Reg 43103

APÉNDICE 1

Metodología para el Endurecimiento Masivo de 'Vitroplantas' de Yuca

Roberto J. Segovia, Armando Bedoya**, William Triviño**, Hernán Ceballos***, Guillermo Gálvez[Ψ] y Bernardo Ospina[ΨΨ]*

Introducción

El cultivo de tejidos es una técnica utilizada para la micropropagación vegetal. En el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), la micropropagación vegetal ha sido aplicada con éxito para obtener vitroplantas de yuca.

Esta tecnología permite producir, en forma masiva, plántulas libres de plagas y patógenos, aumentando así su productividad y, en ciertos casos, su longevidad. En relación con la yuca se utiliza la micropropagación in vitro para producir plántulas libres de patógenos, tales como cuero de sapo, mosaico de la yuca y bacteriosis, entre otros. Esta micropropagación se puede realizar por el medio tradicional, con tasas bajas de multiplicación, o mejorarlas a través de sistemas de multiplicación más eficientes, como el Recipiente de Inmersión Temporal Automatizado (RITA) (ver Capítulo 21, esta obra) y el Sistema de Inmersión Temporal Automatizado (SITA).

Las plántulas producidas por cualquiera de estos sistemas, al cabo de 6 a 11 meses de estar bajo condiciones artificiales (luz, temperatura, humedad, alimentación) y en cuartos estériles, salen al medio ambiente como bebés de probeta, débiles y desadaptadas. Por consiguiente, se necesita una etapa de aclimatación o endurecimiento, que en yuca es un proceso muy delicado, antes de que las plántulas puedan ser trasladadas a su sitio definitivo. En la producción masiva de semilla de yuca, a través del tejido de cultivos, esta etapa constituye un cuello de botella.

El proceso de endurecimiento masivo de vitroplantas de yuca trae consigo **pérdidas** inevitables. El mayor porcentaje de plántulas perdidas se presenta en la fase del proceso de transferencia al suelo, es decir, cuando la plántula pasa del medio artificial al medio natural (el suelo) y debe adaptarse a nuevas condiciones microclimáticas. Cuando no se realiza con una adecuada tecnología, el porcentaje de pérdida es muy alto (entre 50% y 95%), y afecta el progreso agronómico del cultivo por dos razones:

- eleva el costo de esta tecnología alterna; y
- desalienta a los agricultores progresistas que desean utilizar material vegetal "limpio de enfermedades", en forma rápida y segura o producir masivamente una nueva variedad promisoria en corto tiempo.

Otro inconveniente de este proceso de aclimatación es el costo y el tamaño de las **instalaciones** que necesita, o sea, de los invernaderos y casas de malla. Estos dos riesgos del proceso mencionado reducen la probabilidad de que esta nueva tecnología, y otras similares, hagan un impacto efectivo en la producción agrícola.

* Ingeniero Agrónomo, Administración de Invernaderos, CIAT, Cali, Colombia. E-mail: r.segovia@cgiar.org
** Técnico de campo, CLAYUCA, Cali, Colombia.
*** Ph.D., Mejoramiento, Líder del Proyecto Mejoramiento de Yuca, CIAT, Cali, Colombia. E-mail: h.ceballos@cgiar.org
Ψ Virólogo, CIAT, Cali, Colombia/BIOTECOL, Cali, Colombia.
ΨΨ M.Sc., Desarrollo Agrícola Internacional, Director Ejecutivo de CLAYUCA. E-mail: b.ospina@cgiar.org

Los investigadores del Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA), en asocio con Biotecnología de Colombia Ltda. (BIOTECOL) y otros investigadores del CIAT, han desarrollado una metodología que permite producir cantidades masivas de material de yuca para 'siembra' (estacas). En 2001 se logró producir un gran número de plantas a través del SITA. Mediante los trabajos aquí presentados, se logró una tecnología de endurecimiento funcional, sostenible y económica, minimizando significativamente el porcentaje de pérdidas de plántulas durante el proceso de endurecimiento.

Etapas del Proceso

En este Apéndice se describen las etapas de un proceso de endurecimiento (PE) eficiente y exitoso.

Etapa 1
Actividades pre-operativas

El desarrollo normal de un PE exige una planificación previa que incluye un cronograma detallado de todas las actividades que integran el proceso, a saber, la selección del personal que lo ejecuta; la selección y adecuación de las instalaciones; los análisis de laboratorio; la adquisición de equipos, materiales e insumos; y la solicitud al laboratorio de biotecnología del número de vitroplantas que pueden 'endurecerse' por semana.

