

Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo

Eberto Rodríguez Henao
Lina Vanessa Garavito Morales
Ómar Osorio Cardona
Germán Andrés Aguilera Arango
Dubert Yamil Cañar Serna

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo

Mosquera, Colombia, 2021

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo / Eberto Rodríguez Henao [y otros cuatro]. -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2021.

60 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos y tablas

ISBN E-book: 978-958-740-505-7

1. *Manihot esculenta* 2. Propagación vegetativa 3. Plantas madre 4. Calidad de las semillas 5. Sanidad vegetal 6. Estacas. I. Rodríguez Henao, Eberto II. Garavito Morales, Lina Vanessa III. Osorio Cardona, Ómar IV. Aguilera Arango, Germán Andrés V. Cañar Serna, Dubert Yamil.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agropec

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Palmira. Diagonal a la intersección de la carrera 36A con calle 23, Palmira, Valle del Cauca. Colombia.

Esta publicación es el resultado del trabajo realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el marco del desarrollo del macroproyecto “Plan Nacional Semillas: producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas”, liderado por el Departamento de Semillas y del cual se generaron las bases principales para la elaboración de este manual de producción.

Colección Transformación del Agro

Fecha de recepción: 6 de enero de 2021

Fecha de evaluación: 27 de abril de 2021

Fecha de aceptación: 30 de septiembre de 2021

Publicado en Mosquera, Cundinamarca, en diciembre de 2021

Primera edición: diciembre de 2021

Editorial agrosavia

editorial@agrosavia.co

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo: Edwin Algarra

Diagramación: Javier Barbosa

Fotografía de cubierta: Lina Vanessa Garavito Morales

Citación sugerida: Rodríguez Henao, E., Garavito Morales, L. V., Osorio Cardona, Ó., Aguilera Arango, G. A., & Cañar Serna, D. Y. (2021). *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405057>

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

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



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

Contenido

Los autores	9
Agradecimientos	11
Presentación	13
Objetivo	14
Alcance	14
Recomendaciones para el buen uso del manual	15

Capítulo I

Conceptos sobre el material vegetal	17
¿Qué es la semilla o material de propagación de yuca?	17
Variedades mejoradas de yuca en Colombia	19

Capítulo II

Recomendaciones previas para la producción de semilla o material de propagación	23
Marco legal	23
Procedencia del material vegetal	24
Registro de información	26
Análisis de suelo	26
Riego suplementario	27
Manejo ambiental	28

Capítulo III

Identificación del huerto para la selección de plantas madre	29
Selección de huerto básico para la obtención de plantas madre	29
Selección de plantas madre para la obtención de semilla vegetativa	30

Capítulo IV

Cosecha de plantas madre para el acondicionamiento de miniestacas	37
---	----

Capítulo V

Acondicionamiento del material para siembra	41
Transporte y almacenamiento de la semilla	41
Acondicionamiento de miniestacas	42

Capítulo VI

Siembra del material de propagación en campo	45
Incorporación de materia orgánica y micorrizas	46
Siembra de miniestacas	47
Riego suplementario	47
Nutrición	47
Glosario	51
Referencias	53
Reconocimientos de arbitraje 2021	57

Lista de figuras

Figura 1	Toma de muestra de suelo	26
Figura 2	Sistemas de riego	27
Figura 3	Aplicación de productos para control de arvenses en el cultivo de yuca	28
Figura 4	Lote establecido con la variedad Corpoica Cumbre 3 para propagación vegetativa de yuca por miniestacas	30
Figura 5	Selección de plantas para obtención de semilla de acuerdo con algunas características de interés	31
Figura 6	Plantas de yuca <i>in vitro</i> de la variedad Corpoica Cumbre 3, procedentes de la Alianza Bioversity International - CIAT	32
Figura 7	Corte transversal de tallo de yuca de la variedad Corpoica Cumbre 3, con características adecuadas para uso como material de siembra	35
Figura 8	Algunos síntomas de la enfermedad del cuero de sapo (ECS) en raíces de yuca	38
Figura 9	Cosecha en cultivo de yuca	38
Figura 10	Corte y selección de tallos de yuca	39
Figura 11	Tallos de yuca para uso como semilla vegetativa	41
Figura 12	Acondicionamiento de miniestacas de yuca	43
Figura 13	Miniestacas de yuca	44
Figura 14	Preparación del terreno	46
Figura 15	Aplicación de materia orgánica y micorrizas antes de la siembra	46
Figura 16	Siembra de miniestacas de yuca sobre la cresta del caballón con el suelo húmedo	47
Figura 17	Lote de yuca propagado por miniestacas en el Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA	48

Lista de tablas

Tabla 1	Variedades de yuca para consumo en fresco con registro comercial en Colombia	20
Tabla 2	Variedades de yuca para uso industrial con registro comercial en Colombia	21
Tabla 3	Variedades de yuca para uso forrajero con registro comercial en Colombia	22
Tabla 4	Insumos agroquímicos empleados en la propagación masiva de material de siembra de yuca a partir de miniestacas	36
Tabla 5	Diagrama del proceso para la propagación de semillas de yuca por miniestacas	49

Los autores

Eberto Rodríguez Henao

erodriguezh@agrosavia.co

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

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

Lina Vanessa Garavito Morales

lgaravito@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-5178-6590>

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

Ómar Osorio Cardona

oosorio@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-4493-3390>

Tecnólogo agropecuario de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana de Barinas (Venezuela), con énfasis en Fitotecnia. Actualmente es asistente de investigación en el Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA. Su área de interés es el manejo agronómico de cultivos.

Germán Andrés Aguilera Arango

gaguilera@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-3942-4658>

Biólogo y magíster en Ciencias Biológicas con énfasis en Biotecnología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con experiencia en cultivo de tejidos vegetales, propagación de material de siembra, manejo y conservación de recursos fitogenéticos, transferencia de tecnología y extensionismo rural, principalmente en cultivos de clima frío moderado y clima cálido como lulo, mora, quinua, guayaba, granada y yuca.

Dubert Yamil Cañar Serna

dcanar@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-8357-1401>

Ingeniero agroindustrial y magíster en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene experiencia en la aplicación de conceptos técnicos y tecnológicos en la transformación industrial de materias primas y aprovechamiento de subproductos del sector agroindustrial, así como en el manejo y uso de herramientas para análisis moleculares, palinológicos y citogenéticos dirigidos a la investigación sostenible de los recursos genéticos. También se desempeña en el diseño y establecimiento de herramientas virtuales de divulgación agropecuaria destinadas a asistentes técnicos y productores con base en la sistematización de experiencias, y en la implementación de herramientas asociadas a la trazabilidad para la producción de semilla o material de propagación. Coordina el Banco de Germoplasma Vegetal de la Nación Colombiana disponible en campo, en el contexto del mantenimiento, conservación y bioprospección del recurso biológico del país. Actualmente, es investigador máster adscrito a la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales en el Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por el financiamiento a través del macroproyecto “Plan Semilla: Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas”, que permitió fortalecer el proceso de producción de semilla en las organizaciones yuqueras.

También agradecen a cada uno de los colaboradores que contribuyeron al cumplimiento del proyecto “Variedades de yuca para el consumo fresco, industria de balanceados y producción de almidones”, que permitió la elaboración del presente manual.

Asimismo, se extiende un agradecimiento a los revisores de la revista *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* de AGROSAVIA, por sus observaciones y sugerencias para precisar el contenido del documento.



18

Presentación

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) pone a disposición del lector el *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo*, en el que se describe de manera técnica y práctica la producción intensiva de miniestacas de yuca en campo para el establecimiento de cultivos comerciales, de acuerdo con los parámetros de calidad exigidos por la normativa vigente. Este manual está dirigido a productores, organizaciones de productores, asistentes técnicos, extensionistas agropecuarios y demás actores asociados a la cadena de valor de la yuca, lo cual permitirá el establecimiento de huertos básicos y cultivos comerciales en áreas aptas para la siembra. Asimismo, da a conocer el proceso y los procedimientos técnicos complementarios para el suministro y producción de semilla de yuca, bajo los principales parámetros de calidad. De esta manera, el productor que adquiere la semilla para siembra tendrá los elementos necesarios para verificar la calidad del material, obedeciendo a las buenas prácticas en torno a la producción y el acondicionamiento del material vegetal.

Cabe destacar que este documento es el resultado de la experiencia de muchos años de investigación realizada por colaboradores de AGROSAVIA y otras instituciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCTA) pertenecientes al sector yuquero colombiano. Con esta publicación esperamos consolidar y fortalecer los núcleos de productores de semilla de calidad de yuca, tanto de materiales mejorados como regionales adaptados a las condiciones agroecológicas donde se ubique la especie.

Como autores, generamos un documento con elementos científicos y técnicos que, a partir de un lenguaje sencillo, práctico y agradable, ayudará al productor a comprender las prácticas empleadas en la propagación masiva de material de siembra de yuca con calidad, a partir de la técnica de propagación por miniestacas. Esperamos que el presente manual sea un material de consulta por parte de los actores asociados a la cadena de valor de yuca, para que su labor agrícola diaria se le facilite y, de esta manera, mejoren las condiciones de vida del productor rural y su familia.

Objetivo

El manual tiene como propósito orientar los procedimientos para la propagación masiva de material de siembra de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) usando miniestacas, así como dar cumplimiento a los parámetros de calidad de acuerdo con la normativa dispuesta por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), a través de la Resolución 3168 de 2015, en su anexo 1, apartado 14 (ICA, 2015a).

Esperamos que el lector obtenga una guía que le facilite poner en práctica sus aprendizajes en torno a la producción y acondicionamiento del material de siembra, con base en la experiencia técnica y tecnológica disponible por AGROSAVIA, con el fin último de generar habilidades y destrezas que mejoren las unidades productivas de la región.

Alcance

El manual se realizó en el marco del macroproyecto “Plan Nacional Semilla”, con colaboradores de las redes de Innovación de Frutales, Cultivos Transitorios y Agroindustriales, y su equipo coordinador. Esta obra recopila y actualiza las prácticas necesarias para propagar masivamente material de siembra de yuca de genotipos sobresalientes, en su mayoría de variedades mejoradas, a través del uso de miniestacas o minicangres de 5 cm con una a dos yemas viables. Esto permite incrementar exponencialmente la tasa de multiplicación de semilla de yuca.

