

Manual técnico de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de calidad

**Amaury Aroldo Espitia Montes
Shirley Patricia Pérez Cantero
Ricardo Enrique Támara Morelos
Abelardo Tulio Díaz Cabadías
Sol Mara Regino Hernández
Jorge Luis García Herazo
Joaquín Alfonso García Peña**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de calidad

Amaury Aroldo Espitia Montes
Shirley Patricia Pérez Cantero
Ricardo Enrique Támara Morelos
Abelardo Tulio Díaz Cabadías
Sol Mara Regino Hernández
Jorge Luis García Herazo
Joaquín Alfonso García Peña

Mosquera, Colombia, 2022

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de calidad. / Amaury Aroldo Espitia Montes [y otros seis]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

84 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye tablas y fotos.

ISBN (impreso): 978-958-740-594-1

ISBN E-book: 978-958-740-498-2

1. *Dioscorea* spp. 2. Producción de semillas 3. Variedades 4. Enraizamiento 5. Pregerminación.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agropecuaria
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 es resultado de los macroproyectos “Programa Nacional Semillas: Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas” y “Desarrollo y vinculación de tecnologías para sistemas de producción de ñame y batata para consumo fresco, transformación y exportación en el Caribe colombiano” y de los proyectos “Conformación de núcleos de producción de semilla de materiales regionales de ñame en las principales regiones productoras de la costa Caribe colombiana” y “Tecnologías de manejo agronómico evaluadas para la producción de ñame, en la región Caribe”.

Colección: Transformación del Agro

Fecha de recepción: 8 de noviembre de 2020

Fecha de evaluación: 26 de mayo de 2021

Fecha de aceptación: 12 de junio de 2021

Primera edición impresa: diciembre de 2022

Impreso en Bogotá, Colombia

Printed in Bogotá, Colombia

editorial@agrosavia.co

Edición: Verónica Barreto Riveros y Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo: Amalia Tapiero Barreto

Diagramación: Diego Abello Rico

Fotografía de cubierta: Shirley Patricia Pérez

Citación sugerida: Espitia Montes, A. A., Pérez Cantero, S. P., Támara Morelos, R. E., Díaz Cabadías, A. T., Regino Hernández, S. M., García Herazo, J. L., & García Peña, J. A., (2022). *Manual técnico de producción de semilla de ñame (Dioscorea spp.) de calidad*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404982>

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

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



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

Contenido

Los autores	11
Agradecimientos	15
Presentación	17
Introducción	19
La producción de semilla de calidad	19
Caracterización del ñame y su producción en Colombia	20

Capítulo I

Generalidades del cultivo de ñame	23
Contexto del cultivo y consideraciones técnicas para la producción de semilla	23
Calidad y tipos de semilla que se usan para la producción	27
Producción tradicional de semillas de ñame en Colombia	28
Producción y propagación <i>in vitro</i> de semilla de ñame	31
Producción de semilla por minitubérculos	32

Capítulo II

Rol de la semilla en la producción de ñame	35
Proceso de producción de semilla de ñame de alta calidad (material vegetal micropropagado)	35
Selección de variedades deseadas de ñame	36
Preacondicionamiento de plantas madre (etapa de invernadero)	37
Recepción del material	38
Desinfección del material	39

Establecimiento de plantas <i>in vitro</i> (etapa en laboratorio de cultivo de tejidos)	39
Multiplicación <i>in vitro</i>	40
Enraizamiento de vitroplantas	41
Endurecimiento de plantas de ñame de procedencia <i>in vitro</i> (invernadero)	42
Preparación y siembra de vitroplantas de ñame en invernadero	44
Manejo del riego	45
Manejo de la nutrición	46
Manejo de plagas y enfermedades	46
Entrega de material o salida a campo	46

Capítulo III

Proceso de escalamiento de material vegetal de ñame	51
Escalamiento de plantas de ñame endurecidas (invernadero o vivero)	51
Escalamiento en vivero de plantas de ñame endurecidas	52
Características de las plántulas	53
Características del vivero local	53
Trasplante y mantenimiento de plantas endurecidas en viveros locales	54
Multiplicación de plantas regeneradas por esquejes en vivero local (proceso de repique)	54
Producción de minitubérculos de plantas de procedencia <i>in vitro</i> en invernadero	55
Producción de minitubérculos de plantas regeneradas por esquejes en vivero local	56
Producción de tubérculos de ñame en campo para semilla de categoría seleccionada	57

Cosecha de tubérculos para semilla de categoría seleccionada (primera generación)	60
Preparación de semillas de ñame para producción de tubérculos de segunda generación en campo de semilla de categoría seleccionada	61
Glosario	69
Referencias	73
Normativa	79
Reconocimientos de arbitraje 2021	81

Lista de figuras

Figura 1	Área establecida para el cultivo de ñame en la región Caribe en 2016	26
Figura 2	Semilla convencional de ñame de 100 a 150 g	29
Figura 3	Desinfección de la semilla de ñame (mezcla de insecticida y fungicida)	29
Figura 4	Ñame almacenado	31
Figura 5	Preparación de plantas <i>in vitro</i> para ser subcultivadas	32
Figura 6	Minitubérculos de ñame	33
Figura 7	Selección de plantas madre	36
Figura 8	Preacondicionamiento de plantas madre para iniciar el proceso de producción de semilla <i>in vitro</i>	37
Figura 9	Explantos que ingresan al laboratorio	38
Figura 10	Explantos que cumplen con las características recomendadas para la multiplicación <i>in vitro</i>	39
Figura 11	Planta <i>in vitro</i> para ser subcultivada	41
Figura 12	Planta <i>in vitro</i> completa	42
Figura 13	Plántulas <i>in vitro</i> listas para trasladar a invernadero	43
Figura 14	Bandejas con sustrato y vitroplantas para su trasplante	44
Figura 15	Vitroplantas endurecidas en invernadero	45
Figura 16	Formato de control de actividades de micropropagación de plantas <i>in vitro</i> de ñame	48
Figura 17	Plantas endurecidas regeneradas por esqueje	52
Figura 18	Minitubérculos de ñame	56
Figura 19	Suelo preparado por caballoneo	58
Figura 20	Tutorado mediante sistema de espaldera	59

Figura 21	Tubérculo de ñame seccionado para luego picar la semilla	62
Figura 22	Minisecciones de ñame de 20 a 25 g	63
Figura 23	Siembra de semilla (secciones de tubérculo)	64
Figura 24	Trasplante al sitio definitivo de siembra	64
Figura 25	Proceso de producción de semilla de ñame de alta calidad	66

Lista de tablas

Tabla 1 Producción nacional de ñame entre 2007 y 2019	24
Tabla 2 Producción de ñame por departamentos en la región Caribe	26

Los autores

Amaury Aroldo Espitia Montes

aespitia@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-8057-9483>

MSc en Biotecnología e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos y se desempeña como investigador máster en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, donde ha estado vinculado desde 1998. Tiene experiencia en investigación sobre cultivo 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 y manejo integrado de estos cultivos; fisiología vegetal; recursos genéticos, y abonos orgánicos. Su último artículo en el tema fue “Reproducción de semilla de batata (*Ipomoea batatas*) var. Agrosavia Aurora en Colombia” (2021).

Shirley Patricia Pérez Cantero

sperezc@agrosavia.co

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

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba y Msc en Dirección del Desarrollo Local del Instituto Superior de Educación, Administración y Desarrollo (Isead), en convenio con la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta. Desde 2016 ha estado vinculada al Centro de Investigación Turipaná de agrosavia, donde actualmente es investigadora máster adscrita a la Red de Raíces y Tubérculos. Tiene experiencia como facilitadora de procesos con metodologías de investigación participativa en núcleos de producción con pequeños productores y como formuladora y líder en ejecución de proyectos de investigación en las especies ñame, berenjena y arroces regionales, y en planes de vinculación de yuca en AGROSAVIA. Entre sus últimas publicaciones se encuentran “Caracterización del sistema de producción de

arroz criollo en La Mojana, Colombia” (2021), “Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp.) en la región Caribe colombiana” (2021) e “Investigación participativa a través de modelos integrados de producción: un estudio de caso en yuca (*Manihot esculenta* Crantz.)” (2021).

Ricardo Enrique Támara Morelos

rtamara@agrosavia.co

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

MSc en Ciencias Agronómicas con énfasis en Ciencias del Suelo e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Vinculado desde 2016 a la Sede Carmen de Bolívar de AGROSAVIA, donde se desempeña como investigador máster. Tiene experiencia en diseño e instalación de sistemas de riego y drenaje en el sector agropecuario, manejo del recurso hídrico y manejo de cultivos agrícolas de ñame, batata, yuca, ahuyama y hortalizas. Ha sido docente universitario en Ingeniería de Riegos y Drenaje y en Agroclimatología en la Universidad de Córdoba y en Manejo de Suelos Agrícolas y Conservación de Suelos en la Universidad de Sucre. Es coautor del artículo “Efecto de tipo de tutores y densidad de siembra sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir)” (2019).

Abelardo Tulio Díaz Cabadías

adiazc@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-5670-3475>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2015 colabora como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, en las áreas de manejo integrado del cultivo de ñame y batata, así como en el componente fitosanitario del cultivo de ñame en la región Caribe. Tiene experiencia en investigación y manejo del cultivo de cacao en plantaciones rehabilitadas en el departamento de Sucre.

Sol Mara Regino Hernández

sregino@agrosavia.co

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

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba. Es integrante de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos y labora como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA. Posee 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. Es coautora del artículo “Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea sp.*) en la región Caribe colombiana” (2021).

Jorge Luis García Herazo

jgarciah@agrosavia.co

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

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Vinculado al Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA desde 2015 como profesional de apoyo a la investigación, donde pertenece a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos. Tiene experiencia en establecimiento de experimentos de investigación agrícola en cultivos de ñame, yuca y batata encaminada a la obtención de genotipos potenciales para nuevas variedades, a través del mejoramiento genético convencional. Coautor de artículos científicos como “Multi-Trait Selection Indices for Identifying New Cassava Varieties Adapted to the Caribbean Region of Colombia” (2021).

Joaquín Alfonso García Peña

jagarcia@agrosavia.co

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

PhD en Suelos y Nutrición Vegetal y magíster en Suelos de la Universidad Federal de Viçosa (Brasil) e ingeniero agrónomo del Universidad del Tolima (Colombia). Hace parte de AGROSAVIA desde 1993. Posee experiencia en manejo de suelos y fertilización de cultivos de algodón, maíz, soya, sorgo, arroz, yuca, ñame, batata, palma de aceite y marañón, e investiga temas relacionados con manejo, conservación y recuperación de suelos agrícolas degradados, fertilización y nutrición de cultivos, y fijación biológica de nitrógeno.



Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Disis Pernet, asistente de investigación del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, por su gran apoyo en los procesos de multiplicación *in vitro* de material vegetal de ñame.



Presentación

El presente manual describe los procedimientos para producir semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de alta calidad, con el objetivo de contribuir al incremento de la productividad de los cultivos de este tubérculo en la región Caribe de Colombia.

Así pues, en el primer capítulo se especifica el estado del cultivo de ñame y su producción en los ámbitos mundial, regional y nacional. Adicionalmente, se define de manera sencilla el concepto “calidad de la semilla”, su importancia dentro de la producción y los tipos de semilla que se usan. En el segundo capítulo se hace énfasis en los procesos para obtener semilla de buena calidad, describiendo el proceso de selección de las variedades deseadas, la manera adecuada de introducir plantas madre, los pasos para llevar a cabo la micropropagación en el laboratorio y, por último, la metodología a seguir para el endurecimiento de vitroplantas en invernadero. En el tercer capítulo se explica el proceso de escalamiento de plantas de categoría seleccionada para llegar al establecimiento en campo. Finalmente, se presenta un glosario de términos fundamentales para comprender el presente documento y la normativa vigente.

Esta obra está dirigida a los agricultores, productores de semilla de ñame, asistentes técnicos y a la comunidad científica en general. En síntesis, en este manual se indican los procedimientos para producir material vegetal, el cual garantiza la producción de semilla de ñame con alta calidad física, fisiológica, sanitaria y con alto grado de pureza varietal. Si los productores aplican los pasos y normas descritos, podrán producir semilla de categoría

seleccionada. No obstante, es indispensable contar con la asesoría de un ingeniero agrónomo para tomar la mejor decisión en cuanto al manejo general de las actividades programadas; solo así se obtendrá una semilla de buena calidad.

Introducción

La producción de semilla de calidad

Las semillas constituyen la base fundamental para el sustento de la humanidad. Estas albergan el potencial genético de las especies agrícolas y sus variedades, las cuales resultan de la mejora continua y la selección a través del tiempo (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020).