La metodología del PE permite aclimatar 302 plántulas de yuca por m^2 de área útil de invernadero o de casa de malla. Se describen enseguida las principales actividades:

Recurso humano

Es conveniente que la mano de obra sea calificada; si no lo es, que haya recibido, al menos, entrenamiento sobre los aspectos básicos del PE. El número necesario de operarios depende de su experiencia y de la cantidad de plantas que entran al proceso: un operario novato puede manipular unas 200 plantas por día y uno experto hasta 600 (ver Preparación del trasplante, p. 577).

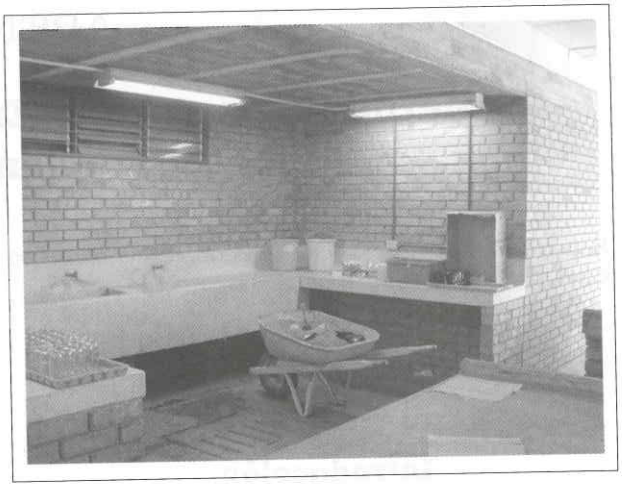

Figura A1. Area de trabajo para el trasplante de vitroplantas en el CIAT.

Instalaciones

Hay tres instalaciones principales: el área de trabajo y la casa de malla o el invernadero (o ambos, a veces). Hay que seleccionar primero las mejores entre las disponibles y luego, si es necesario, adecuarlas.

Area de trabajo. Consta de los siguientes espacios: un depósito para suelo y arena, una minibodega para guardar los materiales e insumos, un "patio de suelos" para hacer las mezclas, y un sitio fresco para la operación de trasplante; este último debe estar protegido de los rayos solares y de los vientos fuertes y debe tener, además, un lavadero y una mesa (Figura A1).

Casa de malla. Esta instalación (Figura A2) debe tener techo. Se debe adecuar luego con un sistema de climatización automático que tenga microaspersores (ver Invernadero), tanto suspendidos sobre las mesas o del techo como dispuestos en el piso, con el fin de controlar la temperatura y la humedad relativa, especialmente en los primeros días del proceso. Aunque se requiere alta luminosidad para favorecer el desarrollo de las plántulas, hay que evitar que éstas reciban directamente los rayos solares de la mañana, del medio día y de la tarde en los primeros 8 días de aclimatación; por tanto, debe instalarse una pantalla protectora que puede ser una de estas tres soluciones:

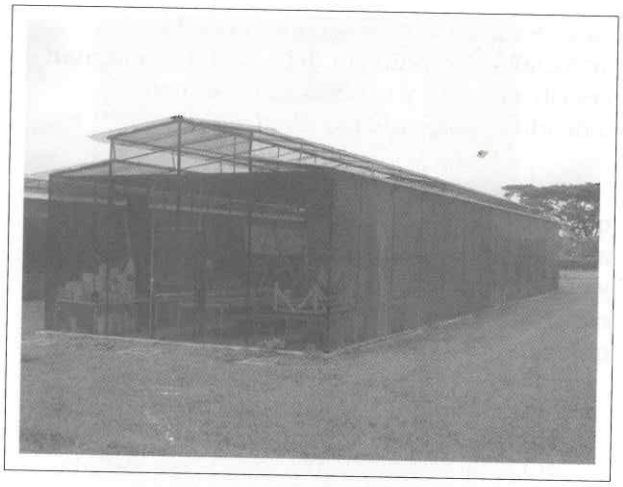

Figura A2. Casa de malla tipo II CIAT para el proceso de endurecimiento de vitroplantas.

- Láminas de espuma de poliuretano (Icopor, en Colombia) recubiertas con papel de aluminio.
- Persianas recubiertas por fuera con papel de aluminio.
- Malla de polipropileno (Saram) recubierta en su exterior con varias láminas de papel de aluminio (30 cm de ancho cada una), dejando una separación de 5 cm entre las láminas. Esta ha sido, hasta ahora, la mejor solución en el CIAT.

Esta pantalla debe ser muy **funcional**. Se instala a ambos lados de la casa de malla (a la salida y al ocaso del sol), 1 ó 2 m por encima de la parte superior de las bolsas en que están las plántulas. Se retira paulatinamente, a medida que el sol hace su 'recorrido', para permitir la entrada de la luz en la instalación. El aluminio refleja los rayos del sol y evita el calentamiento del área donde se 'endurecen' las plantas.