La propagación de la yuca limita el acceso a material de siembra en cantidad y calidad, debido a que, por cada planta adulta de 8 a 14 meses, se obtienen entre cinco y diez semillas vegetativas de 20 a 30 cm con entre cinco y siete yemas viables. En este sentido, el manual describe el proceso de producción masiva de material de siembra de yuca mediante la técnica de propagación por miniestacas provenientes de plantas madre de cultivares comerciales con características morfoagronómicas sobresalientes, de interés para el sector agroindustrial, con el ánimo de promover la calidad (genética, física, fisiológica y fitosanitaria) como una de las características más importantes que debe tener el material de siembra.

Su desarrollo está fundamentado en la experiencia teórico-práctica de años de trabajo, basada en la investigación científica y en la experiencia del productor, que ve en el sistema de producción de yuca la forma de sostenimiento para sus familias. Así las cosas, el proceso comienza con la selección de plantas madre para la obtención del

material de siembra, cosecha y almacenamiento de ramas (tallos), preparación de la semilla a partir de las miniestacas, desinfección y siembra directa en campo, lo que permite incrementar exponencialmente la tasa de propagación asexual o vegetativa de la yuca.

Recomendaciones para el buen uso del manual

Para la comprensión y utilización del presente manual, cabe aclarar que este es un documento de referencia para los productores de semilla de yuca mediante la técnica de propagación por miniestacas provenientes de plantas madre de cultivares comerciales con características morfoagronómicas sobresalientes. En este contexto, se presentan los procedimientos necesarios para el buen desarrollo de las actividades encaminadas a la producción masiva de material de siembra de yuca por miniestacas, que van desde la selección de plantas madre hasta la siembra directa en campo.



Capítulo I

Conceptos sobre el material vegetal

¿Qué es la semilla o material de propagación de yuca?

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), perteneciente a la familia Euphorbiaceae, también conocida como mandioca, es una planta originaria de la cuenca amazónica (Colombia, Brasil y Paraguay). Es considerada un producto hortícola por sus peculiaridades de cultivo y porque se comercializa junto con otras hortalizas (Silva et al., 2018). Además, es el cuarto cultivo de mayor importancia a nivel comercial y se le considera el principal cultivo en regiones tropicales, como base de la dieta de más de 1.000 millones de personas en el mundo (Fuenmayor et al., 2012). La yuca es una importante fuente de energía, lo que ha facilitado su cultivo y ha permitido que juegue un papel importante en el sector agrícola del país. Se trata de una especie con alta variabilidad genética que le permite cultivarse en diversas condiciones ambientales para varios propósitos (Ferreira et al., 2008).

Desde el punto de vista fisiológico, la yuca es una planta perenne y leñosa, adaptada a suelos de baja

fertilidad. Se puede propagar tanto por vía sexual (semilla botánica) como por vía asexual (estacas o semilla vegetativa). Como especie, la yuca se propaga de forma natural por vía sexual mediante semilla botánica; sin embargo, si el fin de la siembra es comercial, este tipo de propagación no es recomendado por la segregación de las características, además de ser una especie heterocigótica y alógama (Ceballos, 2002). Por ello, como sistema productivo, el cultivo de la yuca se perpetúa mediante la propagación clonal (vía asexual), haciendo uso de semilla vegetativa y empleando estacas o cangres de cultivos anteriores. No obstante, este último tipo de propagación constituye un riesgo, especialmente de tipo fitosanitario, a través del cual es posible diseminar plagas y enfermedades localizadas en los tallos expuestos a patógenos sistémicos durante el desarrollo del cultivo (Suárez & Mederos, 2011).

De acuerdo con lo reportado por López (2002), entre las plagas transmitidas por las estacas se encuentran los ácaros (*Tetranychus urticae* [ácaro rojo], *Oligonychus peruvianus*), las escamas (*Aonidomytilus albus* [escama blanca], *Saissetia miranda* [escama negra]) y los trips (*Frankiniella williamsi*); además, algunos de los insectos que se encuentran dentro del tallo son la mosca de la fruta (*Anastrepha pickeli* y *A. manihoti*) y barrenadores del tallo, principalmente en estados larvales como los de *Coleostermes* spp., *Lagocheirus* spp. (Coleóptera) y *Chilomina* sp. (Lepidóptera).

Los patógenos sistémicos que afectan los cultivos de yuca son aquellos que pueden llegar a invadir toda la planta, como hongos (*Diplodia manihotis*, *Fusarium oxysporum* y *F. solani*), bacterias (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), fitoplasmas (asociado al cuero de sapo) y virus del mosaico común, mosaico caribeño o síntomas radicales asociados al cuero de sapo. Asimismo, los patógenos localizados en el material de siembra de yuca son aquellos que no tienen actividad sistémica y se presentan en partes limitadas del tallo, caracterizados por la presencia de agallas, necrosis y formación de chancros como la pudrición bacteriana del tallo (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*), antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y mancha de anillos circulares (*Phoma* spp.) (López, 2002).

Por lo anterior, se recomienda a los productores de yuca que inicien su producción comercial con material de siembra procedente de semilla vegetativa de calidad (genética, sanitaria, física, y fisiológica), con el fin de reducir y evitar la introducción de problemas sanitarios, y de esta manera lograr la uniformidad en el cultivo, el vigor en el establecimiento y un alto rendimiento de raíces comerciales durante la cosecha.

Tradicionalmente, la yuca se propaga utilizando estacas de 20 a 30 cm, obtenidas de tallos leñosos de plantas de edad entre 7 y 18 meses, después de establecido el cultivo. La mayoría de las veces se cuenta con poco material vegetal disponible para realizar siembras a gran escala. Por lo anterior, y con el fin de aumentar el suministro de material vegetal de siembra, se presenta la metodología de propagación rápida a partir del uso de miniestacas de 5 cm de longitud, ya que a través del uso de este tipo de estructuras se obtiene una mayor cantidad de semilla vegetativa, que puede ser cosechada a partir del séptimo mes de establecido en campo, con un rendimiento de raíces similar al que proveen las estacas de uso regular (Nurul-Nahar & Tan, 2012).

Variedades mejoradas de yuca en Colombia

En Colombia, existe un gran número de cultivares comerciales de yuca que han sido desarrolladas por la Alianza Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en trabajo colaborativo con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)¹ y antes con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entre 1962 y 1993.

Estas variedades han sido inscritas en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA por el mismo ICA (antes de 1993) y por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (después de 1993) como variedades mejoradas; además, han sido seleccionadas para su uso de acuerdo con la adaptación agroecológica en las regiones productoras, la calidad de las raíces y el gusto de los consumidores locales. Estas variedades se agrupan según su uso en consumo fresco, industrial y forrajeras.

Las variedades para *consumo en fresco* son cultivares con bajo contenido de ácido cianhídrico y alto contenido de materia seca, por lo que son aptos para el consumo humano. En la tabla 1 se relacionan las variedades que cuentan con registro comercial para comercialización de material de siembra en Colombia, según la zona de adaptación, el año de liberación y las principales características de interés.

1 Denominada Corpoica entre 1993 y 2018.

Tabla 1. Variedades de yuca para consumo en fresco con registro comercial en Colombia

Nombre de la variedad	Código de mejoramiento	Zona de adaptación y año de liberación	Características de interés
Nataima - 31	CG 489-31	Subregión natural del valle geográfico del río Magdalena Año 2002	Resistente a mosca blanca <i>Aleurotrachelus socialis</i> . Rendimiento potencial de 33 t/ha de raíces frescas y 7,3 t/ha de materia seca (Vargas et al., 2002).
Corpoica Caribeña	SGB 765-2	Caribe húmedo 1.400 y 1.600 m s. n. m. Año 2000	Variedad para consumo fresco y potencial de uso industrial. Rendimiento promedio de 17,4 t/ha de raíces frescas y 6,6 t/ha de materia seca (López & Jaramillo, 2000a).
Corpoica Reina	CM 6740-7	Orinoquia (Piedemonte) Año 2000	Variedad con tolerancia a suelos ácidos con baja fertilidad. Rendimiento promedio de 28,9 t/ha y 10,3 t/ha de materia seca (Ceballos et al., 2000).
Corpoica Rojita	SGB 765-4	Caribe húmedo 1.400 y 1.600 m s. n. m. Año 2000	Variedad para consumo fresco y potencial de uso industrial. Rendimiento promedio de 15,5 t/ha de raíces frescas y 5,6 t/ha de materia seca (López & Jaramillo, 2000b).
ICA Negrita	CM 3306-4	Caribe húmedo y seco Año 1993	Rendimiento promedio de 24,6 t/ha de raíces frescas y 37,84 % de contenido de materia seca, (Pastrana et al., 2014).
ICA Costeña	CG 1141-1	Costa Atlántica Año 1991	Rendimiento promedio de 23 t/ha, y contenido de almidón de 32 % con muy buena calidad culinaria (De la Torre & Hershey, 1991).
ICA Catumare	CM 523-7	Piedemonte Llanero y Valles Interandinos Año 1990	Rendimiento promedio de 24 t/ha, y contenido de materia seca de 35,5 % (Rodríguez & Hershey, 1990).
ICA Cebucan	CM 2177-2	Piedemonte Llanero Año 1990	Rendimiento promedio de 22,2 t/ha, y contenido de materia seca de 34,2 % (Rodríguez & Hershey, 1990).
Manihoica P 13	HMC-1	0 a 1.500 m s.n.m. Año 1986	Rendimiento promedio de 35,3 t/ha de raíces frescas, y contenido de almidón de 31,6 % (Gómez et al., 1986).
Manihoica P 11	MCOL 1468	0 a 1.500 m s.n.m. Año 1984	Rendimiento promedio de 29,6 t/ha de raíces frescas (Toro, 1984).
Manihoica P 12	MCOL 1505	0 a 1.500 m s.n.m. Año 1984	Rendimiento promedio de 25,2 t/ha de raíces frescas (Toro, 1984).

Fuente: Elaboración propia

Las variedades de *uso agroindustrial* son cultivares que poseen entre sus características físicoquímicas altos contenidos de almidón y que pueden llegar a ser utilizados en la preparación de alimentos balanceados para animales. En la tabla 2 se relacionan las variedades que cuentan con registro comercial para comercialización de material de siembra en Colombia, según la zona de adaptación, el año de liberación y las principales características de interés.

Tabla 2. Variedades de yuca para uso industrial con registro comercial en Colombia

Nombre de la variedad	Código de mejoramiento	Zona de adaptación y año de liberación	Características de interés
Corpoica Melúa-31	SM 2792-31	Orinoquía Año 2019	Rendimiento promedio de 26,2 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 36 % (Rosero et al., 2019).
Corpoica Belloti	SM 2775-4	Caribe Año 2016	Rendimiento promedio de 30,3 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 35,5 % (Rosero et al., 2020).
Corpoica Ropain	GM 273-57	Caribe Año 2016	Rendimiento promedio de 28,4 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 30,8 % (Rosero et al., 2020).
Corpoica Sinuana	SM 1411-5	Caribe Año 2016	Rendimiento promedio de 31,8 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 32,5 % (Rosero et al., 2020).
Corpoica La Francesa	SM 1495-5	Suroccidente de Colombia (Cauca) Año 2016	Rendimiento promedio de 37,4 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 37,7 % (Rodríguez et al., 2020).
Corpoica Cumbre 3	SM 856-11	Suroccidente de Colombia (Cauca) Año 2016	Rendimiento promedio de 33,7 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 37,2 % (Rodríguez et al., 2020).
Corpoica Caiseli	SM 1278-2	Caribe húmedo y seco Año 2004	Rendimiento promedio de 33,6 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 13,9 % (López et al., 2004).
Corpoica Gines	CM 4843-1	Caribe húmedo y seco Año 2004	Rendimiento promedio de 21,8 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 34,5 % (López et al., 2004).
Corpoica Verónica	CM 4919-1	Caribe húmedo y seco Año 2004	Rendimiento promedio de 22,2 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 35 % (López et al., 2004).
Corpoica TAI	MTAI 8	Caribe seco Año 2004	Rendimiento promedio de 28,8 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 34,9 % (López et al., 2004).
Corpoica Orense	CM 9021-2	Caribe húmedo y seco Año 2004	Rendimiento promedio de 40 t/ha de raíces frescas y un contenido de materia seca de 19,4 % (López et al., 2004).
Corpoica Colombiana	CM 3306-19	Caribe húmedo 1.100 y 1.600 m s. n. m. Año 2000	Rendimiento promedio de 27 t/ha de raíces frescas y 9,5 t/ha de materia seca (López et al., 2000a).
Corpoica Sucreña	CM 3555-6	Caribe húmedo 1.100 y 1.600 m s. n. m. Año 2000	Rendimiento promedio de 26 t/ha de raíces frescas y 8,9 t/ha de materia seca (López et al., 2000b).

Fuente: Elaboración propia

Las variedades de *uso forrajero* son cultivares de yuca que poseen gran producción de follaje con alto contenido de proteína, por lo que se puede integrar a la dieta de animales, especialmente en épocas de limitación de forraje. En la tabla 3 se relacionan

las variedades que cuentan con registro comercial para comercialización de material de siembra en Colombia, según la zona de adaptación, el año de liberación y las principales características de interés.

Tabla 3. Variedades de yuca para uso forrajero con registro comercial en Colombia

Nombre de la variedad	Código de mejoramiento	Zona de adaptación y año de liberación	Características de interés
Corpoica SM 1438-2	SM 1438-2	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba y Magdalena medio santandereano - 2011	Rendimiento de 46 t/ha con tres cortes a una densidad de 40.000 plantas/ha. Contenido de proteína de 25,1 % y contenido de materia seca de 22 % (Rivero et al., 2015).
Corpoica SM 2612-24	SM 2612-24	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba - 2011	Rendimiento de 44 t/ha con tres cortes a una densidad de 40.000 plantas/ha. Contenido de proteína de 23,8 % y contenido de materia seca de 22,7 % (Rivero et al., 2015).
Corpoica SM 1511-6	SM 1511-6	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba y Magdalena medio santandereano - 2011	Rendimiento de 47 t/ha con tres cortes a una densidad de 40.000 plantas/ha. Contenido de proteína de 25,2 % y contenido de materia seca de 24,1 % (Rivero et al., 2015).
Corpoica SM 2546-40	SM 2546-40	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba - 2011	Rendimiento de 50 t/ha con tres cortes a una densidad de 40.000 plantas/ha. Contenido de proteína de 21,9 % y contenido de materia seca de 23,5 % (Rivero et al., 2015).
Corpoica SM 2081-34	SM 2081-34	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba - 2011	Rendimiento de 62 t/ha con tres cortes a una densidad de 40.000 plantas/ha. Contenido de proteína de 26,4 % y contenido de materia seca de 20,2 % (Rivero et al., 2015).

Fuente: Elaboración propia

Capítulo II

Recomendaciones previas para la producción de semilla o material de propagación

Marco legal

La norma vigente para la producción de semilla de yuca es la Resolución 3168 de 2015 (ICA, 2015a), complementada con la Resolución 3188 de 2015 (ICA, 2015b), donde se categoriza la semilla para esta especie como certificada o seleccionada; ello depende del origen de obtención del cultivar o de la variedad. La semilla por propagar debe producirse en la categoría certificada si el clon proviene de un proceso de mejoramiento genético con control de generaciones, es decir, donde el hombre controla los cruzamientos entre clones con características de interés y selecciona entre la progenie los individuos de mejores respuestas, en un proceso sucesivo hasta identificar plantas con características superiores para ser consideradas nuevas variedades. Si proviene de un proceso sin control de generaciones, la semilla obtenida estaría en la categoría seleccionada.

Se debe tener en cuenta que para la propagación y distribución de semilla de yuca se deben cumplir las disposiciones presentes en la citada Resolución 3168/2015, en la que se indica que la semilla de variedades de yuca producto del mejoramiento genético se debe entregar en la categoría *certificada*, pasando por las categorías *básica* y *registrada*, cada una con un ciclo de siembra previo al anterior, para lo cual se debe inscribir el campo de multiplicación de semilla ante el ICA en cada categoría, para la debida inspección (ICA, 2015a).

Procedencia del material vegetal

Para la producción de material de siembra de yuca a partir de miniestacas, se sugiere el uso de estacas provenientes de huertos reconocidos e inscritos preferiblemente ante el ICA, con el fin de asegurar la calidad (genética, sanitaria, física y fisiológica) del material de siembra por propagar, y que en lo posible cuente con el registro de propagación de semillas expedido por el ICA. De este modo, se podrá tener conocimiento sobre las características morfoagronómicas destacadas de las variedades que se propagarán según el uso y zona de adaptación, así como conservar los componentes de calidad de la semilla descritos a continuación:

- *Calidad genética.* Es necesario verificar que el material de siembra provenga del cultivar (regional o comercial) que se desea incrementar y que no presente mezcla de clones. Preferiblemente, el material que se propagará debe provenir de un lote de limpieza genética en el que se realiza la separación de plantas atípicas de las plantas que cumplen con las características reconocidas de la variedad, y se garantice la uniformidad del clon o variedad. Si existe alguna duda sobre la identidad genética de la variedad, se deben emplear descriptores fenotípicos o marcadores moleculares para verificar la identidad al comparar con una planta tipo.
- *Calidad sanitaria.* Es preciso validar que el material que se propagará esté libre de plagas y enfermedades mediante monitoreo, para controlar o descartar la presencia de insectos o patógenos durante el desarrollo del cultivo. Se sugiere monitorear principalmente ácaros (*Tetranychus urticae* [ácaro rojo], *Oligonychus peruvianus*), barrenador de tallo (estados larvales de *Coleostermes* spp., *Lagochirus* spp. [Coleóptera] y *Chilomina* sp. [Lepidóptera]), defoliadores y enfermedades virales con síntomas visibles (mosaico común americano y mosaico caribeño).

En el momento de la cosecha, se debe realizar un monitoreo para la identificación de enfermedades sistémicas que presentan los síntomas en las raíces, como

es el caso del cuero de sapo; para este agente patógeno, se debe prevenir su diseminación mediante la selección positiva de la semilla, que consiste en realizar la revisión de las raíces de las plantas al momento de la cosecha, utilizando la escala de evaluación de los síntomas de la enfermedad propuesta por Álvarez et al. (2015):

- Grado 0: raíces engrosadas asintomáticas; cáscara delgada y flexible.
 - Grado 1: raíces engrosadas, algunas de ellas con pocas fisuras o hendiduras en forma de labios; cáscara levemente opaca y poco flexible.
 - Grado 2: raíces engrosadas, muchas de ellas con pocas fisuras o hendiduras en forma de labios; cáscara opaca y quebradiza.
 - Grado 3: número más alto de fisuras o hendiduras en forma de labios en cualquier zona de la raíz (basal, intermedia, distal), con leve disminución del grosor de las raíces; cáscara opaca y quebradiza.
 - Grado 4: presencia de red o panal de depresiones y bordes en forma de labios, en pocas o en muchas raíces, con moderada reducción del grosor de las raíces; cáscara gruesa, corchosa y quebradiza.
 - Grado 5: presencia de red o panal en muchas raíces, con severa reducción del grosor de las raíces, que adquieren apariencia leñosa o fibrosa; cáscara gruesa, corchosa y quebradiza.
-
- *Calidad física.* Hay que evitar daños físico-mecánicos al tallo durante y después de la cosecha de las ramas que se usarán como fuente de semilla, ya que se pueden generar daño a los puntos de crecimiento vegetativo (yemas) y causar heridas que faciliten el ingreso de plagas y enfermedades; además, las heridas (golpes y raspaduras) que se generan en la corteza del tallo facilitan la rápida deshidratación.
 - *Calidad fisiológica.* Se debe asegurar el porcentaje de humedad y estado nutricional de la estaca, el control del tiempo de almacenamiento para evitar la pérdida de humedad, y la viabilidad de las yemas. Igualmente, se debe asegurar que la edad de la planta oscile entre los 7 y 18 meses para obtener material apto para la propagación. Para asegurar la calidad de la semilla para la siembra, se recomienda mantener el “rincón de la fortuna”, que consiste en escoger un área del lote y tomar el 10 % exclusivamente para la producción de material de siembra, al que periódicamente se le realizan controles, fertilización, monitoreo y erradicación de plantas fuera de tipo o sintomáticas, con el fin de cumplir con los requisitos establecidos en el anexo 1 de la Resolución 3168/2015 para semilla certificada de yuca (ICA, 2015a).