Bajo el sistema tradicional de producción, los agricultores conservan sus cultivos con variedades locales y, por lo general, utilizan semillas que obtienen de su cosecha anterior o por el intercambio con otros productores (Hermann et al., 2010). En el caso del ñame, el material de propagación o la semilla para el establecimiento de los cultivos es el órgano reservante o tubérculo, que es también el producto cosechable, consumible y comercializable. Según lo reportado por Pérez & Campo (2016), los tubérculos de ñame clasificados para comercializar con fines de exportación pesan entre 500 g y 3.000 g y los tubérculos no aptos para exportación pesan menos de 500 g y más de 3.000 g. En este sentido, al productor se le presenta una dificultad al momento de diferenciar los tubérculos apropiados para utilizar como semilla de los que deben ser descartados debido a características como tamaño, daño mecánico, daño por plagas y enfermedades, forma irregular, entre otras. Esta problemática es reforzada por la tendencia del productor de vender en su totalidad los mejores tubérculos en aras de aprovechar los precios competitivos y, adicionalmente, por su desconocimiento a la hora de seleccionar las semillas adecuadas y llevar a cabo los procesos para producirla.

De acuerdo con lo anterior, a lo largo del presente manual se describen los procedimientos necesarios para producir semillas de ñame de buena calidad. Esto garantiza la obtención de material de siembra de alta calidad física, fisiológica, sanitaria y genética, variables que le permiten al productor obtener un tubérculo con las características deseables para el establecimiento de nuevos cultivos y la comercialización de semillas de calidad.

Es por tal motivo que este manual está dirigido a agricultores, productores de semilla de ñame y asistentes técnicos del cultivo. El presente documento contiene información clara y sencilla relacionada con las mejores maneras de obtener semilla de ñame de alta calidad mediante el uso de sistemas *in vitro*, producción de semilla por micro y minitubérculos, selección de plantas madre, micropropagación, aclimatación de plantas *in vitro* en invernadero, endurecimiento de plantas de procedencia *in vitro* en vivero y escalamiento de la semilla de categoría seleccionada a campo.

A pesar de que existe una legislación o norma general para producir semilla seleccionada, los productores siguen tomando como base para establecer sus cultivos la semilla reciclada de las cosechas anteriores sin ninguna regulación. Lo expresado en el presente manual se acoge a los lineamientos de la Resolución 3168 de 2015 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), encaminados a la producción de semilla de calidad.

Caracterización del ñame y su producción en Colombia

El ñame es una planta tropical monocotiledónea de origen africano y asiático perteneciente a la familia Dioscoreaceae, cuyo órgano de reserva es un tubérculo (Mercado et al., 2015). La familia Dioscoreaceae comprende seis géneros, de los cuales *Dioscorea* spp. es el mayor, pues reporta cerca de 600 especies, 12 de ellas comestibles (Coursey, 1967). Ahora bien, Ayensu (1972) y Bai & Ekanayake (2000) estimaron que este género comprende menos de 200 especies. Adicionalmente, las especies comestibles más conocidas del género *Dioscorea* spp. son *D. alata*, *D. rotundata*, *D. esculenta*, *D. bulbifera* y *D. cayenensis*. *D. alata* es cultivada principalmente en Asia, mientras que *D. rotundata* y *D. cayenensis* son comunes en África (Mandal, 1993).

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un cultivo de gran importancia socioeconómica para los países en desarrollo situados en los trópicos, en especial para los países de África, América Latina, Asia y Oceanía. En América Latina, es cultivado por pequeños

y medianos agricultores desde la época de la colonia y en muchos casos constituye la principal fuente de ingresos y empleo en diversas zonas rurales del mundo (González, 2012).

En Colombia la producción de ñame se concentra en la región Caribe, con el 92,31 % de la producción nacional (Agronet, 2020). En el año 2019, allí se registró un área de siembra de 35.125 hectáreas, con una producción de 376.165 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020). Asimismo, en esta región ha habido una evolución en los rendimientos de campo, pues se pasó de 10,52 t/ha a 12,21 t/ha en el periodo de 2007 a 2019, lo cual equivale a un incremento en el rendimiento del 15 %. De manera paralela, los costos han evolucionado hasta alcanzar, en la actualidad, 13.047.500 pesos/ha, lo que equivale a 1.087.292 pesos/t para ñame espinoso (MADR, 2020). Las especies que más se cultivan en la región Caribe colombiana son *D. alata* o ñame criollo, *D. rotundata* o ñame espinoso y *D. cayenensis* o ñame amarillo (Reina, 2012). Estas son establecidas en áreas muy pequeñas de siembra por productor (1,5 ha/productor), bajo sistemas tradicionales de economía campesina que garantizan la seguridad alimentaria. Entretanto, en estos sistemas tradicionales, los pequeños productores conservan la semilla de la cosecha anterior o la obtienen por medio del intercambio con otros productores locales o familiares; en casos particulares la compran a pequeños comercializadores locales sin ninguna regulación ni medidas sanitarias, lo cual pone en riesgo el aprovisionamiento de semilla de buena calidad. Como respuesta a los limitantes relacionadas con el cultivo, se han generado importantes desarrollos para beneficio de los productores: adecuación y dotación de laboratorios de cultivo de tejidos; métodos de producción y escalamiento participativo de semillas limpias en vivero y campo; multiplicación de semillas por minitubérculos; introducción y evaluación de genotipos promisorios por parte del International Institute of Tropical Agriculture (IITA); métodos serológicos y moleculares para detección de patógenos; técnicas moleculares para caracterización del ñame con la participación activa de numerosas comunidades de productores; evaluación de distancias de siembra; evaluación de tutores; fertilización edáfica para el cultivo, y niveles críticos de competencia de malezas (Espitia & García, 2017; Procedimiento Operativo Estándar [POE], 2019).



Capítulo I

Generalidades del cultivo de ñame

El ñame es una planta monocotiledónea, trepadora y herbácea, que pertenece a la familia Dioscoreaceae y al género *Dioscorea*. Algunos de estos géneros son comestibles y representan una importante fuente de nutrientes para el ser humano. Su producto final es un tubérculo que la planta produce dentro del suelo. Se produce en varios países del mundo, incluyendo Colombia.

Contexto del cultivo y consideraciones técnicas para la producción de semilla

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un tubérculo que se consume en todo el mundo y se comercializa especialmente en estado fresco, por lo que tiene un alto volumen de exportación que exige el mantenimiento de su calidad final. Es sensible a daños fisiológicos, físicos, pudriciones y por frío, los cuales tienen un efecto negativo sobre el tubérculo. Además, en algunos casos, no se cumple con los calibres que el mercado internacional requiere (FAO, 2016).

Aunque el ñame es una planta originaria del Sudeste Asiático y Melanesia, fue distribuida por el hombre a otras regiones como América, África, Asia y Australia, lo cual evidencia que es un tubérculo que se adapta a regiones tropicales, subtropicales y templadas. Puede alcanzar rendimientos de hasta 23 toneladas por hectárea, dependiendo de la especie y la variedad (Lebot, 2009). El consumo de ñame es habitual en países africanos y, de hecho, África es el continente que produce el 96,7 % del tubérculo, seguido por América que produce el 2,4 %, Oceanía que produce el 0,6 % y Asia que produce el 0,3 %. Según FAOSTAT (FAO, 2018), el mayor productor de ñame es Nigeria, con 41.564.483 t; Ghana se encuentra en segundo lugar, con una producción de 7.059.999 t. Se menciona que las principales especies que se siembran son *D. rotundata* y *D. cayenensis*.

En Colombia, el ñame ha sido considerado por años un producto de consumo tradicional en la región Caribe y es muy poco conocido en el interior del país (Morales, 2010).

El área de siembra nacional de ñame para el año 2019 fue de 35.125 ha en las cuales hubo una producción de 409.105 t de tubérculo fresco. Como se mencionó anteriormente, la producción se ha centrado en la región Caribe, específicamente en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre (tabla 1). Sin embargo, otros departamentos como Antioquia, Casanare, Chocó y Vaupés han registrado algunos niveles de producción de ñame, sobre todo en los últimos diez años (Agronet, 2020).

Tabla 1. Producción nacional de ñame entre 2007 y 2019

Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2007	27.092	25.636	269.881	10,53
2008	32.682	28.734	312.787	10,89
2009	38.399	35.918	380.873	10,6
2010	41.493	36.175	393.996	10,89
2011	40.594	35.656	391.912	10,99
2012	34.094	31.481	346.705	11,01
2013	36.241	33.235	365.556	11
2014	39.026	29.426	307.551	10,45
2015	35.316	26.137	260.156	9,95
2016	41.229	36.295	440.002	12,12
2017	34.669	31.370	364.570	11,62

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2018	33.023	28.799	357.902	12,43
2019	35.125	33.504	409.105	12,21

Fuente: Elaboración propia con base en Agronet (2020)

La participación de los departamentos de la región Caribe en la producción de ñame en Colombia ha sido siempre mayoritaria y representativa con respecto a otras regiones y departamentos del país. En el año 2019, la participación de la región Caribe se ubicó en el 92,31 % del total de la producción nacional. Entre los departamentos que producen ñame y no pertenecen a la región Caribe, Antioquia, que aportó el 4,67 % de la producción nacional de ñame en 2019, es el único que ha permanecido en la lista de productores desde 1987. Chocó, Casanare y Vaupés, por su parte, han tenido producciones intermitentes.

El ñame es considerado un producto tradicional en las costumbres tanto productivas como alimenticias de los habitantes de la región Caribe, en especial de la población rural. Durante el año 2019, la región Caribe registró una producción de ñame de 383.787 toneladas, lo que constituye el 92,31 % del total nacional. Entre los departamentos de la región, Bolívar se destaca como el mayor productor del país con 39,291 %, seguido de Córdoba con 36,06 %, Sucre con 19,19 %, La Guajira con 2 %, Cesar con 1,54 %, Atlántico con 1,15 % y Magdalena con 0,84 %, como se muestra en la tabla 2.

En el departamento de Bolívar, los municipios con mayor producción de ñame son El Carmen de Bolívar con 54.840 t, seguido de San Juan Nepomuceno con 35.100 t y San Jacinto con 27.000 t; en municipios como Villanueva, María La Baja, Mahates, Clemencia, San Estanislao y Tiquisio, la producción de ñame se da en menor proporción. En Córdoba, los municipios con mayor producción son Chinú (20.108 t), Lorica (15.000 t), Montería (14.673 t), Moñitos (14.650 t), Ciénaga de Oro (11.665 t), Sahagún (11.002 t), San Antero (4.771 t) y San Andres de Sotavento (364 t). En Sucre se destacan los municipios de Ovejas (23.000 t), Palmitos (4.1800 t), Corozal (4.400 t), Sampués (3.667 t), Toluviejo (2.250 t), Morroa (1.116 t) y Chalán (1.071 t). En Atlántico, el cultivo de ñame se concentra principalmente en los municipios de Repelón (2.375 t) y Piojó (55 t). En La Guajira, se produce en Dibulla (4.320 t), San Juan del Cesar (2.520 t) y Riohacha (700 t). En Cesar se concentra en El Copey, con una producción de 4.200 t (figura 1). Todos los datos mencionados corresponden al año 2019.

Tabla 2. Producción de ñame por departamentos en la región Caribe

Departamento	Área sembrada (h)	Área cosechada (h)	Producción (t/ha)	Rendimiento (t/ha)	Participación porcentual en total nacional 2019
Bolívar	12.739	12.489	159.368	12,76	39,29
Córdoba	11.692	11.292	145.788	12,91	36,06
Sucre	6.203	5.388	59.513	11,05	19,13
La Guajira	650	650	7.620	11,72	2,00
Cesar	500	420	4.200	10,00	1,54
Atlántico	372	367	5.405	14,73	1,15
Magdalena	271	246	1.889	7,69	0,84
Región Caribe	32.427	30.852	383.787	12,44	92,31
Nacional	35.125	33.504	409.105	12,21	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos Agronet (2020)

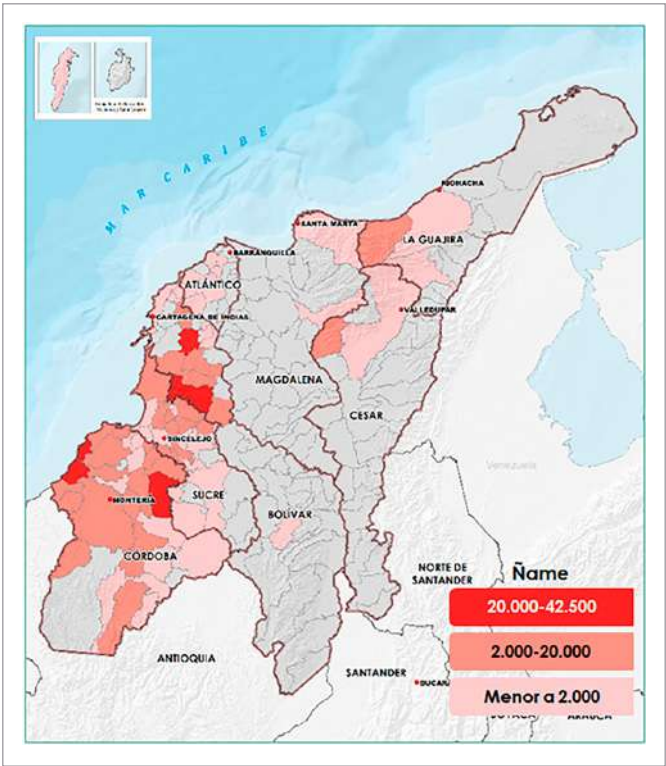


Figura 1. Área establecida para el cultivo de ñame en la región Caribe en 2016.

Fuente: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (2017)

Calidad y tipos de semilla que se usan para la producción

El ñame (*Dioscorea* spp.) se propaga de manera asexual por medio de tubérculos enteros (la parte comestible de la planta), secciones de tubérculos con pesos que oscilan entre 50 y 150 g o bulbillos aéreos (Cabrera, 2009), con una tasa de multiplicación muy baja (1:10, a diferencia de algunos cereales cuya tasa de multiplicación es 1:300) (Balogun & Gueye, 2013). Considerando la baja tasa de multiplicación, el largo ciclo de crecimiento, el largo periodo de latencia del tubérculo del ñame y el uso de los tubérculos comestibles, la semilla es muy costosa para el productor.

Por lo tanto, la producción de ñame gira en torno al uso de cualquier tipo de material para semillas, lo cual causa una dispersión de plagas y enfermedades (hongos, nematodos, bacterias y virus), y por lo tanto una reducción del rendimiento entre el 50 % y el 90 % (Campo & Luna, 1999). Lo anterior conlleva una importante demanda de semillas limpias en el mercado. En Colombia, el rubro de semilla es cercano al 33 %, según el MADR (2018). En otros países, esta cifra puede llegar a representar entre el 50 % y el 70 % de los costos de producción (Agbaje & Oyegbami, 2005; Coyne et al., 2010).

El desarrollo extensivo del cultivo de ñame en la costa Atlántica colombiana es limitado debido a la baja disponibilidad de material vegetal, ya que, de los tubérculos cosechados, un tercio debe ser conservado por los productores para ser empleado como semilla. En ocasiones, este alto volumen de tubérculos incluye aquellos sin valor comercial y de baja calidad tanto fisiológica como sanitaria, lo cual puede comprometer las futuras producciones (Rodríguez, 2004).

El ñame se propaga convencionalmente a través de tubérculos enteros o secciones de tubérculos con una masa fresca menor a 2 kg, pero esta semilla no es tratada ni clasificada en cuanto a su calidad, razón por la que muchos de los cultivos han presentado enfermedades (Reina, 2012). Sin embargo, ya los productores están utilizando secciones de tubérculos que oscilan entre 100 g y 250 g (Espitia & García, 2017). Su principal limitante es el bajo índice de multiplicación (1:10) comparado con los cereales (1:300). El material vegetal de plantación en ocasiones constituye el 50 % del costo de producción total del cultivo (Balogun, 2009). Para dar solución a esta problemática se han estudiado varios métodos. Wilson (1989) propuso el método de minifracciones, que consiste en fraccionar los tubérculos en secciones de 25 g, pero su desventaja es la poca homogeneidad en la brotación y la carencia de reservas nutritivas para afrontar largos periodos de sequía.

Las técnicas de propagación convencional de este cultivo no garantizan la producción de volúmenes de material vegetal de plantación con calidad fisiológica, sanitaria y genética en periodos cortos. Por este motivo, en algunos de los principales países productores ha sido necesario recurrir al uso de métodos biotecnológicos, que consisten en la producción de plantas *in vitro* y microtubérculos (Balogun et al., 2006; Tamiru et al., 2008).

El Departamento de Semillas del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA busca obtener semillas de categoría seleccionada de ñame por medio de las diferentes técnicas y procesos que se desarrollan desde el laboratorio hasta la producción en campo. Con esto se pretende beneficiar a los productores de este cultivo, ya que el fin último es la obtención de semillas de calidad (AGROSAVIA, 2018).

Producción tradicional de semillas de ñame en Colombia

El manejo tradicional que hacen los productores a la semilla de ñame se fundamenta en disponer de un tercio de la cosecha total para utilizarla como semilla, lo que representa entre el 35 % y el 40 % de la producción comercial de ñame espino (MADR, 2020). Dichos tubérculos destinados a ser utilizados como semilla pesan menos de 2 kg (Reina, 2012). En ocasiones, esta semilla corresponde al remanente y tiene baja calidad genética y sanitaria, lo cual puede comprometer las futuras producciones.

La semilla utilizada convencionalmente debería cumplir ciertos requisitos, a saber: estar en estado fisiológico activo (o sea, haber superado el periodo de dormancia); contener suficiente área cubierta por la corteza del tubérculo para que se produzca la brotación de yemas que originan las raíces y el tallo; contener suficientes reservas alimenticias para sostener la nueva planta durante las primeras semanas de su crecimiento, y, además, estar libre de insectos y enfermedades.

Las semillas se preparan cortando fragmentos de tubérculos de 150 g a 200 g (figura 2), tamaño relacionado con las condiciones climáticas predominantes en la época de siembra. Para la variedad de ñame espino (*D. rotundata*), las presas o semillas pueden ser de hasta 250 g para que la futura planta tenga reservas en caso de enfrentar condiciones adversas de clima (como la interrupción prolongada de lluvias, que trae consigo un periodo largo de sequía en el suelo).



Foro: Sol Mara Regino

Figura 2. Semilla convencional de ñame de 100 a 150 g.

Después de preparar las semillas, se sumergen durante 5 minutos en una mezcla de fungicida e insecticida para prevenir las plagas y los hongos (figura 3). Para lograr el efecto del tratamiento preventivo, las semillas se deben dejar secar a la sombra durante uno o dos días, después de los cuales estarán listas para sembrar en campo.



Foros: Abelardo Díaz

Figura 3. Desinfección de la semilla de ñame (mezcla de insecticida y fungicida). a. Semillas sumergidas en la mezcla de insecticida y fungicida; b. Retiro de las semillas de la mezcla de insecticida y fungicida después de 5 minutos de estar sumergidas.

En el sistema tradicional, los productores utilizan entre 1.000 y 2.500 kg de tubérculos como semilla para la siembra de una hectárea. No se aplican criterios técnicos para la selección, lo cual conlleva que muchas veces se utilicen los tubérculos que no se pueden comercializar por aspectos relacionados con el tamaño, las magulladuras, los partidos o la forma irregular. El empleo de semilla de mala calidad es la causa más frecuente de problemas fitosanitarios en los primeros estados de crecimiento del cultivo; por ello, se estima que el 20 % de esta semilla es de mala calidad (Aguas et al., 2000), aunque probablemente la cifra actual es mucho mayor. De ahí que las plantaciones sean afectadas por enfermedades fúngicas y virales, sobre todo teniendo en cuenta que el ñame se debe almacenar entre 2 y 3 meses antes de la siembra para romper el estado de dormancia, proceso que muchas veces no se efectúa (figura 4).

De otra parte, el ñame es afectado por diferentes enfermedades tanto durante su desarrollo vegetativo en condiciones de campo como durante la cosecha y poscosecha, que limitan la producción de material vegetal de calidad (Amusa et al., 2003). A este respecto, la antracnosis es considerada la enfermedad fúngica más común y de mayor impacto en los países productores de este tubérculo (Rodríguez, 2004). Además, dentro de las enfermedades virales, las especies del género *Potyvirus* spp. causan las mayores afectaciones al cultivo; de estas se destaca el Virus del Mosaico del Ñame (VMÑ) como causante de las pérdidas más severas (González, 2012; AGROSAVIA, 2019). Durante el almacenamiento en poscosecha, los tubérculos pueden llegar a perder más del 50 % de la materia fresca debido a las pudriciones, provocadas por el ataque de diferentes microorganismos patógenos como *Penicillium oxalicum*, *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., que penetran a través de heridas en los tubérculos causadas por insectos como *Araecerus fasciculatus* y *Aspidiella hartii* entre otros (AGROSAVIA, 2019). El ñame también es afectado por nematodos como *Rotylenchulus* spp., y *Helicotylenchus* spp. (AGROSAVIA, 2019). Estas pérdidas de peso pueden ser también por manipulación inadecuada durante y después de la cosecha, al igual que por el mal almacenamiento de los tubérculos. Las enfermedades que afectan el cultivo no solo causan pérdidas en los rendimientos, sino que reducen su calidad para el mercado y limitan la disponibilidad de semillas para establecimiento de nuevos cultivos.



Fotos: Sol Mara Regino

Figura 4. Ñame almacenado. a. Ñame almacenado al aire libre; b. Ñame almacenado en una bodega.

Producción y propagación *in vitro* de semilla de ñame

La propagación *in vitro* de *Dioscorea* spp. consiste en la producción masiva de plántulas, libres de patógenos, a muy bajo costo, en espacio reducido, en corto tiempo y en condiciones controladas (Bonilla & Hernández, 2012). Para que un laboratorio de producción vegetal de plántulas certificado por el ICA cumpla con la reglamentación estipulada en la resolución vigente, debe constar de las siguientes infraestructuras: el laboratorio de micropropagación, el área de preparación de material vegetal (área de trabajo) y la casa de mallas o el invernadero (o ambos, si se requiere) para realizar la producción de material vegetal.

El potencial de multiplicación de plantas *in vitro* ha adquirido gran interés debido a ventajas como la uniformidad fisiológica, genética y cronológica de las plantas, el vigor, la velocidad de propagación, el número de plantas regeneradas en función del tiempo y las características sanitarias y fisiológicas. El éxito en la aplicación de los sistemas de propagación *in vitro* está relacionado con el genotipo de la planta, su estado fisiológico, la selección y preparación de explantes (segmento de tejido), el balance de nutrientes en el medio de cultivo, el empleo de reguladores de crecimiento, las condiciones de asepsia (higiene) en el lugar y el ambiente para el desarrollo de las plántulas. En ese sentido, la multiplicación de plantas *in vitro* se ha convertido en un aporte significativo en la solución de los problemas agronómicos, pues convierte el cultivo de tejidos vegetales en una herramienta tecnológica de gran importancia económica (figura 5).



Fotos: Amaury Espitia

Figura 5. Preparación de plantas *in vitro* para ser subcultivadas. a. Repique de plantas *in vitro*; b. Plantas *in vitro* obtenidas a partir de los repiques.

Producción de semilla por minitubérculos

La producción *in vitro* es de gran importancia en diferentes países; en Cuba, por ejemplo, ha ayudado a la diversidad y estabilidad alimentaria. Tradicionalmente, este cultivo ha constituido una fuente importante de ingresos y empleo en las regiones oriental y central del país. No obstante, su desarrollo extensivo ha sido limitado, entre otras causas por la baja disponibilidad de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria (Rodríguez, 2004). Esto se debe, fundamentalmente, a que los tubérculos que constituyen la parte útil de la planta para la alimentación también tienen que ser utilizados como material vegetal de plantación.

Por su parte, los diferentes métodos biotecnológicos han sido utilizados para la propagación de ñame. Ahora bien, la producción de plantas *in vitro* y microtubérculos aún presenta limitaciones para su uso como material vegetal de plantación (Balogun et al., 2006).

Sin embargo, Ovono et al. (2009) y Balogun (2009) afirman que en el cultivo del ñame la producción de microtubérculos tiene un gran potencial como alternativa para la propagación. Estos pueden ser utilizados en los programas de producción de material vegetal de plantación, mejoramiento genético y conservación de germoplasma, debido a que se pueden producir sin tener en cuenta la época del año y, a diferencia de las plantas *in vitro*, pueden ser almacenados por un periodo más prolongado sin perder su potencial de brotación (Mbanaso et al., 2007).

Este procedimiento consiste en la obtención de micro tubérculos en condiciones *in vitro* a partir de explantes nodales o apicales utilizando para su formación y crecimiento medios de cultivo y condiciones de incubación aptos para la propagación (Ondo et al., 2010). La microtuberización *in vitro*, como una herramienta adicional a la propagación clonal de ñame, permitiría un mejor manejo del material *in vitro* para la provisión de semilla libre de patógenos (Díaz & Herrera, 2002) (figura 6).



Foro: Amaury Espitia

Figura 6. Minitubérculos de ñame.





Capítulo II

Rol de la semilla en la producción de ñame

En gran parte, el éxito en la producción de un cultivo es la utilización de una semilla de calidad fisiológica, genética, sanitaria y física. En este capítulo se describe todo el proceso de producción de semilla en el laboratorio y el invernadero, desde la selección de las variedades deseadas, pasando por el establecimiento de plantas *in vitro*, la multiplicación, enraizamiento y endurecimiento en invernadero, hasta la salida a campo de las plantas de procedencia *in vitro*.

Proceso de producción de semilla de ñame de alta calidad (material vegetal micropropagado)

La técnica de micropropagación clonal *in vitro* aplicada al cultivo del ñame tiene como fundamento la producción masiva de plantas o semillas libres de patógenos, componente que constituye un aporte valioso para mejorar la productividad del sistema agrícola. Para implementar un programa de producción de semillas basado en los sistemas *in vitro* es necesario articular un conjunto de acciones y procesos participativos orientados a solucionar limitaciones del insumo relacionadas con aspectos

de calidad genética, sanitaria y fisiológica; disponibilidad y oportunidad del abastecimiento; demanda y fortalecimiento organizacional de los productores; especialización del uso del producto; mantenimiento de genotipos con características deseables; multiplicación de genotipos promisorios introducidos, y capacidad técnica y operativa.

El desarrollo de estos procesos requiere, en primer lugar, certificación sanitaria de variedades seleccionadas, para cuyos efectos existen técnicas clásicas como la caracterización morfológica de patógenos y técnicas modernas eficientes y complementarias para el diagnóstico de patógenos como la electroforesis de isoenzimas y las serológicas y moleculares (RFLP, secuenciación BSA, microsatelitales, códigos de barra de ADN y PCR) (Castro, et al., 2009). El desarrollo de dichos procesos requiere, en segundo lugar, una buena infraestructura de laboratorios e invernaderos; en tercer lugar, recursos humanos capacitados y, en cuarto lugar, un buen nivel organizativo y participativo de los productores.

A continuación, se muestra el paso a paso para obtener semilla de buena calidad. Se inicia desde la selección de las variedades deseadas y se finaliza con el beneficio o acondicionamiento de la semilla producida.

Selección de variedades deseadas de ñame

La selección de los materiales de ñame en los que se deseen implementar los procesos *in vitro* debe hacerse de acuerdo con el interés del productor, su conocimiento sobre las variedades o clones de ñame para fines productivos, el manejo, el uso del producto, las exigencias del mercado, entre otros aspectos (figura 7).



Figura 7. Selección de plantas madre. a. Plantas de ñame espino; b. Plantas de ñame criollo.

Preacondicionamiento de plantas madre (etapa de invernadero)

De los genotipos seleccionados según el interés para la producción, se toman plantas madre seleccionadas de acuerdo con las características requeridas, tales como vigor y desarrollo, ausencia de plagas y enfermedades, variedad claramente identificada y cultivo homogéneo. Los tubérculos de las plantas seleccionadas previamente se cortan en trozos de 60 g a 100 g a los que se les denomina “semillas”, las cuales deben ser desinfectadas mediante su inmersión, por 5 minutos, en una mezcla de fungicida e insecticida. Posteriormente, se deben sembrar en bolsas de un 1 kg con una mezcla de sustrato de aluvi3n, lombriabono y arena en proporciones 2:1:1, respectivamente, previo proceso de esterilizaci3n. Ya sembradas las plantas, deben mantenerse en c3maras de preacondicionamiento (invernadero) a una temperatura promedio de 30 °C; las c3maras de preacondicionamiento tienen luz artificial con el fin de evitar contaminaciones. All3, las plantas son regadas y fertilizadas para permitir su buen desarrollo (figura 8). De estas plantas deben tomarse muestras para enviar al ICA con el objeto de hacer un diagn3stico fitosanitario antes de iniciar la micropropagaci3n. As3 se evitan problemas sanitarios. Una vez pasados de 3 a 6 meses, se recomienda tomar los explantes para iniciar con la micropropagaci3n *in vitro*.



Fotos: Abelardo Díaz

Figura 8. Preacondicionamiento de plantas madre para iniciar el proceso de producci3n de semilla *in vitro*.

Cuando el material proviene del International Institute of Tropical Agriculture (IITA) de Nigeria, del Banco de Germoplasma de AGROSAVIA o de laboratorios de micro propagación regionales certificados por el ICA, el proceso de micropropagación se inicia *in vitro* (POE, 2019), por lo que no es necesario realizar el proceso de preacondicionamiento antes mencionado.

Recepción del material

El material vegetal inicial debe mantenerse en invernadero, donde se le realizarán aplicaciones para el control de plagas y enfermedades. Posteriormente, los explantes de ñame (yemas) deben entrar al laboratorio donde se realizará el procedimiento de desinfección. Se debe abrir la hoja de vida del material inicial en el libro de registro y establecer una etiqueta según la especie identificada con la codificación asignada al material vegetal.

Los explantes que vienen de fuera deben ingresar al laboratorio en tubos de ensayo debidamente codificados y sellados (figura 9). Los explantes que ingresan al laboratorio son segmentos provenientes de los dos primeros tercios de la planta de un tamaño de 1 cm a 1,5 cm de longitud.

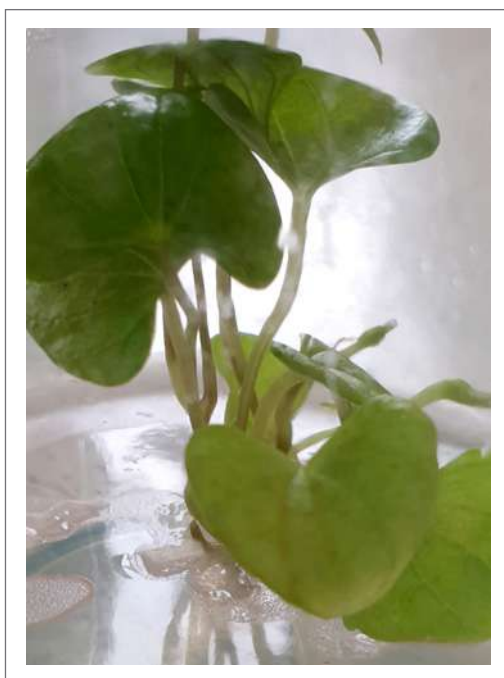


Foto: Amaury Espitia

Figura 9. Explantes que ingresan al laboratorio.

Desinfección del material

Los segmentos de ñame deben ingresar al laboratorio envueltos en papel para pasar al proceso de desinfección, que consiste en dejarlos en agua destilada durante 10 minutos, lavarlos con detergente y, posteriormente, enjuagarlos con agua destilada 3 veces y sumergirlos en una solución de polividona yodada al 1 % durante 15 minutos. Después de esto se enjuagan con agua destilada y son llevados a la cámara de flujo laminar, donde se introducen en hipoclorito al 2 % durante 10 minutos; luego, se enjuagan 3 veces con agua destilada.

Establecimiento de plantas *in vitro* (etapa en laboratorio de cultivo de tejidos)

En los sistemas de propagación clonal de ñame se utilizan los meristemos apicales, las yemas axilares, los segmentos nodales o nudos de tallos y los microtubérculos como estructuras básicas para la reproducción masiva de plantas sanas. Es así como el punto de inicio son los meristemos o tejidos de crecimiento (figura 10).



Foto: Amaury Espitia

Figura 10. Explantes que cumplen con las características recomendadas para la multiplicación *in vitro*.

En el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA se aplica la metodología detallada y estandarizada para la producción de vitroplantas de ñame con personal técnico institucional capacitado, lo cual permite el desarrollo de capacidades regionales (POE, 2019). Este proceso se denomina multiplicación del explante inicial y se fundamenta en el procedimiento que se describe a continuación.

El material vegetal procedente de la fase de establecimiento se pone sobre papel o servilleta estéril; se retiran las hojas secas, raíces y parte del tallo del brote utilizando un bisturí, y se obtiene un explante de aproximadamente 1 cm (figura. 4). Si algún explante forma brotes, los brotes se separan cuidadosamente y se limpian siguiendo el mismo procedimiento. Luego se siembra el explante en un frasco con medio de cultivo para multiplicación (MS complementado con 1 mg de tiamina, 100 mg de myoinositol, 30 gr de sacarosa, 0,5 mg de ANA, 6 gr de agar y un pH de 5,8). El recipiente se tapa y sella en condiciones de asepsia, se marca el frasco con la codificación asignada al material vegetal y se lleva al cuarto de crecimiento para que incube por 3 semanas. Se debe observar de manera rutinaria si durante el tiempo de incubación se presenta contaminación (POE, 2019).

Multiplicación *in vitro*

Las plántulas de ñame micropropagadas permiten realizar subcultivos cada 4 y 5 semanas con una tasa de multiplicación de 3,5 nudos por planta multiplicada. Es decir, por cada plántula subcultivada se obtienen de 3 a 4 unidades o yemas que pueden originar nuevas vitroplantas, las cuales, al completar su regeneración, también entran a ser subcultivadas y así sucesivamente (así se obtiene una producción exponencial) (figura 11). Esta es una de las ventajas de la micropropagación, pues se obtiene un gran número de plantas sanas en un tiempo relativamente corto.



Foto: Amaury Espitia

Figura 11. Planta *in vitro* para ser subcultivada.

Enraizamiento de vitroplantas

Con el número deseado de vitroplantas producidas se realiza la última multiplicación. Los nudos se siembran en un medio de cultivo que contiene hormonas (ácido indol acético [AIA], ácido naftalen acético [ANA], ácido indol butírico [AIB]), el cual estimula el crecimiento y la formación de raíces para la obtención de plantas completas de dos a tres yemas, tres hojas funcionales grandes y una altura de 5 a 7 cm (figura 12). Las vitroplantas completamente regeneradas tienen capacidad para iniciar actividad fisiológica en la etapa de adaptación o endurecimiento.



Foto: Amaury Espitia

Figura 12. Planta *in vitro* completa.

Endurecimiento de plantas de ñame de procedencia *in vitro* (invernadero)

Después de la fase de micropropagación clonal *in vitro* en laboratorio, las vitroplantas de ñame completamente regeneradas y manejadas en ambiente artificial requieren ser transferidas a otro medio para el endurecimiento y adaptación a condiciones ambientales normales. Así podrán iniciar la actividad fisiológica. Las vitroplantas de ñame deben tener las siguientes características: una altura de 5 a 7 cm y 3 a 4 hojas formadas, raíces y tallos de buen aspecto y vigor. Las vitroplantas se pueden enviar en frascos de vidrio, bandejas o cajas de cartón, envueltas en papel húmedo, empaçadas en grupos de 100 a 150 plántulas a raíz desnuda (figura 13).



Foto: Amaury Espitia

Figura 13. Plántulas *in vitro* listas para trasladar a invernadero.

La climatización de plántulas de ñame procedentes de ambientes artificiales *in vitro* constituye uno de los aspectos cruciales en el proceso adaptativo de vitroplantas al nuevo ambiente. Para complementar esta fase del proceso, se debe construir un invernadero con capacidad para endurecer el número de vitroplantas que se requieran, manteniendo los niveles de temperatura, humedad relativa y luz solar que necesiten las vitroplantas. En principio, se deja filtrar un 30 % de luz solar dentro del invernadero mediante el uso de polisombra calibrado. La humedad del ambiente donde estén las plántulas se debe mantener de la siguiente manera: 90 % de saturación en la primera semana, 80 % en la segunda y 70 % en la tercera y cuarta semana. La temperatura se debe mantener en un rango de 25 °C a 32 °C según la evolución de las vitroplantas. Otro componente importante en este proceso es el sustrato, el cual debe estar compuesto de aluvión, lombriabono y arena en proporciones 2:1:1, respectivamente, previo proceso de esterilización, que puede hacerse con desinfectante líquido con 1,3 diformil propano a una dosis de 3-5 cm³/l de agua (figura 14).



Fotos: Amaury Espitia

Figura 14. Bandejas con sustrato y vitroplantas para su trasplante. a. Plantas completas enraizadas para pasar a fase de endurecimiento; b. Plantas en fase de endurecimiento en invernadero.

Preparación y siembra de vitroplantas de ñame en invernadero

Antes del trasplante, se deben eliminar las hojas maltratadas o dañadas de la base de cada vitroplanta. Asimismo, las raíces se deben cortar a 1 cm o 2 cm para evitar dificultades durante el trasplante. El corte se debe hacer con tijera desinfectada con benomil al 5 %. Se deben retirar las plántulas del agua para sumergirlas en una solución de fungicida y bactericida (yodo polovinil pirrolidona), mientras se agitan con suavidad para eliminar cualquier residuo de agar de las raíces. En cada sitio de siembra se debe hacer un pequeño hueco de 1 cm a 2 cm de profundidad para colocar la plántula. Posteriormente, debe agregarse sustrato alrededor de ella, teniendo cuidado de no enterrarla demasiado para evitar pudriciones. Estas plantas *in vitro* alcanzan su endurecimiento en el invernadero en unas 6 semanas (figura 15). Entonces estarán listas para ser llevadas a los viveros locales, donde recibirán un manejo similar al ambiente natural, razón por la cual deben ser vigorosas y estar fisiológicamente activas.



Fotos: Anaury Espitia

Figura 15. Vitroplantas endurecidas en invernadero. a. Plantas en fase de endurecimiento; b. Plantas listas para pasar a viveros.

Manejo del riego

El riego es uno de los factores más importantes para la aclimatación de plantas *in vitro*. El suministro del riego debe ser frecuente y, preferiblemente, mediante microaspersores que produzcan nebulización para mantener una película de agua sobre las hojas y el sustrato sin exceso y favorecer una correcta formación de raíces en las plantas. En las condiciones del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, las plántulas deben ser regadas durante la primera semana con una frecuencia de 20 minutos y una duración de 25 segundos, con el propósito de mantener la humedad relativa sobre el 90 % y la temperatura en 30 °C. La segunda semana se debe ampliar la frecuencia de riego a 1 hora para mantener la humedad relativa entre 80 % y 90 % y la temperatura alrededor de los 30 °C. Para la tercera semana y las siguientes, la humedad relativa debe mantenerse por encima de 70 % y menor a 80 %; asimismo, hay que mantener la temperatura entre los 28 y 30 °C. De esta manera se dan las condiciones ambientales y de humedad del sustrato que requieren las plántulas para su prendimiento, crecimiento y desarrollo. Estas condiciones se logran gracias a un sistema de riego con temporizador programable en la casa de mallas del Centro de Investigación Turipaná. En lugares donde no se disponga de sistemas de riego como el descrito, se puede usar una bomba de espalda para asperjar el agua sobre las plantas o una regadera que disperse el agua en gotas muy pequeñas (entre 3 mm y 4 mm de diámetro) para que no ocasionen daño alguno a las plántulas ni generen exceso de humedad en el sustrato. Esto se hace varias veces al día, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Manejo de la nutrición

La nutrición es un requisito determinante en el desarrollo de las vitroplantas, puesto que estas inician su actividad fisiológica y sus estructuras son incipientes y delicadas. Para la nutrición de este tipo de plantas se necesitan dos aplicaciones por semana con aspersor de espalda de una solución de fertilizante foliar completa NPK en dosis de 2 cm³/l, cuya aplicación debe hacerse en el último riego de la tarde durante la primera semana. Se recomienda complementar la nutrición foliar con fertilización edáfica.

Manejo de plagas y enfermedades

Para el manejo de plagas y enfermedades, se debe programar una aplicación semanal de fungicida azoxistrobina en dosis de 1 cm³/l durante las dos primeras semanas y un tratamiento con insecticida tiametoxam en dosis de 2 g/l de agua.

Entrega de material o salida a campo

Cuando el material se va a enviar a los invernaderos que se encuentren en ciudades diferentes, las plantas se deben empacar a raíz desnuda en papel húmedo en cajas de cartón. Cada caja debe llevar adherida una etiqueta con la información correspondiente. Asimismo, se debe diligenciar el formato vigente para el envío y recibo a conformidad del material, el cual debe contener 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. Se debe seguir este proceso para enviar a la ciudad de destino e iniciar con el endurecimiento en invernadero.

Cuando las plantas lleguen al invernadero, inmediatamente deben trasladarse a la casa de mallas, donde se sembrarán en un sustrato previamente esterilizado con una mezcla de aluvión, arena y lombriabono en proporciones de 85 %, 10 % y 5 %, respectivamente. Cuando se tenga el sustrato se deberá proceder a llenar bandejas de 24 alveolos a las que se les pondrá una polisombra de 70 % para mantener una humedad relativa del 95 %, acción que deberá ir acompañada de riego frecuente. En esta primera semana debe realizarse una fertilización foliar.

En la segunda semana se debe cambiar la polisombra por una de 40 % para mantener la humedad relativa mayor al 80%. Hasta iniciar la cuarta semana se deben hacer aplicaciones a los sustratos con fertilizantes compuestos y aplicaciones con fungicidas cada 10 días, teniendo en cuenta que se deben rotar los productos utilizados

para evitar resistencia de los patógenos. Durante la cuarta y quinta semana se debe mantener la humedad relativa mayor a 65 %, para lo cual es necesario disminuir la frecuencia de los riegos y aumentar las condiciones de luminosidad. Las plantas deben tener un tamaño de 8 cm a 10 cm para pasar a la fase de vivero, que dura entre 30 y 40 días. Durante esta fase se debe mantener una luminosidad del 60 % y se deben aplicar dos riegos manuales en la mañana y en la tarde. Asimismo, es necesario hacer aplicaciones de fertilizantes granulados al sustrato para que las plantas estén listas para ir a campo. El tamaño de estas debe oscilar entre 15 cm y 20 cm y las plantas deben tener, preferiblemente, una guía.

De acuerdo con lo estipulado en la Resolución ICA 3168 de 2015, durante todo el proceso se debe llevar el registro de todas las actividades de micropropagación realizadas, las cuales finalizan con los registros de la entrega al cliente (figura 16).

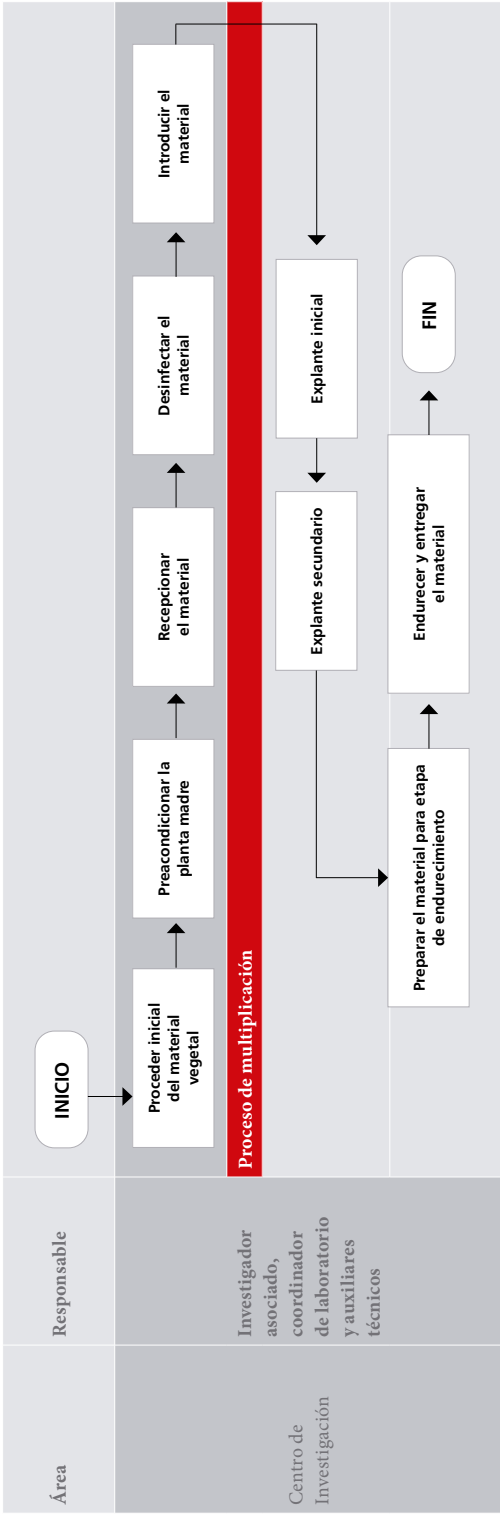


Figura 16. Formato de control de actividades de micropropagación de plantas *in vitro* de ñame.
Fuente: Elaboración propia





Capítulo III

Proceso de escalamiento de material vegetal de ñame

Una estrategia importante para la multiplicación rápida de semillas de alta calidad de ñame es utilizar esquejes de plantas endurecidas para inducir la regeneración de nuevas plantas en invernadero o vivero. De esta forma es posible incrementar su cantidad y disminuir los costos de producción de plantas en laboratorio.

Escalamiento de plantas de ñame endurecidas (invernadero o vivero)

Las plantas de ñame *in vitro* endurecidas y manejadas bajo condiciones especiales en el invernadero se mantienen aisladas del contacto con insectos y patógenos del ambiente externo mediante una malla antiáfidos. Con el fin de incrementar el número de plantas de procedencia *in vitro*, se pone en práctica un proceso denominado “escalamiento de plantas de ñame”, que consiste en tomar estas plantas ya endurecidas de 42 días después del trasplante a bandejas, cortarles los tallos de la parte apical y dejar en la bandeja las plantas endurecidas con 2 a 3 yemas para que inicien nuevos brotes. Con estos segmentos

de tallo de la parte apical se preparan esquejes de 1 a 2 yemas, introduciendo la base del esqueje en polvo hormonal a base de ácido naftalenacético 0,4 % (ANA). Cada segmento se introduce en un alveolo de la bandeja y se presiona suavemente el sustrato para garantizar mayor anclaje; este proceso permite que los esquejes produzcan raíces y se generen nuevas plantas. A partir de este momento se contabilizan 30 días para efectuar este mismo proceso de escalamiento a las plantas de procedencia *in vitro* endurecidas; es decir, a las plantas donantes iniciales y a sus descendientes regeneradas. El proceso finaliza cuando se hayan realizado dos multiplicaciones. Así, las plantas donantes con edad de 102 días y las regeneradas con 60 días estarán listas para ir a campo o a viveros locales (figura 17).

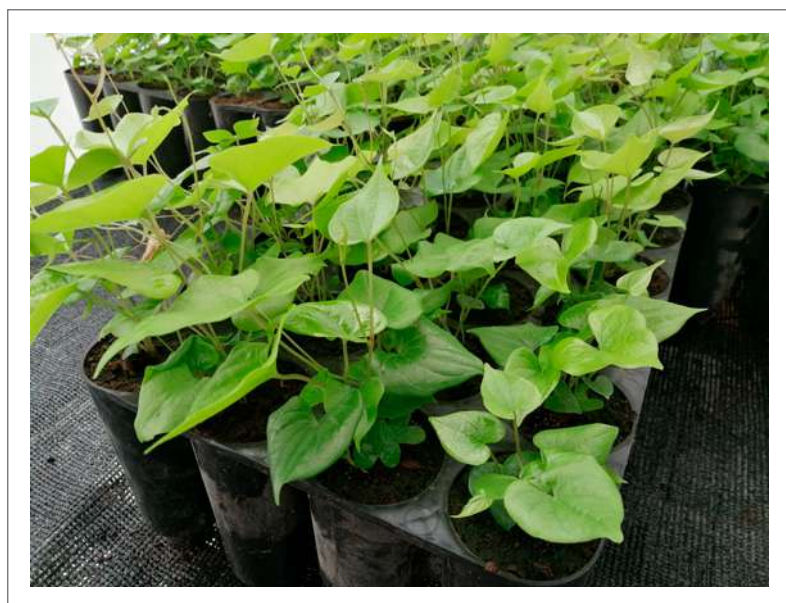


Foto: Amaury Espitia

Figura 17. Plantas endurecidas regeneradas por esqueje.

Escalamiento en vivero de plantas de ñame endurecidas

Esta etapa se debe llevar a cabo cuando las plantas endurecidas en invernadero son trasladadas a viveros para su multiplicación. Este proceso se realiza con el fin de incrementar el número de plantas y, de esta manera, reducir los costos de las plántulas de origen *in vitro*.

Características de las plántulas

Las plantas deben estar completas, bien enraizadas, tener una longitud de 15 cm a 20 cm y mínimo 12 hojas. Deben ser llevadas a raíz desnuda y empacadas en papel húmedo con el fin de mantenerlas hidratadas. Posteriormente, deben ser embaladas en canastas plásticas, cajas de cartón o cavas de poliestireno expandido (icopor).

Características del vivero local

Los viveros para escalar plantas de ñame necesitan contar con unas condiciones mínimas que permitan su normal desarrollo y crecimiento. Básicamente, se debe adecuar o construir un vivero, el cual debe tener:

- **Cubierta:** es necesaria para regular la incidencia de luz solar mediante polisombra calibrada. Se puede modificar colocando de 1 a 3 capas, según las condiciones climáticas, la época del año y el lugar de trabajo.
- **Cerramiento:** es útil para aislar el vivero de los animales domésticos. Se puede usar alambre, malla, polisombra u otros materiales.
- **Germinadores:** el vivero requiere de camas de germinación o contenedores que operen como sitios para la siembra y el crecimiento de las plantas para iniciar el escalamiento.
- **Agua:** es un componente importante en la operación de un vivero. Es la fuente de agua para riego, que debe ser de buena calidad para evitar problemas de sales o residuos de agroquímicos y de la agroindustria.
- **Sistema de riego:** aunque se pueden utilizar regaderas, es preferible instalar un sistema de riego por microaspersión para mantener la película de agua sobre las hojas de las plantas en etapa de crecimiento, así se evita la deshidratación en las hojas.
- **Bodega:** es necesario acondicionar un lugar específico para localizar las herramientas y demás elementos de uso en los procesos de producción de semillas en el vivero.
- **Sustrato:** debe estar compuesto de aluvión, lombriabono y arena en proporciones 2:1:1, respectivamente. Asimismo, debe estar esterilizado con desinfectante líquido 1,3 diformil propano a una dosis de 3-5 cm³/l de agua. Ahora

bien, es importante contar con un sustrato estandarizado en cada vivero local, seleccionado y preparado con materiales propios y que tenga alta eficiencia para el enraizamiento y regeneración de plantas. Una vez se tenga listo el sustrato, se debe proceder al llenado de bolsas, bandejas o camas que garanticen la siembra oportuna, para evitar efectos fisiológicos negativos que demoren la recuperación de las plantas, retrasen el escalamiento e, incluso, generen pérdida de plantas iniciales.

Trasplante y mantenimiento de plantas endurecidas en viveros locales

Para la siembra, de acuerdo con la cantidad de plantas, cada variedad recibida se debe localizar en su correspondiente germinador, en el cual se indique el nombre y la fecha de siembra. Si se va a sembrar en camas, se debe hacer con una densidad de siembra de 120 a 150 plantas/m² y se les debe aplicar riego. A partir de los 15 días se debe realizar la multiplicación de esquejes para generar nuevas plantas.

Multiplicación de plantas regeneradas por esquejes en vivero local (proceso de repique)

Pasados 15 días después del trasplante, se debe proceder a realizar la multiplicación. Este proceso se inicia tomando un lote de plantas de ñame de una variedad identificada. A cada una de estas plantas se les debe cortar la parte apical del tallo, de manera que se obtengan segmentos o esquejes con un mínimo de 2 yemas, las cuales son necesarias para regenerar el esqueje como una nueva planta, mientras que a la planta madre se le dejan de 2 a 3 yemas para que produzca un nuevo tallo. Las plantas deben estar rotuladas e indicar la variedad, la fecha y el número del repique. Los esquejes que formarán la nueva generación de plantas también se identifican con el nombre de la variedad, el origen (esqueje) y la fecha de siembra. A los esquejes se les cortan las hojas grandes, se prepara la hormona enraizadora ácido naftalenoacético (ANA) al 0,4 % en un recipiente y la base del esqueje se pone en contacto con el producto antes de la siembra. Terminada la siembra, se debe proceder al mantenimiento con manejo de riego y plagas y fertilización edáfica y foliar. Después de 4 semanas, la población de cada categoría estará lista para un nuevo repique. En esta instancia, las plantas madre cumplirán el segundo repique y su descendencia (hijas), el primero. Después del tercer ciclo de repique de la población inicial, existirán 7 poblaciones más, descendientes de esta, las cuales continuarán con la misma secuencia. Las plantas iniciales que dejan de ser donantes (tercer repique) van a

campo. Por esta razón, se recomienda llevar control de cada lote, pues es necesario indicar el número de repiques efectuados, de modo que no supere los 3 ciclos en cada generación de plantas, de acuerdo con el vigor que muestren y el manejo que reciban mientras están en fase de escalamiento. También se recomienda que en los repiques no participen muchas personas, a fin de reducir los riesgos de error en el manejo de las variedades y en los registros que se deben llevar (número de plantas repicadas; número de esquejes; porcentaje de prendimiento; fecha actual y proyección del próximo repique; variedad, y lote). Se sugiere trabajar las variedades una a una con sus respectivas generaciones de escalamiento.

Producción de minitubérculos de plantas de procedencia *in vitro* en invernadero

Otra estrategia importante y complementaria en la producción de semillas de ñame de buena calidad, que además es eficiente para la siembra directa en campo, consiste en producir minitubérculos de ñame a partir de plantas de procedencia *in vitro* o de plantas de procedencia *in vitro* regeneradas por esquejes en viveros locales.

El proceso consiste en trasplantar a bandejas de 24 alveolos vitroplantas de ñame de 5 cm a 7 cm y de 3 a 4 hojas, con raíces y tallos de buen aspecto y vigor. Estas plantas se deben someter al proceso de endurecimiento antes descrito hasta los 42 días.

Debido a que el tallo de la planta de ñame es una enredadera que comúnmente se conoce como “bejuco”, se le debe brindar soporte con la ayuda de un hilo unido a una línea de alambre para que las guías del tallo puedan treparse y garantizar el buen crecimiento y desarrollo de las plantas; a este proceso se le conoce como tutorado. Otro aspecto importante es la aplicación de riego, nutrición y manejo integrado de plagas. Pasados 6 meses del trasplante se debe realizar la cosecha de los minitubérculos, los cuales oscilan entre 4 g y 10 g (figura 18). Podemos decir que estos minitubérculos son tubérculos formados con estructuras completas desde el punto de vista fisiológico, por lo que también cumplen periodo de dormancia e inician la brotación cuando activan yemas localizadas en el segmento de la cabeza, principalmente. Una de las ventajas de este proceso es que los minitubérculos se pueden producir en cualquier época del año y pueden ser almacenados en pequeños espacios durante un tiempo determinado sin perder su potencial de brotación (Jova, 2009). Estos minitubérculos desarrollados de plantas de procedencia *in vitro* corresponden a la categoría de semillas seleccionadas y este tipo de estructura reproductiva puede ser sembrada

por agricultores en el sistema tradicional, con algunos cuidados aplicados al cultivo y con la seguridad de que originan plantas normales y capaces de formar tubérculos de tipo comercial, con peso entre 0,5 y 3 kg.

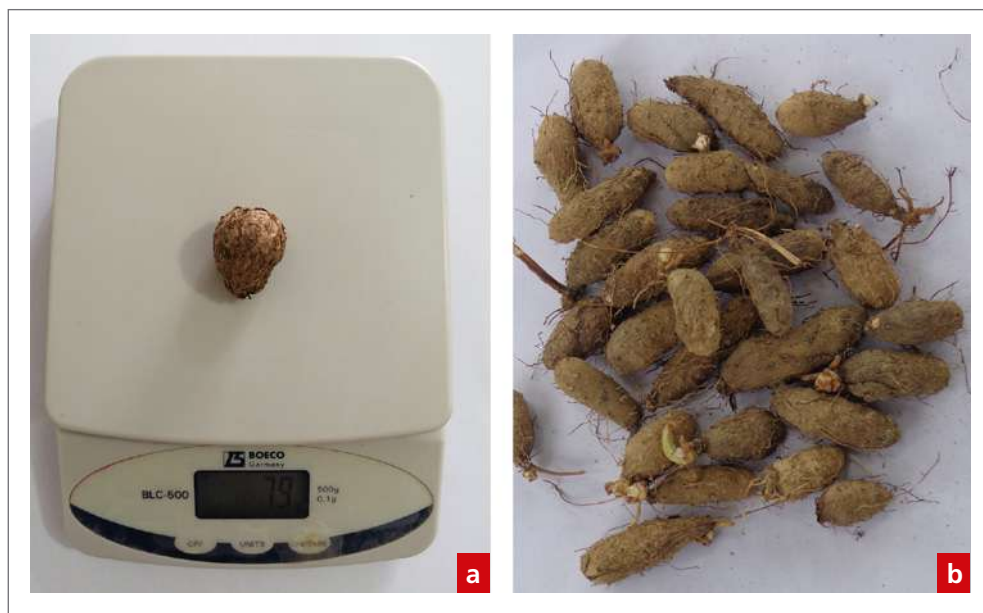


Foto: Amaury Espitia

Figura 18. Minitubérculos de ñame. a. Minitubérculo de ñame de 7,9 g; b. Varios minitubérculos de ñame.

Producción de minitubérculos de plantas regeneradas por esquejes en vivero local

Para la producción de minitubérculos, se deben utilizar esquejes de plantas de procedencia *in vitro* ya endurecidas, de los cuales se regeneran las plantas para la producción de minitubérculos. Así se pone en práctica el procedimiento ya estandarizado de multiplicación por esquejes de plantas en vivero local antes mencionado. Estos minitubérculos desarrollados de plantas endurecidas en vivero corresponden a la categoría de semillas seleccionadas y están en capacidad de formar tubérculos de tipo comercial cuando se llevan a campo. Los minitubérculos se obtienen a bajo costo como producto del escalamiento progresivo de las plantas de ñame endurecidas, en espacios reducidos y con una inversión mínima.

Producción de tubérculos de ñame en campo para semilla de categoría seleccionada

Una vez cumplidos los procedimientos descritos anteriormente, las plantas madre endurecidas provenientes de la producción *in vitro* o las plantas que hayan sido regeneradas por esquejes pueden ser llevadas a campo para la obtención de tubérculos de primera generación, los cuales son denominados semilla de categoría seleccionada.

La producción de tubérculos de ñame para semilla requiere condiciones de manejo diferentes a las aplicadas para la producción comercial, las cuales se detallan a continuación:

- **Selección y características del lote:** se requiere hacer una buena selección del lote, que preferiblemente no se haya sembrado el año anterior con este cultivo. Así se evitan mezclas con otras variedades no deseadas. Los lotes deben estar fuera de áreas de producción comercial para evitar contaminación por patógenos e insectos nocivos y deben ser de fácil acceso para las visitas de seguimiento por parte del personal técnico responsable de su manejo. Los suelos deben ser franco o franco arenosos, con un pH que oscile entre 5,5 y 6,5. Se recomienda realizar un análisis previo del suelo.
- **Preparación del suelo:** la principal época de siembra para la región Caribe es entre abril, mayo y junio, que son los meses de inicio de las primeras precipitaciones del año y coinciden con la primera época de lluvias del sistema bimodal característico de la región. Por consiguiente, la preparación del suelo tiene que darse con el inicio de las primeras lluvias y por lo menos 15 días antes de comenzar la siembra del cultivo.

El tipo de preparación depende de las condiciones topográficas del lote y de las condiciones físicas del suelo; por lo tanto, se recomienda realizar de manera previa un diagnóstico de sus condiciones físicas. El diagnóstico, desde el punto de vista de las propiedades físicas, se realiza haciendo varias calicatas de 50 cm x 50 cm en cuadro de hasta 50 cm de profundidad y con una observación posterior de las condiciones físicas de cada uno de los perfiles que se encuentren en ella. De esta manera se determinará la presencia de problemas que afecten o no la profundidad efectiva del suelo (fenómenos de compactación del suelo, capas endurecidas o pedregosidades). En caso de presentarse problemas de compactación o capas endurecidas, en suelos de topografía plana y de textura pesada se debe realizar una preparación con un pase de arado de cincel, un pase de

rastra pesada y, además, cuando los terrenos son planos (y debido a que el ñame no soporta encharcamientos, es decir, exceso de humedad en el suelo) se debe realizar en el lote una labor denominada caballoneo (figura 19) a una distancia de 1 m entre caballones, con el fin de realizar la siembra en la parte alta del caballón o aporque. En zonas onduladas con pendiente mayor a 3 % debe hacerse la preparación del suelo únicamente con arado de cincel. En suelos de topografía plana y que no presenten problemas de compactación en los primeros 50 cm de profundidad, se puede realizar la preparación del lote con un pase de arado de disco más un pase de rastrillo pulidor o dos pases cruzados de rastra pesada. También se deben realizar labores de adecuación de canales de drenaje en el lote para evitar los excesos de humedad del suelo.



Foto: Sol Mara Regino

Figura 19. Suelo preparado por caballoneo.

- **Trasplante:** aunque el suelo esté preparado, se debe realizar la labor de ahoyado, la cual consiste en realizar un hueco en el sitio para mover el suelo y facilitar el trasplante. Para evitar un incremento en los costos por volumen de sustrato, las plantas pueden ser llevadas a campo a raíz desnuda y envueltas en papel húmedo en canastas plásticas con el fin de evitar daños y deshidratación. Luego deberán ser trasplantadas a una distancia de 1 m entre plantas y de 1 m entre surcos.

- **Tutorado:** esta práctica se utiliza para servir de soporte a las plantas. Se recomienda un sistema de espaldera doble para optimizar y disminuir el uso de maderos y se debe realizar después del trasplante para que las plantas se puedan trepar y evitar que los tallos entren en contacto con el suelo y se dañen (figura 20); de igual forma, este sistema permite darle un mejor manejo al cultivo en cuanto a la eficiencia de las labores de control de malezas, fertilización y aplicaciones de agroquímicos.



Fotos: Ricardo Tamara

Figura 20. Tutorado mediante sistema de espaldera. a. Instalación de tutores en sistema de espaldera; b. Plantas tutoradas al sistema de espaldera.

- **Manejo fitosanitario:** la producción de semillas requiere atender también los aspectos sanitarios, lo cual comienza por un buen manejo de malezas con herbicidas preemergentes y posembrantes en combinación con controles manuales. El manejo de insectos y enfermedades inicia en el momento del trasplante, con la aplicación de un insecticida (fipronil 1 cm³/l de agua) y un fungicida (trifloxistrobin - tebuconazole 1,5 cm³/l de agua), que tiene que ser riguroso para mantener los materiales libres de contaminaciones que puedan producir descarte de la producción como fuente de semilla. El profesional encargado del manejo del cultivo debe realizar monitoreos frecuentes para garantizar el buen estado fitosanitario del cultivo. Si se evidencian problemas fitosanitarios, se deben tomar muestras y enviarlas al ICA para que sean diagnosticadas. De esta manera serán más eficientes en su manejo.

- **Fertilización:** la fertilización del cultivo de ñame debe ser oportuna y adecuada, basada en los resultados del análisis químico de suelos y en los requerimientos nutricionales de la planta de esta especie. El ñame es exigente en potasio, poco en nitrógeno y requiere fósforo. Para realizar una adecuada fertilización, es necesario acudir al análisis químico de suelos para determinar las cantidades de nutrientes disponibles que son necesarios para el crecimiento y mejor rendimiento de las plantas de ñame. Para mantener la fertilidad del suelo, es necesario aplicar, por lo menos, la misma cantidad de nutrientes que el cultivo de ñame extrae en cada cosecha. En general, se conoce que esta especie extrae 107, 14, 135, 2 y 7 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, por cada 30 t/ha de tubérculos producidos (Rodríguez, 2000). Según O'Sullivan (2010), el ñame extrae entre 30 y 76 kg/ha de nitrógeno; 0,7 y 8,7 kg/ha de fósforo; 26 y 78 kg/ha de potasio; 0,5 y 3,3 kg/ha de calcio; 1,0 y 4,5 kg/ha de magnesio, y 1,5 y 2,7 kg/ha de azufre. Estas cantidades fueron calculadas considerando una cosecha de 15 t/ha de tubérculos, lo que significa que por cada tonelada de tubérculo producido se extrae en promedio 3,53 kg de nitrógeno; 0,62 kg de fósforo; 4,50 kg de potasio; 0,25 kg de calcio; 0,37 kg de magnesio, y 0,28 kg de azufre (O'Sullivan, 2010).

La aplicación de los fertilizantes debe ser todo el fósforo (100 %) al momento del trasplante en el fondo del hoyo, mientras que el nitrógeno y el potasio deben ser fraccionados así: un 30 % de la dosis a los 40 días después de la germinación de la semilla y el restante 70 % a los 35 a 40 días después de la primera.

- **Disponibilidad de agua:** para que el cultivo tenga un buen desarrollo se necesita que haya una buena distribución de lluvias entre 1.100 a 1.300 mm de agua al año, por lo que la aplicación de riego es necesaria cuando se presenta déficit hídrico por lluvias mal distribuidas en la temporada. Si ello ocurre, la calidad de los tubérculos se verá afectada; de igual manera, el exceso de humedad en el suelo produce pudrición de los tubérculos, condición que descalifica al producto para usarlo como semilla.

Cosecha de tubérculos para semilla de categoría seleccionada (primera generación)

Terminado el ciclo vegetativo de la plantación, comienzan los cambios en el aspecto general del cultivo, lo cual se evidencia, inicialmente, en un amarillamiento foliar y, finalmente, en el secado o necrosamiento total de la estructura aérea de la planta.

Para realizar la cosecha de manera correcta, sin confusiones en las áreas sembradas y las variedades, se requiere:

- Demarcar en etapa de precosecha los lotes sembrados e identificar cada variedad.
- Realizar la cosecha de cada variedad por separado y colocar los tubérculos en un sitio sombreado.
- Clasificar el material cosechado y desechar los tubérculos perforados por insectos, con pudriciones, con daños mecánicos causados por herramientas de trabajo, entre otros.
- Empacar y rotular apropiadamente cada variedad de ñame cosechada.
- Tomar tubérculos durante la cosecha y enviar al laboratorio del ICA para su diagnóstico sanitario antes de que la producción sea utilizada como semilla.
- Almacenar los tubérculos en un lugar fresco y seco hasta cumplir el ciclo de dormancia para poder utilizar el material como semilla.

Preparación de semillas de ñame para producción de tubérculos de segunda generación en campo de semilla de categoría seleccionada

Para la producción de semilla seleccionada de segunda generación que se destinará a la comercialización, se debe establecer un nuevo cultivo en campo con tubérculos semilla provenientes de la primera generación originados de plantas de procedencia *in vitro*. A continuación, se describirá el proceso.

- a. Selección de tubérculos:** los tubérculos deben haber culminado el periodo de dormancia que se presenta de 1 a 3 meses después de la cosecha, dependiendo de la variedad.
- b. Adecuación del semillero:** se debe seleccionar un sitio en la finca próximo al lugar de siembra para instalar el semillero con materiales del medio. El semillero debe contar con un sarán o polisombra que regule la incidencia de luz solar. Adicionalmente, hay que disponer de camas de germinación con el sustrato que actúen como semillero. Este proceso también se puede desarrollar con bolsas o bandejas y en ese caso hay que disponer de una fuente de agua para riego.

- c. **Preparación de la semilla:** el tubérculo se debe cortar y se deben separar los tres segmentos definidos como cabeza, centro y cola (figura 21). Los segmentos se deben agrupar por separado antes del picado de las semillas o minisecciones. Esta característica es importante porque cada categoría brota en tiempo diferente: las de la cabeza brotan entre las 2 y 3 semanas, las del centro brotan entre las 3 y 4 semanas y las semillas del segmento de cola brotan a partir de la semana 4. La preparación de la semilla depende del área a sembrar. Por cada kg de peso de tubérculo se pueden obtener hasta 40 semillas tipo minisecciones con peso de 20 a 25 g cada una (figura 22). Esto demanda alrededor de 600 kg de ñame/ha para una densidad de 18.000 a 20.000 plantas/ha. La utilización de minisecciones disminuye la demanda de tubérculos para semilla a un 30 % con relación al sistema tradicional.



Foto: Sol Mara Regino

Figura 21. Tubérculo de ñame seccionado para luego picar la semilla.



Foto: Sol Mara Regino

Figura 22. Minisecciones de ñame de 20 a 25 g.

- d. Tratamiento de semillas:** para preparar las semillas, estas deben someterse a un tratamiento preventivo. Se deben sumergir en una mezcla de fungicida más insecticida durante 5 minutos, con el propósito de eliminar problemas de contaminación por patógenos o insectos. Terminado el tratamiento, las semillas se deben ubicar en una superficie limpia y sombreada para el secado y reposo durante 1 o 2 días.
- e. Siembra de semillas:** habiendo preparado las semillas e instalado el semillero, el siguiente paso es la siembra en bolsas, camas o germinadores para inducir la brotación de yemas en las semillas (figura 23). Se debe prestar atención a la profundidad de la siembra, de modo que la parte superior de la semilla quede unos 2 cm por debajo de la superficie del sustrato en el sitio de siembra. Otro aspecto importante es mantener húmedo el sustrato utilizado para que la brotación sea rápida.



Foto: Amaury Espitia

Figura 23. Siembra de semilla (secciones de tubérculo).



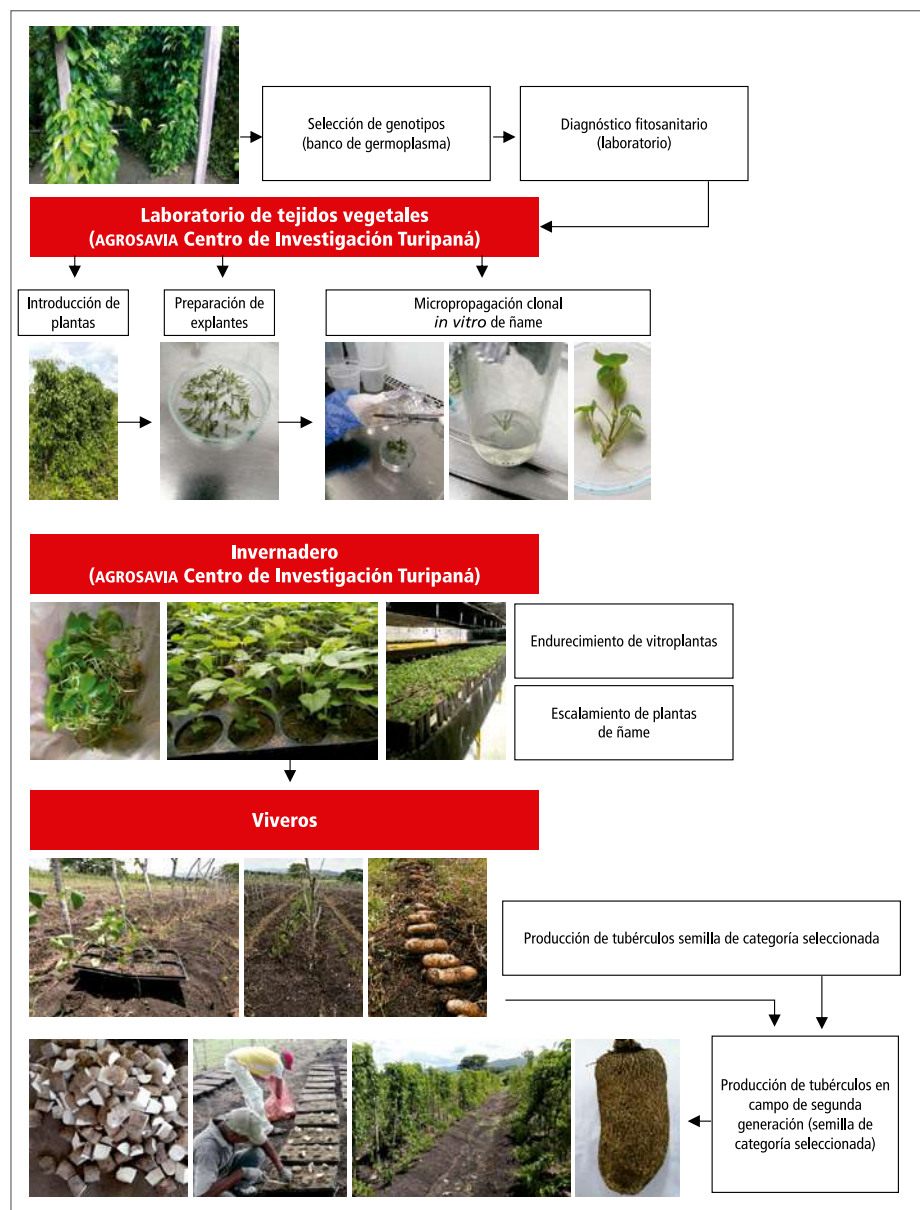
Foto: Amaury Espitia

Figura 24. Trasplante al sitio definitivo de siembra. a. Plántulas aptas para trasplante en campo; b. Plantas trasplantadas a sitio definitivo; c. Cosecha de tubérculos de primera generación de plantas *in vitro*.

- f. **Evaluación de brotes:** después de la siembra se deben esperar unos 15 días para iniciar las evaluaciones sobre la ocurrencia de brotes. Estos tienen lugar primero en las semillas del segmento de la cabeza, luego en el del de centro y, finalmente, en el de la de cola. Esta característica permite hacer las siembras en campo de manera gradual, en el orden de brotación: cuando las plantas tienen dos hojas y antes de que los tallos se enreden (figura 24).
- g. **Manejo integrado del cultivo:** para la producción de tubérculos de ñame de segunda generación, se parte de tubérculos de la primera generación en campo de plantas *in vitro*. Con respecto al manejo del cultivo se debe tener en cuenta, específicamente, la selección del lote, la preparación del suelo, el trasplante, el tutorado, el manejo fitosanitario, la fertilización, la disponibilidad de agua y la cosecha, como se describió anteriormente.

Es importante que el productor de semilla tenga claros los procedimientos descritos en el manual para garantizar la obtención de semilla de buena calidad. Adicionalmente, se debe renovar el material de siembra de manera que se mantenga un flujo desde el laboratorio (plantas *in vitro*) hasta el proceso de campo, con el objeto de que no se pierda la calidad, el vigor y la pureza del material.

El flujograma de la figura 25 resume las diferentes fases y el lugar donde se deben realizar para obtener una semilla de categoría básica de ñame.



Fotos: Amaury Espitia

Figura 25. Proceso de producción de semilla de ñame de alta calidad.

Fuente: Elaboración propia





Glosario

Cama: unidad mínima de terreno acondicionado en lo alto y ancho sobre la cual las plantas se desarrollan. Ejemplo de ello es el cultivo de piña, en el que se encuentran camas con hileras de plantas, ya sean sencillas o dobles.

Dormancia: es un rasgo de la semilla durante su ciclo biológico primordial de desarrollo. Durante la dormancia se solventan las condiciones ambientales (condiciones adversas) y con esto se asegura que la germinación solo ocurra cuando todas las condiciones sean óptimas para el establecimiento de las plántulas (Baskin & Baskin, 2014a). En ocasiones, este rasgo seminal es el principal obstáculo, en condiciones de vivero, para obtener una germinación rápida y sincrónica (Baskin & Baskin, 2005; Kildisheva et al., 2018).

Explante: hace referencia a los órganos o sus porciones, que pueden ser utilizados como material para propagar la especie. El proceso de cultivo se lleva a cabo en condiciones artificiales dentro de recipientes de vidrio (Castillo, 2008).

Genotipo: se refiere a un individuo o grupo de individuos que comparten el mismo paquete de genes. Este genoma es la parte no visible del individuo. Su expresión a condiciones determinadas del ambiente e interacciones con este define la parte observable denominada fenotipo.

Hormona inductora: sustancia que, principalmente, funciona como precursora del proceso fisiológico de florecimiento en plantas.

In vitro: proceso de germinación realizado dentro de un recipiente de vidrio que puede ser un tubo de ensayo sujeto a manipulación por parte de quien lo investiga (Roca & Mroginski, 1991). Para el caso de este trabajo, se refiere a plantas desarrolladas en laboratorio de tejidos a partir de secciones de planta en un medio nutritivo.

Material vegetal micropropagado: se refiere al material de propagación que ha sido obtenido mediante el proceso de cultivo *in vitro* a través del uso de explantes vegetales y que la Resolución 3168 de 2015 reglamenta como semilla para la siembra.

Microtubérculo: tubérculo de masa muy pequeña obtenido a través de un cultivo *in vitro* de tejido, que tiene el potencial de producir o regenerar una planta normal (FAO, 2013).

Minitubérculo: tubérculo de dimensiones pequeñas (5 mm a 15 mm de diámetro), cosechado del cultivo de fitómetros o esquejes (FAO, 2013).

Polisombra: tela tejida en polietileno con protección que le permite regular la luz que incide en el cultivo o invernadero. Puede ser de 35, 47, 50, 65 u 80 % de penetración de luz.

Prendimiento: cuando la semilla o propágulo empieza su crecimiento en el ambiente o sustrato definitivo. Se manifiesta en la emisión de raíces o brotes nuevos.

Procedimiento operativo estandarizado (POE): documento que describe los detalles de las diferentes operaciones, métodos y actividades para establecerlos como el o los procedimientos rutinarios en un área específica.

Plantas *in vitro* (vitroplantas): son aquellas desarrolladas a partir de explantes, en condiciones controladas de luminosidad, temperatura, pH, asepsia, nutrición, crecimiento y en un ambiente hermético que normalmente es un recipiente de vidrio o plástico. Las plantas *in vitro* se desarrollan sobre un sustrato artificial o medio de cultivo enriquecido (Cañal et al., 2001).

Planta madre (planta donante u ortet): es aquel ejemplar de una especie o variedad de la cual se escinde un órgano o tejido para generar nuevos ejemplares o plantas completas; pueden ser tallos, hojas, raíces o tubérculos, como en el caso del ñame (FAO, 2013).

Repique: corte de la parte apical de la planta de ñame con la ayuda de una tijera, por medio del cual se producen segmentos de tallo con un mínimo de 2 yemas, los cuales están en la capacidad de regenerar una nueva planta.

Semilla seleccionada: semilla obtenida por medio de la aplicación de los métodos del mejoramiento genético. Estas semillas dan origen a una variedad o genotipo particular y son empleadas en la producción comercial de cultivos. Se destaca que esta no ha sido producida mediante control de parentales; sin embargo, el ICA ejerce control sobre su comercialización, con el fin de verificar que cumpla con los requisitos de calidad dictados por la normatividad correspondiente (Resolución ICA 003168 del 7 de septiembre del 2015).

Vivero: área de terrenos destinada a la propagación y multiplicación de especies vegetales, ya sea por vías sexuales o asexuales. En dichos terrenos, las plantas son mantenidas aclimatadas y endurecidas hasta que alcancen el punto apropiado para ser establecidas en un sitio definitivo (Guenkov, 1969).



Referencias

- Agbaje, G. O., & Oyegbami, A. (2005). Survey on the adoption of yam minisett technology in South-Western Nigeria. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 3(2), 134-137.
- Agronet. (2020). *Área cosechada, producción, rendimiento y participación porcentual de los departamentos del cultivo de ñame*. <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>.
- Aguas, A., Gamero, G., Romero, J., & Espitia, A. (2000). Aclimatización de plantas *in vitro* de ñame espino, japonico y chocono en la Costa Caribe. En M. Guzmán & G. Buitrago (Eds.), *Ñame: producción de semillas por biotecnología* (pp. 104-112). Universidad Nacional de Colombia.
- Amusa, N., Adegbite, A., Amammeda, S., & Baiyewu, R. A. (2003). Yam diseases and its management in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 2(12), 497-502.
- Bai, K. V., & Ekanayake, I. J. (2000). Taxonomy, morphology and floral biology. En G. C. Orkwor, R. Asiedy & I. J. Ekanayake (Eds.), *Food yams. Advances in research*. IITA; NRCRI.
- Balogun, M. O., & Gueye, B. (2013). Status and prospects of biotechnology applications to conservation, propagation and genetic improvement of yam. En K. G. Ramawat & J.-M. Merillon (Eds.), *Bulbous Plants: Biotechnology* (pp. 92-112). doi: 10.1201/b16136-7.
- Balogun, M. O. (2009). Microtubers in yam germplasm conservation and propagation: The status, the prospects and the constraints. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 4(1), 1-10.
- Balogun, M. O., Fawole, I., Ng, S. Y. C., Ng, Q., Shiwachi, H. Y., & Kikuno, H. (2006). Interaction among cultural factors in microtuberization of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). *Tropical Science*, 46(1), 55-59. doi: 10.1002/ts.61

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2005). Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. *Tropical Ecology*, 46(1), 17-28.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press.
- Bonilla, M., & Hernández, O. (2012). Propagación *in vitro* de ñame (*Dioscorea* spp.): una perspectiva en la producción masiva de plántulas y conservación de germoplasma. *Agronomía*, 20(2), 65-76.
- Cabrera, M. (2009). Empleo de métodos biotecnológicos para la propagación de ñame. *Biotecnología Vegetal*, 9(4), 195-209.
- Campo, R. O., & Luna, J. M. (1999). *Evaluación de la resistencia del germoplasma de ñame Dioscorea spp. a la antracnosis Colletotrichum gloeosporioides en el departamento de Córdoba* [Memorias]. XX Congreso Nacional de Fitopatología, Manizales, Colombia.
- Cañal, M. J., Rodríguez, R., Fernández, B., Sánchez-Tames, R., & Majada, J. P. (2001). Fisiología del cultivo *in vitro*. *Biotecnología Vegetal*, 1(1), 3-9.
- Castillo, A. (2008). *Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo*. AR-VITRO; INIA.
- Castro, F. O., Pecina-Quintero, V., Hinojosa, M. A. C., Peña, M. A. R., Tucuch-Cauich, F. M., & Almeida-León, I. A. (2009). Marcadores moleculares asociados con resistencia a la enfermedad punta morada en papa. *Agronomía Mesoamericana*, 20(1), 31-39.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2018). Programa Nacional de Semilla. AGROSAVIA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2019). *Desarrollo de una línea de base para la identificación y el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo del ñame en la región Caribe colombiana* [Informe final]. Convenio TV - 19; AGROSAVIA.
- Coursey, D. G. (1967). *Yams. An account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the Dioscoreaceae*. Longmans.
- Coyne, D. L., Claudius-Cole, A. O., Kenyon, L., & Baimey, H. (2010). Differential effect of hot water treatment on whole tubers versus cut setts of yam (*Dioscorea* spp.). *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 66(4), 385-389.

- Díaz, R. S., & Herrera, J. D. B. (2002). Microtuberización en ñame (*Dioscorea alata* L.) var. “Pico de Botella”. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 4(2), 27-32.
- Espitia, A. & García, J. (2017). *Proyecto: Tecnologías de manejo agronómico evaluadas para la producción de ñame, en la región Caribe* [Informe final]. AGROSAVIA; MADR.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2013). Material de propagación de calidad declarada. Protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente. FAO
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2016). *Propuesta para la elaboración de la norma CODEX, para el ñame (Dioscorea spp.)*. <https://es.scribd.com/document/433595227/El-name>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2018). FAOSTAT: Statistical Database. FAO.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2020) *Seeds*. FAO.
- González, M. E. (2012). El ñame (*Dioscorea* spp.). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. *Cultivos Tropicales*, 33(4), 5-15.
- Guenkov, E. (1969). Fundamentos de la horticultura cubana. Ciencia y Técnica.
- Hermann, M., Amaya, K., Latournerie, L., & Castiñeiras, L. (2010). *¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de chile, frijoles y maíz*. Bioersity International.
- Jova, M. A. C. (2009). Empleo de métodos biotecnológicos para la propagación de ñame. *Biotecnología Vegetal*, 9(4), 195-209.
- Kildisheva O. A., Erickson, T. E., Madsen, M. D., Dixon, K. W., & Merritt, D. J. (2018). Seed germination and dormancy traits of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biology*, 21(1), 458-469. doi:10.1111/plb.12892
- Lebot, V. (2009). *Tropical root and tuber crops*. CABI.
- Mandal, R. C. (1993). *Tropical root and tuber crops*. Agrobios.
- Mandal, R. C. (1993). *Tropical root and tuber crops*. Agrobotanical Publishers.
- Mbanaso, E. N. A., Chukwu, L. I., & Opara, M. U. A. (2007). *In vitro* basal and nodal microtuberization in yam shoot cultures (*Dioscorea rotundata* Poir,

- cv. 'Obiaoturugo') under nutritional stress conditions. *African Journal of Biotechnology*, 6(21), 2444-2446.
- Mercado, A. N. A., Assia, I. S. S., & Mendoza, J. G. S. (2015). Desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas. *Acta Agronómica*, 64(1), 30-35.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2017). *Documento clúster de tubérculos en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre para las líneas productivas de ñame, yuca y batata*. MADR.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). Indicadores e instrumentos del sector productivo del ñame en Colombia. Ñame - SIOC. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-03-31%](https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-03-31%20)
- Morales, E. (2010). *Fogón Caribe: la historia de la gastronomía del Caribe colombiano*. La Laguna Ciega.
- O'Sullivan, J. N. (2010). *Yam nutrition: nutrient disorders and soil fertility management*. [ACIAR Monograph No. 144]. Australian Centre for International Agricultural Research.
- Ondo, P., Kevers, C., & Dommes J. (2010). Effects of storage conditions on sprouting of microtubers of yam (*Dioscorea cayenensis* - *D. rotundata* complex). *Comptes Rendus Biologies*, 333, 28-34.
- Ovono, P. O., Kevers, C., & Dommes, J. (2009). Effects of reducing sugar concentration on *in vitro* tuber formation and sprouting in yam (*Dioscorea cayenensis* - *D. rotundata* complex). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 99(1), 55-59.
- Pérez, D., & Campo, R. (2016). Efecto de la densidad poblacional sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.) tipo exportación. Universidad de Córdoba.
- Procedimiento Operativo Estándar [POE]. (2019). Procedimiento Operativo Estándar [Documento de trabajo interno]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA.
- Reina, Y. (2012). *El cultivo de ñame en el Caribe colombiano*. Banco de la República.
- Roca, W. M., & Mroginski, L. A. (1991). *Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones*. CIAT.
- Rodríguez, S. (2004). Situación actual y perspectivas de los cultivos varios. [Informe a la Asamblea Nacional del Poder Popular]. Ministerio de la Agricultura.

- Rodríguez, W. (2000). Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*, 11(2), 133-152.
- Tamiru, M., Becker, H. C., & Maass, B. L. (2008). Diversity, distribution and management of yam landraces (*Dioscorea* spp.) in Southern Ethiopia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(1), 115-131.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2017). *Región Administrativa de Planificación Caribe (RAP Caribe)*. <https://drive.google.com/file/d/0B41eMRb76ohEbWZ1bVFmaVlrY2M/view?resourcekey=0-wsIirIC00xwr-8HDQfKissA>
- Wilson, J. E. (1989). *Rapid multiplication of yams* (*Dioscorea* spp.). Institute for Research, Extension and Training in Agriculture.

Normativa

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Resolución 3168 del 7 de septiembre de 2015. *“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). Resolución 003888 del 17 de diciembre de 2015. *“Por medio de la cual se adiciona un artículo transitorio y se modifica la Resolución ICA 003168 de 2015”*.

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

Profesor tiempo completo
Corporación Universitaria del Huila

Rómulo Bañuelos-Valenzuela, PhD

Universidad de Colima, México

José Andrés Nasca, Dr.

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Tucumán, 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 Camajuaní
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

CIESTAAM/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 (Cali),
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



MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

AGROSAVIA y sus investigadores hacen entrega de este manual, que presenta los procedimientos de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.), con el propósito de que agricultores, comercializadores de semilla de ñame y asistentes técnicos de este cultivo conozcan el paso a paso para la obtención de semilla de alta calidad. Esta obra abarca los puntos clave para el éxito del proceso: la selección en campo de las variedades a propagar; el preacondicionamiento, establecimiento, multiplicación y enraizamiento *in vitro* a nivel de laboratorio; el endurecimiento o la climatización de vitroplantas en invernadero; el escalamiento para la multiplicación rápida en invernadero o vivero y en campo; todas las prácticas de manejo integrado del cultivo, como preparación del terreno, manejo de malezas, fertilización, tutorado, manejo de plagas y enfermedades, y la cosecha y selección de tubérculos de primera generación para la producción de semilla de ñame de categoría seleccionada con base en la Resolución ICA 3168 de 2015.

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



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@agrosavia.co**

TELÉFONO: **(57 601) 422 73 00** EXT. 1257 o 1274

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name?userinfo=biblioteca.agropecuaria)**

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-594-1



9 789587 405941

Distribución gratuita
Prohibida su venta