En una casa de malla, la temperatura máxima oscila entre 33 y 38 ºC y la mínima entre 18 y 22 ºC. Un estudio más detallado del diseño y la construcción de una casa de malla tipo II del CIAT puede consultarse en el Apéndice G de la obra editada por Roca y Mroginski (1991).

Invernadero. Esta es una instalación convencional, en la cual debe colocarse un sistema automático de riego con microaspersores. Tanto en el invernadero como en la casa de malla, el sistema debe estar controlado por una válvula solenoide y un reloj de control. Este sistema ahorra el 90% del costo de la mano de obra que se necesita para regar las plántulas.

Espacio para climatización. Tanto en la casa de malla como en el invernadero, las plántulas trasplantadas ocupan un espacio que puede aumentar hasta tres veces cuando las plantas han crecido (2 ó 3 meses después del trasplante); este aumento depende de la variedad de las plantas, de su crecimiento y de su desarrollo.

Por ejemplo, para plantar una hectárea con yuca se necesitan 10,000 plantas. La metodología de endurecimiento de plántulas de CLAYUCA las coloca inicialmente en un área del invernadero o de la casa de malla de 25 a 34 m^2 útiles, según el tamaño y el tipo de las bolsas de trasplante; 2 meses después del trasplante, esas 10,000 plantas necesitarán un área de 50 a 68 m^2.

Análisis de laboratorio

Es necesario hacer inicialmente el análisis químico y biológico del suelo, de la arena y del agua que se usará en las instalaciones. De este modo pueden corregirse los problemas que podrían presentarse.

Equipos, materiales e insumos

El proceso de 'aclimatación' de las plántulas de yuca requiere los siguientes elementos:

- Molino de suelo, zaranda (Figura A3), mezcladora de suelo, vagón de 'esterilización', fumigadora, equipo de protección para fumigación y pesticidas.
- Probeta, balanza, frasco lavador, tijeras, bandejas plásticas o bandejas de guadua.
- Recipiente amplio (bandeja) para recibir las plántulas con agar extraídas de sus frascos.
- Balde, pala, carreta y palines; manguera y regadera.
- Bolsas plásticas negras (14 × 7 cm) con perforaciones para el drenaje, bolsas plásticas transparentes (1 × 1 m).

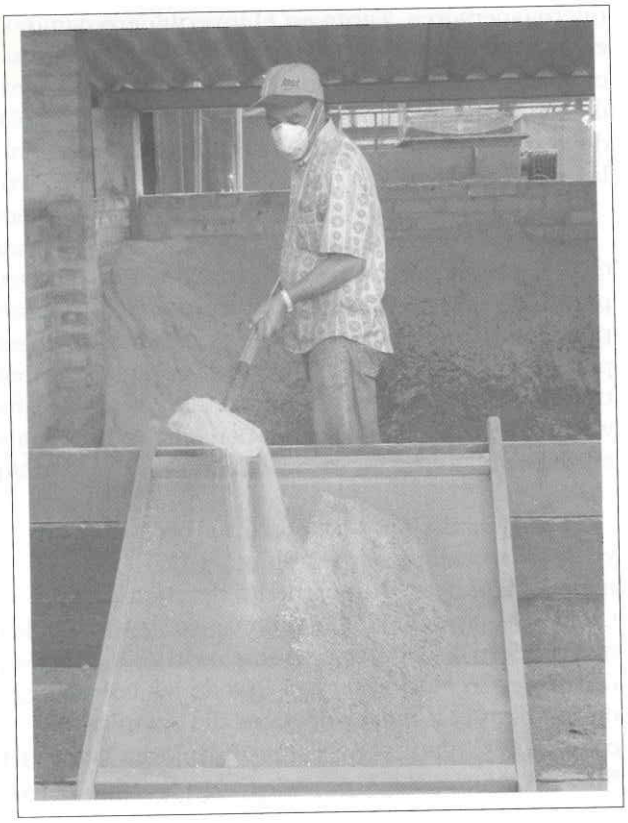

Figura A3. Zaranda para tamizar suelo y arena en el proceso de endurecimiento.

- Libro de campo, hojas de registro, marcador indeleble, lápiz; miniestacas plásticas de identificación.

Para evitar una posible contaminación de las plantas, se deben desinfectar todos los implementos que se utilicen. Por ejemplo, si se cortan raíces u hojas con tijeras, éstas deben desinfectarse en una solución jabonosa cada vez que se haga un corte.