Registro de información

Para el registro de la información, concerniente a las prácticas agrícolas realizadas en la producción del material vegetal, se recomienda utilizar un sistema de trazabilidad que permita identificar el inventario de producción y registrar el flujo de información que se genere en el proceso de propagación. También se debe implementar el uso del libro de campo por lote de producción, donde se consignen las actividades realizadas. Se sugiere que la primera página del libro asocie la información relacionada con la ubicación georreferenciada del huerto básico, código de registro del lote ante el ICA, cultivar por propagar, cantidad de inventario por producir, procedencia del material inicial y persona responsable del inventario por producir.

Análisis de suelo

Idealmente, es necesario realizar un análisis de suelo del sitio donde se establezca la unidad productiva (propagación de semilla) para conocer el nivel de fertilidad del suelo; de esta manera, se puede suministrar al cultivo los nutrientes necesarios para recuperar, sostener y mantener la fertilidad, así como para elevar la productividad (figura 1). El servicio de análisis de fertilidad completo se puede solicitar en el laboratorio de química analítica de AGROSAVIA, ubicado en el Centro de Investigación Tibaitatá.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 1. Toma de muestra de suelo. a. Toma de muestra de suelo a 20 cm de profundidad; b. Pesaje de 1 kg de suelo (muestra disturbada) para análisis en laboratorio.

La recomendación de fertilizantes como práctica nutricional y de manejo del suelo en el cultivo de yuca se realiza de acuerdo con la relación suelo-planta-agua, como un sistema dinámico, compuesto por las fases sólida, líquida, gaseosa y biológica.

Los nutrientes disponibles en el suelo se remueven constantemente y la planta puede absorber los elementos necesarios para su metabolismo en la solución que se encuentra alrededor de las raíces. Tomando como referencia los niveles de extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas cosechadas, y de acuerdo con los estudios realizados por Cadavid (2002) y Cadavid (2007), se recomienda realizar la aplicación de fertilizantes utilizando 4,42 kg de nitrógeno (N), 0,67 kg de fósforo (P), 3,58 kg de potasio (K), 1,36 kg de calcio (Ca), 0,82 kg de magnesio (Mg) y 0,42 kg de azufre (S).

Riego suplementario

En el sistema productivo de yuca no se presentan pérdidas totales de cosecha en periodos con ausencia de lluvias; sin embargo, si un periodo de sequía se presenta en el inicio del cultivo, esto puede llevar a una alta reducción en la producción de raíces y en el material de siembra vegetativo en algunas variedades. Se debe disponer de una fuente de agua cercana que asegure riego al cultivo de acuerdo con su requerimiento. Mohankumar et al. (1984, citado por López, 2002) encontraron que, al suministrar riego durante periodos secos, a razón de 20 mm por semana, se aumenta el rendimiento de las raíces en cerca de 60 %.

Para asegurar el prendimiento de la semilla vegetativa de yuca mediante la técnica de miniestacas, se debe suministrar agua por medio de riego suplementario como riego por goteo (figura 2) o riego por aspersión de baja descarga, o encontrarse en época de lluvias al momento de la siembra y durante las primeras dos semanas (fase de enraizamiento) de establecido el cultivo, debido a que la miniestaca reduce significativamente el contenido de agua, al tener un tamaño más pequeño que la semilla convencional.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 2. Sistemas de riego. a. Cinta de riego por goteo sobre surcos; b. caballones.

Manejo ambiental

Se sugiere que la dosificación y aplicación de productos biológicos o de síntesis química que se utilizará en el manejo nutricional del cultivo, control de arvenses, plagas y enfermedades (figura 3) se realice con base en los resultados de los monitoreos, las recomendaciones del producto y contando siempre con la asesoría de un ingeniero agrónomo. El uso indiscriminado de insumos químicos puede contaminar el agroecosistema, disminuir las poblaciones de organismos benéficos y aumentar el riesgo de propiciar el desarrollo de plagas y enfermedades.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 3. Aplicación de productos para control de arvenses en el cultivo de yuca. a. Revisión de la recomendación técnica del producto; b. Uso correcto de elementos de protección personal.

Capítulo III

Identificación del huerto para la selección de plantas madre

Selección de huerto básico para la obtención de plantas madre

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

- Tener identificado el material vegetal y su procedencia.
- Contar con un huerto básico de semilla establecido en la zona cerca de la finca donde se realiza la propagación de semilla por miniestacas, para evitar el movimiento de posibles plagas y patógenos.
- Contar con un lote con buen manejo cultural y agronómico, donde el control fitosanitario y manejo nutricional se realice siguiendo las recomendaciones técnicas para el cultivo de la yuca.
- Contar con un lote donde no se presente mezcla de variedades o clones. Esto ayuda a mantener la identidad genética del cultivar que se propagará mediante las miniestacas (figura 4). Puede ocurrir que en un lote comercial se puedan mezclar

fácilmente los cultivares por germinación de semilla sexual proveniente de siembras anteriores. Esta situación puede ocurrir cuando el mismo lote se siembra sucesivamente sin descanso o rotación.

- Contar con un lote con fácil acceso para el transporte de las ramas (tallos) de la planta de yuca para ser usada como semilla, a fin de reducir los tiempos de transporte y evitar daños de las ramas.



Foto: Eberto Rodríguez Henao

Figura 4. Lote establecido con la variedad Corpoica Cumbre 3 para propagación vegetativa de yuca por miniestacas.

Selección de plantas madre para la obtención de semilla vegetativa

Una vez identificado el huerto básico, el paso siguiente es identificar las plantas madre dentro del lote. Para ello, se deben tener en cuenta los cuatro componentes de calidad del material vegetal de propagación.

Calidad genética

El mejoramiento genético de la yuca está orientado a buscar y escoger los mejores genotipos adaptados a las diferentes zonas agroecológicas. Cuando se convierten en variedades, se recomienda la siembra a nivel comercial, lo que significa iniciar un programa de multiplicación masiva por medio de estacas para mantener y asegurar

la identidad genética. El uso de variedades mejoradas es una práctica recomendada para la producción comercial de raíces de yuca. Por sus características sobresalientes, los cultivares regionales de amplio uso deben ser identificados en campo para garantizar su identidad genética antes de la propagación comercial del material de siembra. Si hay dudas, se puede recurrir a pruebas moleculares y comparar con el material tipo de una planta reconocida por los agricultores del cultivar regional.

La calidad genética se asegura al seleccionar y sembrar estacas de cultivos certificados por el ICA (López, 2002), para evitar la mezcla de material de siembra de diferentes variedades. Si el clon que se propaga es un cultivar nativo con buenas características para la producción comercial, se recomienda que su propagación se realice de acuerdo con las indicaciones de calidad descritas en este manual. Asimismo, los factores genéticos pueden influir en la producción de semilla al relacionarse con la variabilidad de los clones en características como el tamaño, la arquitectura de la planta y el vigor (figura 5), ya que la cantidad de ramas por obtener depende del crecimiento total de la parte aérea de la planta. De este modo, se obtiene mayor cantidad de estacas en variedades con mayor desarrollo de ramas que en variedades con menor desarrollo, aunque dependerá también del hábito de ramificación, que permite conocer la disponibilidad de tallos primarios y secundarios, teniendo en cuenta que variedades con ramificación tardía presentan mayor proporción de tallos que las de ramificación temprana, de donde se obtendrá un mayor número de estacas y de mayor peso promedio para la siembra.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 5. Selección de plantas para obtención de semilla de acuerdo con algunas características de interés. a. Selección de plantas vigorosas del clon GM 3790-2; b. Selección de plantas con grosor de tallo entre 2 y 4 cm de diámetro del clon SM3553-27.

En la selección de plantas madre, se deben descartar las plantas atípicas, que son todas aquellas plantas que no expresan las características fenotípicas de la variedad o cultivar, las cuales deben ser erradicadas y descartadas para su uso como fuente de semilla. Para mayor garantía de la identidad genética de las variedades o cultivares que se propagarán, se recomienda el uso de plantas *in vitro* (figura 6) provenientes del Banco de Germoplasma Alianza Bioversity International - CIAT, o plantas madre procedentes de centros de investigación o entidad encargada del registro y liberación de las variedades mejoradas como AGROSAVIA. Si se cuenta con un lote de plantas madre y se tiene duda sobre la identidad genética de este, se debe realizar una comparación con el uso de descriptores fenotípicos y marcadores moleculares con plantas previamente identificadas de la variedad o cultivar deseado.



Foto: Lina V. Garavito-Morales

Figura 6. Plantas de yuca *in vitro* de la variedad Corpoica Cumbre 3, procedentes de la Alianza Bioversity International - CIAT.

Calidad física

Para asegurar la calidad física de las estacas para uso como semilla, se debe tener cuidado de no causar daños mecánicos por impacto o roce entre las estacas, como cortes, fracturas, magulladuras y heridas en general durante su cosecha, transporte, almacenamiento o acondicionamiento. Los daños físicos causados a la semilla tienen una relación directa con la pérdida de calidad fisiológica del material de siembra y una relación directa con el prendimiento de las miniestacas, ya que los daños físicos por roce e impacto pueden causar el daño de la yema. Debido a que la técnica de

propagación masiva de yuca por miniestaca aprovecha cada una de las yemas como fuente de una nueva planta, la calidad física garantiza el éxito del proceso. Por eso, es necesario el uso de una herramienta de corte limpio y rápido, que no genere rupturas o desgarres a la estaca, de manera que garantice la calidad física de la fuente de semilla y mantenga un buen prendimiento para generar una nueva planta.

Algunos factores, como el genotipo, el clima, el tipo de suelo, el nivel de fertilidad, el control de arvenses y los cultivos intercalados, influyen en la cantidad de semilla por producir. El número de estacas aprovechables para siembra aumenta a medida que se lignifican los tejidos de la planta, encontrándose variedades que, para condiciones de clima cálido, a partir de los 12 meses el número de estacas aumenta, mientras que en otras variedades tienden a disminuir por la excesiva lignificación que genera un cubrimiento de las yemas o por brotación de estas.

Se debe tener en cuenta que las ramas seleccionadas para el corte de las estacas que serán usadas como material de siembra deben estar libres de arvenses o plantas enredaderas como la batatilla (*Ipomoea* sp.), ya sea recién cosechadas o en el lugar de almacenamiento, para no generar competencia con la semilla asexual ni cubrimiento de las yemas y para no dispersar malas hierbas en el proceso de propagación de semilla.

Calidad fisiológica

La calidad fisiológica se presenta como la propiedad que tiene la estaca de brotar y generar una planta vigorosa, para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Nutrición de la semilla.* Del estado nutricional de la planta dependerá la brotación de los tallos para lograr una nueva planta, pues durante los primeros 20 a 40 días después de siembra, el crecimiento se dará por el aprovechamiento de los nutrientes que se encuentran acumulados en la estaca. Plantas bien nutridas en campo permiten la obtención de tallos con buen grosor, ya que la generación del súber o corcho en reemplazo de la epidermis se da por la acumulación de xilema, cada vez que el diámetro del tallo aumenta (Ceballos & de la Cruz, 2002). La fertilidad del suelo influye en el crecimiento de la planta de yuca, especialmente en los tallos, con el consecuente aumento de las reservas de nutrientes y la generación de una mejor respuesta de la brotación al ser utilizados como material de

siembra. Los niveles de potasio (K) y su equilibrio con el nitrógeno (N) y el fósforo (P) permiten obtener una mejor producción de raíces. López (2002) reportó que, en plantas con fertilización durante el ciclo de producción, se llegó a obtener un rendimiento promedio de 27 t/ha de raíces totales para la variedad MCOL 1684; por lo tanto, utilizar estacas con buena calidad nutricional le permitirá al agricultor obtener mejores rendimientos y una mayor producción de las variedades de yuca.

- *Edad de la semilla.* Cuando se presenta un aumento en la edad del tejido, los tallos se consideran maduros y aptos para obtener semilla. Se pueden escoger partes maduras del tercio medio de la planta, donde se descarta la parte herbácea, debido a que contiene un bajo contenido de materia seca y con alta probabilidad de deshidratarse posterior a la siembra.

Bajo condiciones del valle geográfico del río Cauca, a 1.000 m s. n. m., donde el ciclo del cultivo dura diez meses, se pueden cosechar ramas para su uso como fuente de semilla asexual a partir del séptimo mes después de siembra; sin embargo, se sugiere que se levante el cultivo para revisar las raíces y realizar una selección positiva del material de siembra, con el fin de comprobar la ausencia de síntomas de cuero de sapo y asegurar la calidad fisiológica a partir del grosor, contenido nutricional y de humedad (70 %) en la semilla.

- *Viabilidad de la semilla.* Está relacionada directamente con la humedad de las estacas, que empiezan su deshidratación una vez son cortados los tallos de la planta, y se acelera cuando se encuentran almacenados en lugares de altas temperaturas y baja humedad relativa. López (2002) observó que la disminución del 20 % en el contenido de humedad puede ocasionar una reducción del 50 % en la brotación de las semillas. Para estimar el contenido de humedad por método visual en campo, se debe realizar el corte del tallo y observar si el látex fluye inmediatamente como se observa en la figura 7, como un indicador de buen contenido de humedad; cuando una estaca se deshidrata, es más lenta la aparición del látex y en menor cantidad.



Foto: Lina V. Caravito-Morales

Figura 7. Corte transversal de tallo de yuca de la variedad Corpoica Cumbre 3, con características adecuadas para uso como material de siembra. a. 50 % del tallo con corcho; b. 50 % del tallo lignificado; c. Presencia de látex.

Calidad fitosanitaria

Producir material de siembra implica mantener la semilla libre de problemas sanitarios, ocasionados principalmente por enfermedades (hongos, bacterias, fitoplasmas y virus) y por plagas (insectos y ácaros), como agentes que reducen la calidad y la cantidad de estacas/planta del material de propagación y afectan el rendimiento de raíces y futuro material de siembra (Lozano et al., 1986, citado por López, 2002).

Los agentes causales de enfermedades en el cultivo de yuca como hongos, bacterias, fitoplasmas y virus pueden transmitirse a través del material de siembra, lo que ocasiona daños importantes como la reducción del prendimiento y hasta la muerte de la planta luego de la brotación, debido al reducido vigor de esta. Asimismo, reducen el número de raíces comerciales y, por ende, generan una pérdida del rendimiento; además, los inóculos de estos patógenos pueden prevalecer en la planta y tener la capacidad de afectar plantaciones futuras (Cadavid, 2002).

Se debe tener en cuenta que el material de propagación de yuca debe seleccionarse de plantas vigorosas y sanas, libres de plagas y enfermedades. Seleccionar las mejores plantas de acuerdo con el tipo, vigor, estado nutricional y fitosanitario, por medio de muestreos y toma de datos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, permitirá generar un criterio de selección preciso para la obtención de la semilla. Se debe definir el momento oportuno de cosecha, de acuerdo con el comportamiento fisiológico del cultivo y las características climáticas de la zona, ya que el número de estacas que se pueden obtener disminuye cuanto más jóvenes se encuentren las plantas.

Para promover la calidad sanitaria, física y fisiológica del material de siembra, se pueden emplear diferentes insumos para el manejo de problemas fitosanitarios (control de plagas y enfermedades), que mejoran la nutrición de las plantas madre, los cuales deben ser avalados por un especialista antes de su aplicación (tabla 4).

Tabla 4. Insumos agroquímicos empleados en la propagación masiva de material de siembra de yuca a partir de miniestacas

Insumos	Especificaciones	Dosis
Coadyuvante	Coadyuvante no iónico, que incrementa la eficiencia de los ingredientes activos de los productos por su poder de reducción de tensión superficial del agua de aplicación. Ingrediente activo: Alquil poliéter alcohol etoxilado	1 mL/L
Insecticida	Insecticida. Ingrediente activo: 141Tiametoxam + 106Lambdacihalotrina.	1 g/L
Fungicida	Fungicida. Ingrediente activo: Fosetil de aluminio.	2,5 g/L
Inductores de crecimiento	Regulador fisiológico de crecimiento radicular. Ingrediente activo: 1-Ácido Naftalenacético	1 g/L
	Promotor de desarrollo radicular. Fertilizante completo NPK con aminoácidos: N (7 %), P (47 %), K (6 %), C (18 %), aminoácidos totales (3%).	5 g/L
Materia orgánica compostada	Abono orgánico obtenido mediante el compostaje de residuos orgánicos.	500 g/planta
Micorriza	Inoculante que contiene raíces colonizadas y micelio externo de hongos benéficos.	100 g/planta
Fertilizantes*	La primera aplicación edáfica se realiza con 30 g por planta a los 30 días después de siembra (dds) y la segunda aplicación a los 45 dds, de la siguiente mezcla: DAP* 55 %, Agrimins* 22 %, KCl* 13 %, Sulfato de Magnesio* 5 %, Sulfato de Manganeso* 5 %.	30 g/planta a los 30 dds y 45 dds

* De acuerdo con el resultado del análisis químico del suelo donde se va a establecer el cultivo, se sugiere el plan de fertilización tomando como referencia el nivel de extracción en kg/ha de 4,42 kg de nitrógeno (N), 0,67 kg de fósforo (P), 3,58 kg de potasio (K), 1,36 kg de calcio (Ca), 0,82 kg de magnesio (Mg) y 0,42 kg de azufre (S), mediante la extracción media de nutrientes por tonelada de raíces frescas (Cadavid, 2002; Cadavid, 2007).

Fuente: Elaboración propia

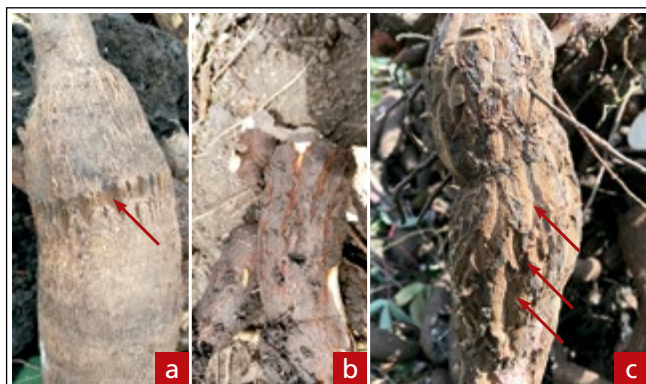
Capítulo IV

Cosecha de plantas madre para el acondicionamiento de miniestacas

La cosecha de cada una de las plantas seleccionadas se debe realizar mediante la observación detallada de las raíces, con el fin de realizar selección positiva para identificar síntomas de la *enfermedad del cuero de sapo* (ECS) (figura 8) y descartar la semilla de los individuos que presenten síntomas²; para eso, se arrancan las raíces unidas al tallo que se va a usar como fuente de semilla una vez se descarte la presencia de ECS, y se cosecha y apartan las ramas que van a ser usadas como fuente de semilla (figura 9).

El corte de los tallos debe hacerse de la mayor longitud posible para evitar deshidratación y pérdida de yemas en los extremos del tallo. La cosecha se realiza con una herramienta filosa (machete) para evitar daños físicos. La parte superior se descarta en campo por no presentar grosor adecuado (mínimo 3 cm) y por presentar tallos jóvenes no lignificados, que se deshidratan

2 La sintomatología de la Enfermedad del Cuero de Sapo se observa con mayor facilidad en las raíces, las cuales se tornan leñosas, su cascara se vuelve gruesa, corchosa y quebradiza, toma un color opaco y no desprende fácilmente. Además, presenta depresiones con bordes en forma de labios que se unen, muy similar a una red o panal (Álvarez et al., 2015).



Fotos: Eberto Rodríguez Hcnao

Figura 8. Algunos síntomas de la enfermedad del cuero de sapo (ECS) en raíces de yuca. a. Grado 2, correspondiente a raíces engrosadas, muchas de ellas con pocas fisuras o hendiduras en forma de labios, con cáscara opaca y quebradiza; b. Grado 3, correspondiente a un número más alto de fisuras o hendiduras en forma de labios en cualquier zona de la raíz (basal, intermedia, distal), con leve disminución del grosor de las raíces, y con cáscara opaca y quebradiza; c. Grado 4, correspondiente a la presencia de red o panal de depresiones y bordes en forma de labios, en pocas o en muchas raíces, con moderada reducción del grosor de las raíces, y con cáscara gruesa, corchosa y quebradiza (Alvárez et al., 2015).



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 9. Cosecha en cultivo de yuca. a. Arranque de planta con arrancador de hierro; b. Planta cosechada para observación de síntomas de la ECS; c. Confirmación visual de síntomas en raíces; d. Raíces sanas sin ECS.

rápidamente y cuyas yemas pierden viabilidad pocas horas después del corte, por lo que no se utilizan como fuente de semilla (figura 10).



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 10. Corte y selección de tallos de yuca. a. Corte del tallo de la planta; b. Selección y corte de tallos; c. Tallos de yuca con longitud y grosor adecuado para uso como semilla.

Si se realiza la cosecha de más de una variedad o cultivar, se deben cosechar por separado para asegurar que no haya mezcla entre tallos y, de esta manera, evitar la pérdida de la identidad genética. En lo posible, se debe realizar el procedimiento por separado entre variedades o cultivares, de tal manera que, una vez se finalice el proceso con una variedad, se continúe con otra. Se debe marcar o etiquetar con el nombre del cultivar o variedad los tallos que se usarán como fuente de semilla, con mayor razón cuando se requiere propagar más de una variedad al mismo tiempo. Se deben emplear etiquetas de marcación con la información correspondiente a cada clon en todos los procesos de la propagación, desde cosecha de semilla hasta siembra en campo.



Capítulo V

Acondicionamiento del material para siembra

Transporte y almacenamiento de la semilla

Los tallos deben ser transportados al área de almacenamiento después de la cosecha, para evitar el daño causado por el golpe directo de los rayos solares posterior al deshoje. Los tallos seleccionados se deben acomodar en paquetes de máximo 20 unidades de la mayor longitud posible, de acuerdo con el clon (variedad), y amarrados fuertemente para evitar que se desorganicen; si son más de dos clones, se debe rotular de forma clara para evitar la pérdida de su identificación (figura 11).



Fotos: Eberto Rodríguez Henao

Figura 11. Tallos de yuca para uso como semilla vegetativa. a. Tallos organizados en paquetes para el transporte; b. Tallos organizados verticalmente para su almacenamiento.

Durante el transporte, se deben evitar daños mecánicos y roce entre los paquetes de tallos, para no generar daño de las yemas. Las ramas deben almacenarse en posición vertical y verificar el tropismo de las yemas (deben apuntar hacia arriba), en la misma posición, tal y como crece la planta en campo; de esta manera, se reduce la pérdida de material de siembra por brotación.

Durante el almacenamiento de las varas, se pueden presentar algunos problemas como deshidratación, rebrotes de yemas y ataque de algunas plagas. Estos daños reducen gradualmente la cantidad de material apto para siembra con el paso del tiempo (López, 2002). Por lo tanto, el almacenamiento de las varas debe hacerse preferiblemente bajo sombra (árboles) y en contacto con el suelo previamente removido y humedecido.

Como alternativa al almacenamiento, se puede dejar una parte del cultivo sin cosechar y disponer las ramas en posición vertical en su interior, ya que el ambiente adecuado para este proceso es el que genera la misma plantación. La brotación de las yemas inicia cuando los tallos cumplen un mes de almacenamiento y esto conlleva la pérdida del material de siembra, ya que, de acuerdo con lo reportado por Luna (1984, citado por López, 2002), se presenta una pérdida de semilla del 52 % y 63 % una vez han transcurrido 60 y 90 días de almacenamiento, respectivamente.

Para la propagación masiva de semilla de yuca por miniestacas, el tiempo entre cosecha, almacenamiento, acondicionamiento y siembra no debe exceder las dos semanas, para evitar pérdida de viabilidad de yemas (semilla por miniestaca) y aprovechar al máximo el potencial propagativo de la especie. Se recomienda realizar la siembra por miniestacas inmediatamente después de la cosecha, teniendo en cuenta las condiciones agroclimáticas adecuadas para el cultivo en la zona de interés.

Acondicionamiento de miniestacas

La propagación comercial de la yuca se realiza vegetativamente a través de estacas de 20 a 30 cm de longitud, en las que se pueden encontrar entre cinco y diez yemas, dependiendo del clon o variedad (Aguilar et al., 2017). Este sistema presenta una baja tasa de multiplicación vegetativa, ya que una planta madura produce en promedio diez a cinco estacas, cantidad que se ve afectada en clones con bajo desarrollo vegetativo y por condiciones desfavorables del cultivo (López, 2002). Esta tasa de propagación permite obtener de una planta madura hasta diez o cinco semillas vegetativas para la siembra comercial, es decir, una relación 1:10 o 1:5, dependiendo del clon y el vigor de la planta (Nurul-Nahar & Tan, 2012).

Para el caso de la producción masiva de semillas mediante el uso de miniestacas, se utiliza la mínima fracción posible para la obtención de una nueva planta (Nurul-Nahar & Tan, 2012); es decir, se cortan fracciones de tallo con mínimo una yema viable, así la relación en producción de material de semilla se incrementa de diez o cinco semillas vegetativas a 80 o 50 semillas de miniestacas por cada planta cosechada, que representará un incremento significativo, pasando de 10 a 80 semillas en el mejor de los casos o de cinco a 50, lo que representa un incremento de hasta diez veces la tasa de propagación.

La preparación de la semilla por miniestacas se divide en dos momentos: el primero es el más delicado, que corresponde al corte de la miniestaca; el segundo es el tratamiento químico:

Corte de miniestacas

El corte de miniestacas se realiza de forma transversal al tallo, con un equipo de corte (eléctrico o manual) para garantizar una incisión precisa que no genere daño por desgarrar de la corteza en la miniestaca, lo que puede ocasionar daño a su yema (figura 12). Para el uso adecuado de las herramientas de corte, se debe contar con los elementos adecuados de protección para la actividad, tales como guantes, gafas y camisa de manga larga, así como tomar las medidas de precaución que especifique el fabricante del equipo.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales y Eberto Rodríguez Henao

Figura 12. Acondicionamiento de miniestacas de yuca. a. Corte manual con segueta (Cock et al., 1976); b. Corte con sierra de mesa.

El corte se hace aproximadamente cada 5 cm, con la verificación de la presencia de una o dos yemas de buena calidad: que no presente daño mecánico y que la yema se encuentre viable, sin afectaciones. La presencia de una o dos yemas depende de la sección del tallo de donde se obtenga la miniestaca: si proviene del primer tercio inferior del tallo, donde los entrenudos son cortos, se pueden obtener dos yemas; si la miniestaca proviene de la parte superior del tallo, donde los entrenudos son más largos, la miniestaca posiblemente tendrá una sola yema (figura 13).



Fotos: Lina V. Garavito-Morales

Figura 13. Miniestacas de yuca. a. Corte preciso en miniestaca con dos yemas viables; b. Miniestacas de yuca listas para tratamiento químico.

El corte de las miniestacas no se debe realizar con machete, ya que se corre el riesgo de dañar y desgarrar la yema lo cual afectaría la calidad de la semilla y posiblemente podría afectar el prendimiento de la miniestaca en campo.

Tratamiento químico (desinfección e inductores de crecimiento)

La desinfección de las miniestacas se realiza siguiendo el protocolo de preparación de estacas convencionales para la eliminación de plagas y enfermedades en la semilla. Las miniestacas se sumergen durante 15 minutos en una solución que contiene los siguientes productos en mezcla para 100 L de agua: Inex-A® 100 mL, Actara® 100 g, Fosetyl de Aluminio® 250 g, con la finalidad de prevenir o controlar plagas y enfermedades que puedan estar en la semilla. Adicionalmente, junto con el tratamiento químico, se adicionan los inductores de crecimiento de raíces Rootex® 500 g y Hormonagro® 100 g, para facilitar el crecimiento y desarrollo de raíces y favorecer el prendimiento de la semilla. Después de la desinfección y antes de la siembra, las miniestacas se dejan secar a la sombra durante 20 minutos.

Capítulo VI

Siembra del material de propagación en campo

Para la producción masiva de miniestacas, se realiza el establecimiento del cultivo siguiendo la metodología convencional de producción comercial para obtención de raíces. La preparación del suelo permite una aireación e infiltración adecuada, lo que genera condiciones óptimas para el establecimiento del cultivo y la brotación. En general, de la preparación adecuada del terreno dependen otras labores culturales. Se recomienda el arado del terreno para romper la capa arable, airear el terreno y facilitar el desarrollo de raíces, mediante el uso de maquinaria o bueyes, según lo permita el terreno (figura 14). La densidad de siembra más utilizada para la producción de raíces de yuca es de 10.000 plantas por hectárea, con distancias de siembra de 1 m entre surco y 1 m entre plantas, o 1,2 m entre surcos y 0,85 m entre plantas.



Fotos: Lina V. Garavito-Morales y Eberto Rodríguez Henao

Figura 14. Preparación del terreno. a. Con tractor; b. Con bueyes (yunta).

El incremento del material de siembra de yuca mediante la técnica propagación por miniestacas requiere de actividades específicas para asegurar su prendimiento y adecuado desarrollo, debido a que la semilla por miniestaca es de menor tamaño y requiere mayores cuidados. A continuación, se describen los momentos que se deben tener en cuenta dentro del proceso de propagación masiva de semilla de yuca por miniestacas.

Incorporación de materia orgánica y micorrizas

Previamente a la siembra de la miniestaca, en cada hueco se incorporan 500 g de materia orgánica enriquecida con micorrizas (100 g) para favorecer el desarrollo radical y crecimiento de la nueva planta (figura 15).



