez, H., & Toloza-Palomino, A.

- (1996). *El barrenador del tallo de la yuca Chilomima clarkei (Lepidoptera: Pyralidae) en el CRECED Provincia del Río*. AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31352>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], (2019). *Subsector productivo de la yuca*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], (2019). *Subsector productivo de la yuca*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. MAG.
- Olsen, K., & Schaal, B. (2001). Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany*, 88(1), 131-142. <https://doi.org/10.2307/2657133>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA]. (2000). *La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas*. FAO; FIDA. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016044128>
- Ospina, B., & Ceballos, H. (2002). *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (No. 633.682 Y94y). CIAT.
- Parra, J. (2019). *Cifras sectoriales: subsector productivo de la yuca*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Pax, F. (1910). *Manihot Adans*. En H. G. A. Engler (Ed.), *Das Pflanzenreich* (Vol. IV, pp. 21-111). Wilhelm Engelmann.
- Pérez, D., Mora, R., & López-Carrascal, C. (2019). Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 202-212. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428>
- Pohl, I. E. (1827). *Manihot*. En *Plantarum Brasiliae. Íconos y descripciones* (Vol. 1, 16-56). <https://www.biodiversitylibrary.org/item/9622#page/14/mode/1up>
- Procedimiento Operativo Estándar [POE]. (2019). *Procedimiento Operativo Estándar* [Documento de trabajo interno]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia.
- Quirós-Argüello, B., & Salas-Gil, E. (2006). *Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de yuca (Manihot esculenta) en El Tanque La Fortuna de San Carlos, Alajuela* [Proyecto de graduación, Instituto Tecnológico de Costa

- Rica]. Repositorio TEC. <https://hdl.handle.net/2238/5896>
- Roca, W. M. (1984). *Handbook of Plant Cell Culture vol. 2* (pp. 269-301). En W. R. Sharp, D. A. Evans, P. V. Ammirato, & Y. Yamada (Eds.). MacMillan Publishing Company.
- Roca, W. M., & Mroginski, L. A. (1991). *Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones* (No. 151). CIAT.
- Rosas, C., Cock, J. H., & Sandoval, G. (1976). Leaf fall in cassava. *Experimental Agriculture*, 12(4),395-400. <http://doi.org/10.1017/S0014479700007419>
- Suárez, L, & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3),27-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300004
- Szabados, L., Hoyos, R., & Roca, W. (1987). In vitro somatic embryogenesis and plant regeneration of cassava. *Plant Cell Reports*, 6(3), 248-251.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2017). *Región Administrativa de Planificación Caribe (RAP Caribe)*. <https://drive.google.com/file/d/0B41eMRb76ohEbWZ1bVFmaVlrY2M/view?resourcekey=0-wsIirIC00xwr8HDQfKissA>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2021). *Evaluaciones agropecuarias municipales (UPRA)*. <https://www.upra.gov.co/web/guest/eva-2021>
- Van Schoonhoven, A. (1974). Resistant to thrips damage in cassava. *Journal of Economic Entomology*, 67(6), 728-730. <https://doi.org/10.1093/jee/67.6.728>



Este manual fue elaborado por AGROSAVIA y sus colaboradores con el propósito de que agricultores, productores de semilla y asistentes técnicos conozcan el proceso de producción de semilla de yuca de calidad. Se abordan todos los puntos claves de este proceso: selección adecuada del material vegetal en campo, recepción del material de siembra, multiplicación *in vitro* en laboratorio, endurecimiento y escalamiento de plantas superélite en invernadero, multiplicación de plantas élite en vivero y trasplante a campo para obtención de semilla básica, registrada y certificada. Además, se integran todas las prácticas de manejo del cultivo, como preparación del terreno, densidad de siembra, manejo de malezas, fertilización, manejo de plagas y enfermedades, cosecha y selección de semilla, con base en las resoluciones 2692 de 1998 y 3168 del 2015 del ICA.

En este manual también se describen otros métodos de propagación rápida de semilla de yuca con la finalidad de generar la máxima cantidad de estacas a partir de una planta. Por último, se explica toda la normatividad relacionada con el proceso de certificación y clasificación de semillas de yuca.

AGROSAVIA, desde el Departamento de Semillas, se ha empeñado en promover la producción de semilla de calidad para que los agricultores se beneficien con el incremento de la productividad del cultivo, y los productores y comercializadores de semilla conozcan de primera mano todo lo relacionado con la producción de material vegetal de calidad y la formalización de su comercialización.



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: bac@corpoica.org.co

TELÉFONO: (57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274

SKYPE: [biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/join/biblioteca.agropecuaria)

ISBN: 978-958-740-555-2



9 789587 140555 2

www.agrosavia.co

Distribución gratuita
Prohibida su venta



AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria