

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).

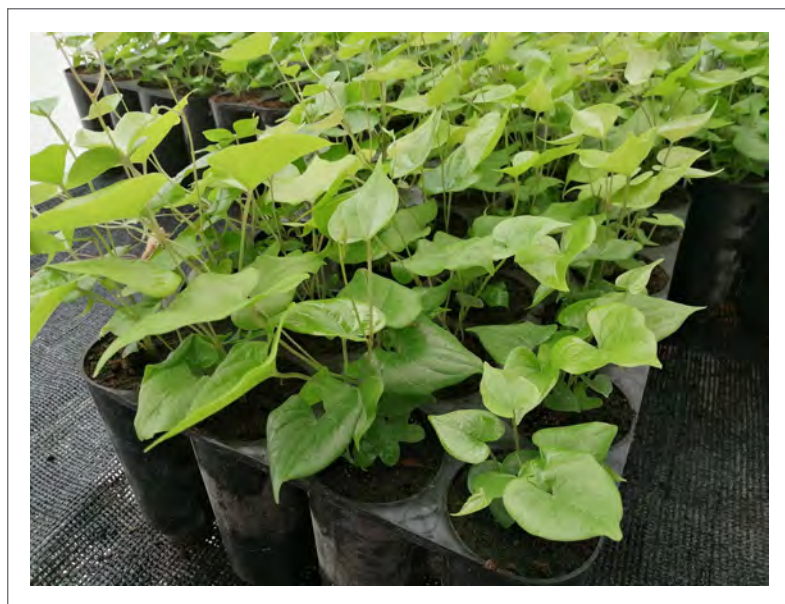


Foto: Amaury Espitia

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 naftaleno-cético (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.

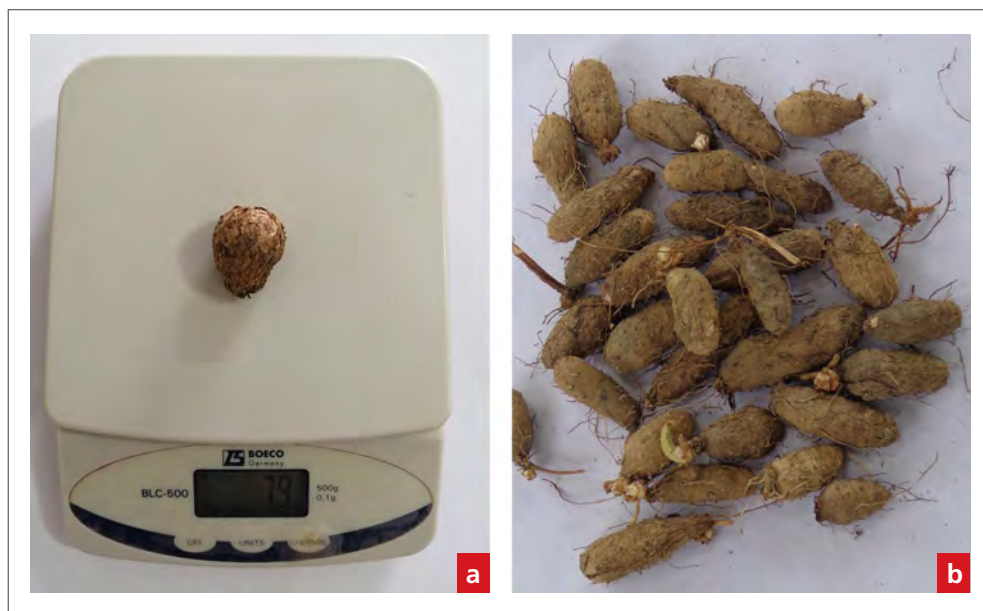


Foto: Amaury Espitia

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 Támara

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).



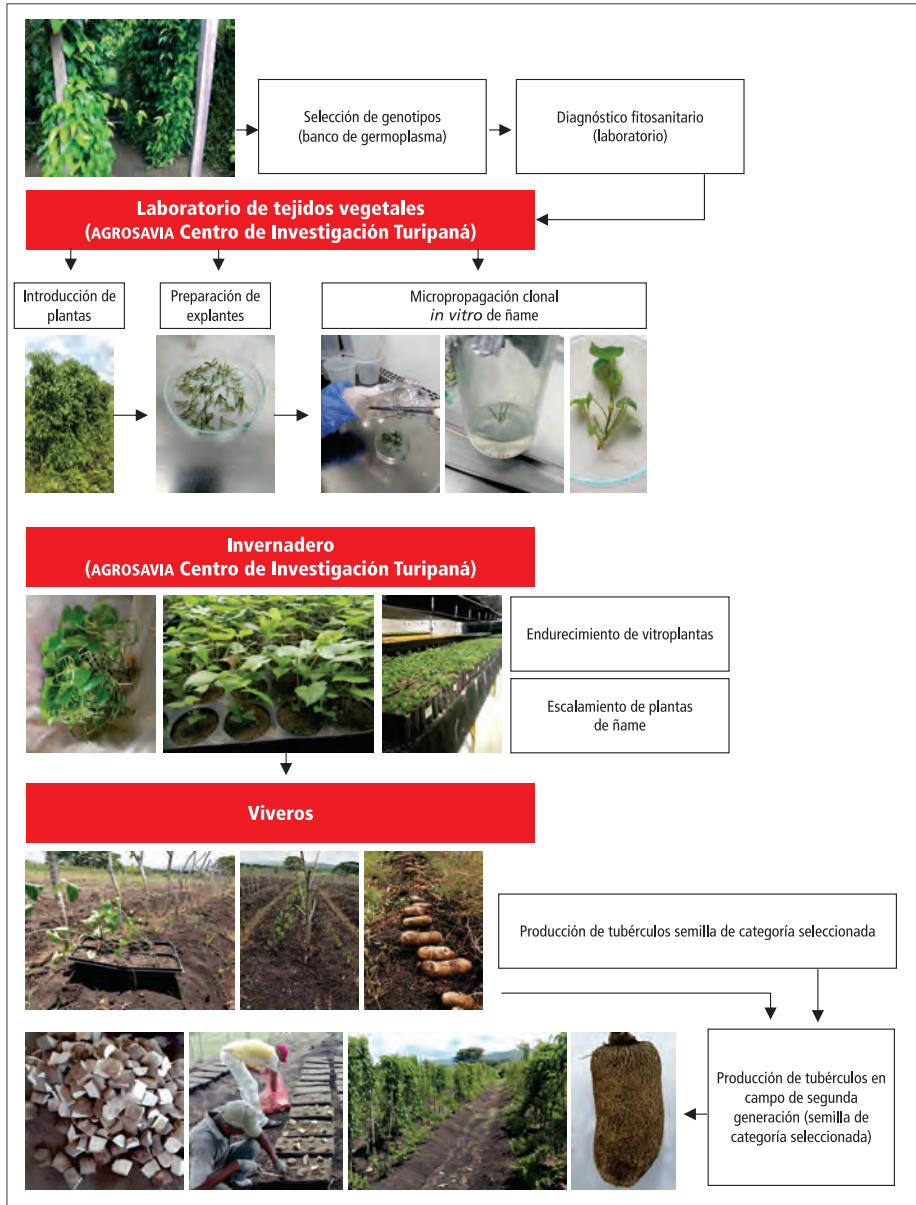
Foto: Amaury Espitia

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