Foto: Lina V. Garavito-Morales

Figura 15. Aplicación de materia orgánica y micorrizas antes de la siembra.

Siembra de miniestacas

Posterior al tratamiento químico de la miniestaca, estas se siembran prontamente para evitar deshidratación. La siembra se realiza ubicando la miniestaca de manera horizontal (acostada), con la yema hacia arriba (superficie), a 5 cm de profundidad, cubriéndola por completo, pues de no hacerlo se corre el riesgo de que se deshidrate rápidamente al quedar expuesta a los rayos del sol (figura 16).



Foto: Lina V. Garavito-Morales

Figura 16. Siembra de miniestacas de yuca sobre la cresta del caballón con el suelo húmedo.

Riego suplementario

Para asegurar el prendimiento de las miniestacas, se debe mantener la humedad en el suelo durante el primer mes del establecimiento del cultivo. Para ello, se debe hacer un riego suplementario, ya sea a través de riego por goteo, riego por aspersión de baja descarga o, de lo contrario, realizar la siembra en época de lluvias.

Nutrición

Se debe realizar la fertilización química fraccionada en dos momentos a los 30 y 45 días después de la siembra en campo, según los resultados del análisis de fertilidad del suelo y los requerimientos nutricionales del cultivo, con una extracción de nutrientes de referencia del cultivo por cada tonelada de raíces frescas de 4,42 kg de

nitrógeno (N), 0,67 kg de fósforo (P), 3,58 kg de potasio (K), 1,36 kg de calcio (Ca), 0,82 kg de magnesio (Mg) y 0,42 kg de azufre (S).

Posterior a la siembra del lote de producción por miniestacas, el manejo agronómico del cultivo continúa de acuerdo con el manejo técnico del sistema de producción de yuca comercial (fertilización, control de arvenses, control de plagas y enfermedades), mediante monitoreos constantes de plagas y enfermedades y siguiendo las recomendaciones técnicas para tomar decisiones en campo (figura 17).



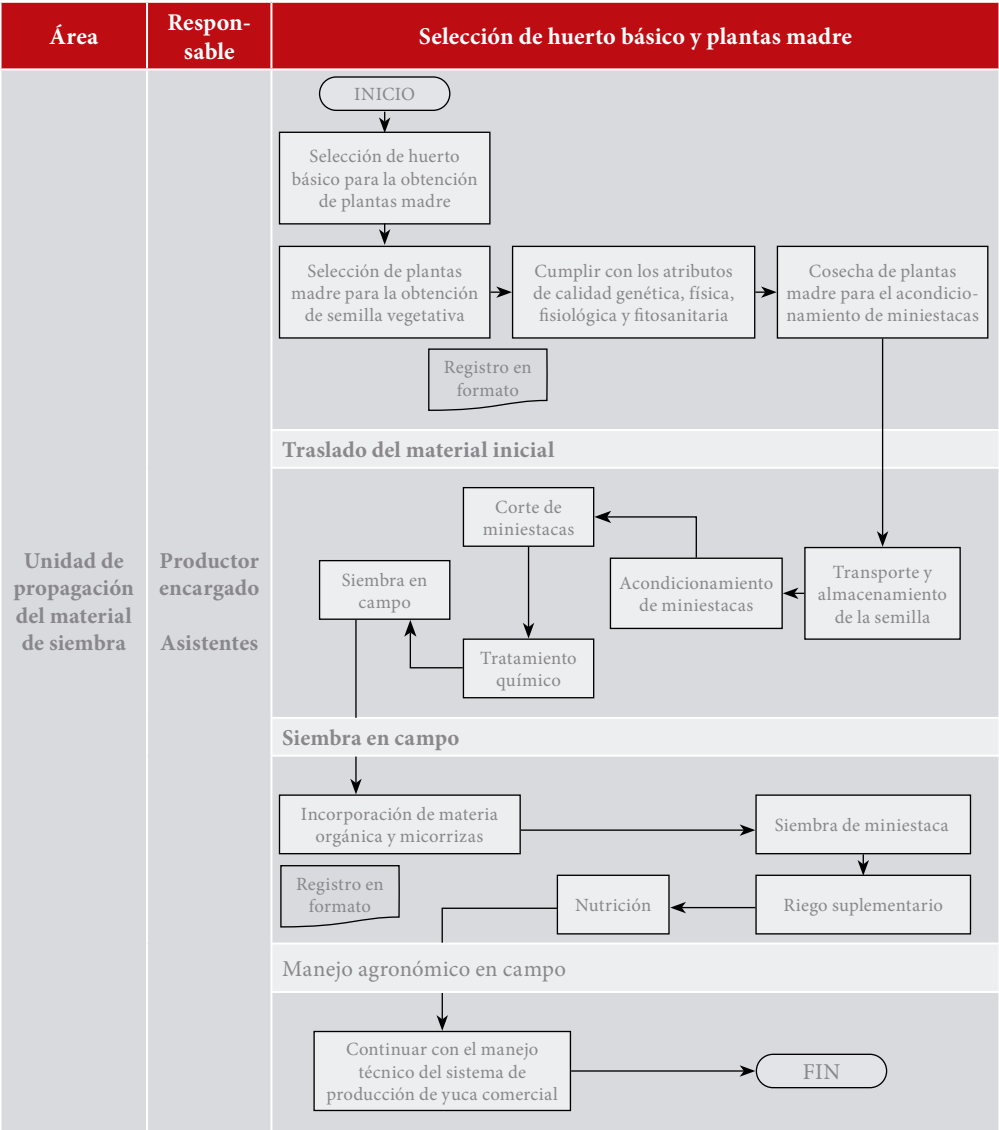
Fotos: Eberto Rodríguez-Henao y Luis F. Vargas Vivas

Figura 17. Lote de yuca propagado por miniestacas en el Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA. a. Lote de yuca un mes después de siembra; b. Lote de yuca tres meses después de siembra; c. Lote de yuca nueve meses después de siembra.

Esta metodología permite incrementar el material de siembra para plantaciones comerciales, conservar semilla de variedades mejoradas o cultivares tradicionales en un área reducida en comparación con el sistema convencional y usarlo posteriormente para incrementar el material de siembra a nivel comercial. Resultados de Nurul-Nahar y Tan (2012), al comparar semilla convencional (estacas o cangres de 20 a 30 cm de longitud con cinco a siete yemas viables) vs. miniestacas (estaca de

5 cm con una a dos yemas), no presentaron diferencias en el rendimiento de raíces frescas por unidad de área. En la tabla 5, se resume el proceso descrito en este manual de manera gráfica para facilitar su entendimiento.

Tabla 5. Diagrama del proceso para la propagación de semillas de yuca por miniestacas



Fuente: Elaboración propia



Glosario

En el proceso de propagación masiva de material de siembra de yuca por miniestacas, se manejan algunos conceptos que permiten identificar diferentes partes de la planta y determinar cuál es su función y su importancia en su desarrollo, además de conceptos de procesos involucrados en la producción de material de siembra. De este modo, y para efectos del presente manual, se citan definiciones de diversos autores con el fin de facilitar la comprensión de los lectores.

Acondicionamiento: “Proceso por medio del cual se somete a prelimpieza, secamiento, clasificación, pesaje, empaque, identificación y/o tratamiento el material vegetal cosechado” (ICA, 2015a).

Calidad de semillas: “Conjunto de atributos de la semilla que involucra los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios” (ICA, 2015a).

Calidad material vegetal de propagación: “Conjunto de atributos del material vegetal de propagación que involucra los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios” (ICA, 2020).

Control fitosanitario: “Supresión, contención o erradicación de una población de plagas” (ICA, 2020).

Copa: “Parte aérea del injerto constituida por todas las ramas y la parte superior de la planta” (ICA, 2020).

Cultivar: “Nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones utilizados como materiales comerciales de siembra” (ICA, 2015a).

Estaca: “Unidad reproductora que se obtiene separando de la planta madre un segmento que contenga zonas meristemáticas (nudos y entrenudos)” (Osuna et al, 2017, p 47).

Etiqueta: “Impreso que todo productor de semilla para siembra debe colocar en los respectivos envases y/o empaques con la información exigida en la Resolución 3168 del 2015 según su categoría” (ICA, 2015a).

Genotipo: “Constitución genética total de un organismo vivo” (ICA, 2015a).

Huerto básico: “Grupo de plantas madre con, madurez fisiológica, con estabilización de producción y plenamente identificadas con calidad genética y sanitaria de las cuales se obtendrá semilla, varetas y/o yemas para injertación” (ICA, 2020).

Material vegetal de propagación: “Todo material vegetal viable de origen asexual que se use para multiplicación para siembra, comercialización y/u ornato” (ICA, 2020).

Mejoramiento genético: “Es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares (variedades o híbridos), adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad” (ICA, 2015a).

Plaga: “Cualquier especie, raza o biotipo vegetal, animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales” (ICA, 2020).

Propagación asexual: “Es aquella que se caracteriza por la ausencia de fusión de células y se efectúa utilizando partes de la planta diferentes a la semilla sexual” (ICA, 2020).

Propagación sexual: “Es aquella que se realiza por medio de una semilla sexual que resulta de la fusión de gametos masculinos y femeninos para producir un cigoto, que al desarrollarse formará en las embriofitas un embrión y éste a su vez una nueva planta” (ICA, 2020).

Registro nacional de cultivares comerciales: “Inscripción ante el ICA de cultivares obtenidos por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos del mejoramiento genético con el fin de autorizar su producción y comercialización para la subregión natural donde fueron previamente evaluados y aprobados” (ICA, 2015a).

Semilla para siembra: “Se considera semilla el óvulo fecundado y maduro o cualquier otra parte vegetativa de la planta de un cultivar obtenido por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos que se use para la siembra y/o propagación” (ICA, 2015a).

Semilla certificada: “Es aquella proveniente de semilla básica, o de semilla registrada, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para esta categoría de semilla” (ICA, 2015a).

Trazabilidad: “Proceso que permite identificar una especie vegetal desde la producción de la semilla hasta la adquisición de los productos vegetales terminados por parte del consumidor final, incluida la producción de la semilla, la transformación, procesamiento, transporte, distribución y comercialización, y demás información asociada a todos los eslabones de la cadena productiva” (Decreto 931, 2018).

Referencias

- Aguilar, E., Segreda, A., Saborio, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S., & Gómez, Y. (2017). *Manual del cultivo de yuca* Manihot esculenta Crantz. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Álvarez, E., Pardo, J. E., Mejía, J. F., Alves, S., Zacher, M., Cardozo, L., & Gómez, Y. (2015). *Manejo del 'cuero de sapo', enfermedad limitante de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Cadavid, L. F. (2002). Suelo y fertilización para la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Eds.), *La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 76-103). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca).
- Cadavid, L. F. (2007). *Fertilización del cultivo de la yuca* (Manihot esculenta Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca).
- Ceballos, H., Iglesias, C., Calle, F., Navas, G., Aristizábal, D., & Gaitán, W. (2000). *Corpoica Reina variedad de yuca para el piedemonte llanero*. Plegable divulgativo N.º 18. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17896>
- Ceballos, H. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En B. Ospina, & H. Ceballos (Eds.), *La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 1-13). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca).
- Ceballos, H., & De la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Eds.), *La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 16-31). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio

- Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca).
- Cock, J. H., Wholey, D., Lozano, J. C., & Toro, J. C. (1976). *Sistema rápido de propagación de yuca. Serie ES-20*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- De La Torre, J., & Hershey, C. (1991). *ICA-Costeña Nueva Variedad de Yuca de Alta Producción para la Costa Atlántica*. Plegable divulgativo N.º 232. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30197>
- Decreto 931 de 2018. “*Por el cual se crea el Sistema de trazabilidad Vegetal y se incluye como título 11 de la parte 13 del Libro 2 del decreto 1071 de 2015, Único Reglamento del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de desarrollo Rural*”. Presidencia de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86580>
- Ferreira, C. F., Alves, E., Pestana, K. N., Junghans, D. T., Kobayashi, A. K., de Jesús Santos, V., Silva, R. P., Silva, P. H., Soares, E., & Fukuda, W. (2008). Molecular characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with yellow-orange roots for beta-carotene improvement. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8(1), 23-29. <https://doi.org/10.12702/1984-7033.V08N01A04>
- Fuenmayor, C. F. C. F., Montilla, J., Albarrán, J. G., Pérez, M., Vaccarino, A. L. C., & Segovia, V. S. (2012). Evaluación y selección de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del INIA-Venezuela: Resultados preliminares. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 17-24. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12003>
- Gómez, P., Losada, J., & Toro, J. (1986). *Manihotica P-13 una variedad mejorada de yuca de alto rendimiento*. Boletín divulgativo N.º 78. Instituto Colombiano Agropecuario - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/14875>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015a). *Resolución 3168. “Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto de mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones”*.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015b). *Resolución 3888. “Por medio de la cual se adiciona un artículo transitorio y se modifica la Resolución ICA 3168 de 2015”*.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). *Resolución 0780006. “Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país”*.

- López, J. A., & Jaramillo, M. (2000a). *Corpoica-Caribeña variedad de yuca para consumo fresco e industrial, seleccionada por los agricultores de la región Caribe Colombiana*. Plegable Promocional N.º 3 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17867>
- López, J. A., & Jaramillo, M. (2000b). *Corpoica-Rojita variedad de yuca para consumo fresco e industrial, seleccionada por los agricultores de la región Caribe Colombiana*. Plegable Promocional N.º 4 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17894>
- López, A., Jaramillo, M., & Hernández, L. (2000a). *Corpoica-Colombiana variedad de yuca para uso industrial, seleccionada por los agricultores de la región caribe colombiana*. Plegable divulgativo N.º 01. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17868>
- López, A., Jaramillo, M., & Hernández, L. (2000b). *Corpoica Sucreña variedad de yuca para uso industrial, seleccionada por los agricultores de la región caribe colombiana*. Plegable divulgativo N.º 2. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.
- López, J. (2002). Semilla vegetativa de yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Eds.), *La yuca en el Tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 49-75). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca).
- López, J., Jaramillo, M. F., Panza, B. D., Mendoza, E., Delgado, R., Ceballos, H., Perez, J. C., Hernández, L. A., Lenis, J. I., Calle, F., Ortega, E., Iglesias, C., Morante, N., & Ramírez, J. (2004). Nuevas variedades de yuca para uso industrial en la región Caribe colombiana. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Nurul-Nahar, E., & Tan, S. L. (2012). Cassava mini-cuttings as a source of planting material. *Journal of Tropical. Agriculture and Food Science*, 40(1), 145-151.
- Osuna, H. R., Osuna, A. M., & Fierro, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Pastrana, F., Alviz, H., & Salcedo, J. (2014). Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. *Acta agronómica*, 64(1), 43935. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.43935>
- Rivero, S. T., Gómez, W. R., Salcedo, E. P., Tordecilla, L., & Ramos, E. R. (2015). *Nuevas variedades de yuca forrajera para la alimentación bovina*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13303>

- Rodríguez, N., & Hershey C. (1990). *Dos nuevas variedades de yuca de alta producción para los Llanos Orientales*. Plegable divulgativo N.º 220. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/32663>
- Rodríguez, E., Rosero, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Salazar, S., & Osorio, O. (2020). *Corpoica Cumbre 3 y Corpoica La Francesa: Dos nuevas variedades de yuca industrial para el suroccidente colombiano. Reimpresión versión corregida*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403695>
- Rosero, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Salazar, S., Morante, N., Beltrán, F., Becerra, J. J., & Sandoval, H. A. (2019). *AGROSAVIA Melúa-31 nueva variedad de yuca industrial para la Orinoquía colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403022>
- Rosero, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Lenis, J. I., Salazar, S., & García, J. L. (2020). *Corpoica Belloti, Corpoica Sinuana y Corpoica Ropain: nuevas variedades de yuca industrial para el Caribe seco y húmedo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403862>
- Silva, L. E. B., dos Santos, J. K. B., Barbosa, J. P. F., Lima, L. L. C., & de Sales-Silva, J. C. (2018). Aspectos gerais e peculiaridades sobre mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Diversitas Journal*, 3(1), 13-23. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v3i1.587>
- 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/pdf/ctr/v32n3/ctr04311.pdf>
- Toro, J. C. (1984). *Manihoica P-11 y P-12 dos nuevas variedades de yuca para Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31240>
- Vargas, H., Bolívar, L., Arias, B., & Belloti, A. (2002). *Nataima 31 variedad de yuca (Manihot esculenta Crantz) resistente a mosca blanca (Aleurotrachelus socialis Bondar) para el Valle Cálido del Alto Magdalena*. Plegable divulgativo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19074> Presentación

Reconocimientos de arbitraje 2021

AGROSAVIA expresa el mayor reconocimiento y agradecimiento a los pares evaluadores de los libros publicados en la Colección Transformación del Agro, cuyas observaciones, sugerencias y comentarios contribuyeron a incrementar ostensiblemente su calidad científica y editorial.

Carmen Rosa Bonilla Correa, MSc

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia

Breno Augusto Sosa Rodrigues, PhD

Universidad Nacional Autónoma de Honduras
(Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico), Honduras

Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Johana Carolina Soto Sedano, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Marlon Javier Méndez Sastoque

Universidad de Caldas, Colombia

Leneidy Pérez Pelea, PhD

Universidad de La Habana, Cuba

Hans Thielin Castro Salazar, PhD

Corporación Universitaria del Huila

Rómulo Bañuelos-Valenzuela, PhD

Universidad de Colima, México

José Andrés Nasca, Dr.

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Argentina

Julia Sánchez Gómez, PhD

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco (Ciatej), México

Carlos Alberto Hernández Medina, MSc

Centro Universitario Municipal Camajuani
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Andrés Álvarez Soto, MSc

Universidad de Córdoba, Colombia

Hernando Rivera Jiménez, PhD

Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, Brasil

Edith González Salazar, MSc

Universidad del Tolima, Colombia

José Antonio Yam Tzec, PhD

Universidad del Papaloapan, México

Mildrey Soca Pérez, PhD

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

Maribel Ramírez Villalobos, PhD

Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela

J. Reyes Altamirano Cárdenas, PhD

Ciastaam/Universidad Autónoma Chapingo, México

Alejandro F. Barrientos Priego, PhD

Universidad Autónoma Chapingo, México

Laura Patricia Gutiérrez Padierna, MSc

Corporación Universitaria Remington, Colombia

Raúl Alberto Cuervo Mulet, PhD

Universidad San Buenaventura, Colombia

Erenio González Suárez, Dr. Cs

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Yerenis Torres Cala, MSc

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Juan Mattera, PhD

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Desde tiempo atrás, el productor de semilla de yuca afronta diversos retos que han limitado el buen desempeño dentro de la cadena de abastecimiento y logística de producción y acondicionamiento del material de siembra de calidad. Entre las brechas identificadas se encuentra la incidencia de plagas y enfermedades, la resiliencia al cambio climático, el desalineamiento de los inventarios y la calidad de la semilla en uso. Este último factor se ha convertido en una de las claves para mejorar el desempeño agrícola en las unidades productivas. Por eso, este manual propone recomendaciones mínimas requeridas para producir semilla con atributos de calidad, originadas desde la ciencia y la tecnología, con el objetivo de salvaguardar plenamente los atributos sanitarios, genéticos, físicos y fisiológicos del material de reproducción para su puesta en práctica en campo. De manera breve y mediante un lenguaje sencillo, el manual describe las actividades encaminadas a la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas, con el ánimo de promover la calidad (genética, física, fisiológica y fitosanitaria) como una de las características más importantes que debe tener el material de siembra. Creemos que este mensaje, originado en la ciencia, será una herramienta útil que ha de llegar a quienes más lo requieren, con el fin de reducir la vulnerabilidad de pérdida y mejorar las condiciones productivas del sistema de yuca.



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/name/identifiers/alias/biblioteca.agropecuaria)**

www.agrosavia.co

**Distribución gratuita
Prohibida su venta**



**El campo
es de todos**

Minagricultura