Etapa 2
Actividades operativas o técnicas

El éxito de un PE depende del manejo integral de una serie de operaciones que van desde la recepción de las vitroplantas hasta su trasplante.

Recepción de vitroplantas

Del laboratorio de biotecnología llegan cajas que contienen los frascos con las vitroplantas. Estos se retiran rápidamente de las cajas y se colocan, dejando espacio entre ellos, en un lugar fresco que tenga luz artificial o luz indirecta del sol. Allí se cuentan las vitroplantas y se registra el número de individuos por variedad (Figura A4).

En este paso se hace una **preselección**, que consiste en separar los frascos según la altura y el vigor de las vitroplantas (Figura A5) y en eliminar aquellos que se observan contaminados, quebrados o maltratados, o que contienen plántulas malformadas.

Pre-adaptación de plántulas

Si las vitroplantas han sido transportadas durante varios días en cajas cerradas, los frascos se colocan como se indicó antes hasta que las plántulas se recuperen. Se sugiere también dejar los frascos con las vitroplantas

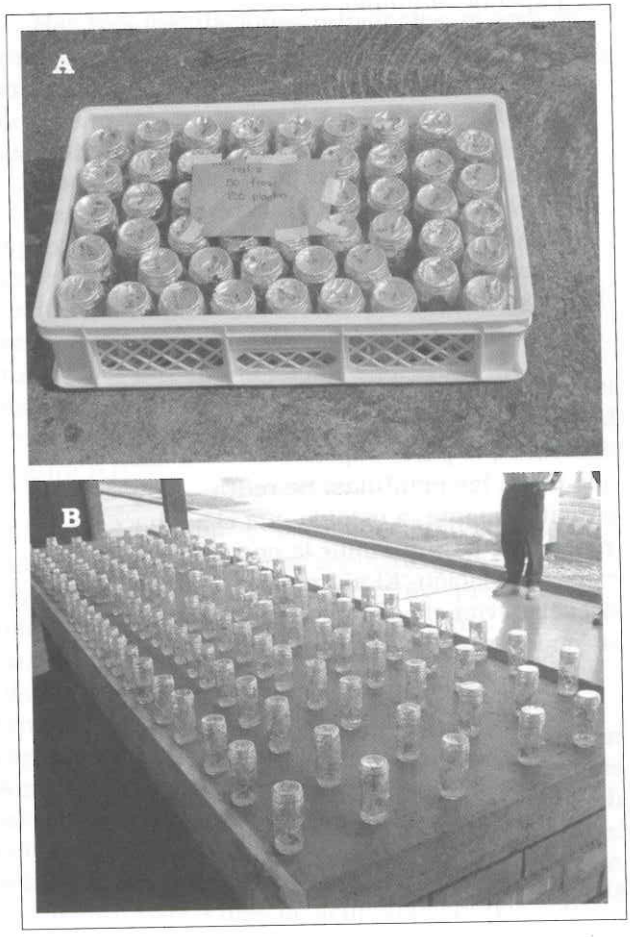

Figura A4. Recuento e identificación de vitroplantas. (A) Recepción de vitroplantas con su tarjeta de identificación. (B) Frascos bien espaciados en una mesa.

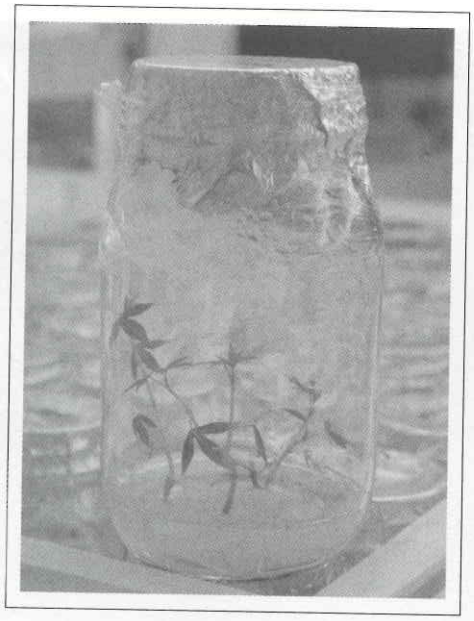

Figura A5. Preselección de vitroplantas en sus frascos.

durante 1 ó 2 días en las instalaciones en que se someterán al PE. Este tiempo brinda la oportunidad de hacer una **segunda preselección** de vitroplantas vigorosas.

Preparación del sustrato

Para preparar el sustrato en que se plantarán las plántulas, se mezcla una parte de suelo negro (o sea, de la capa arable no arcillosa) que haya sido molido y tamizado, y tres partes de arena gruesa, lavada y tamizada (Figura A6).

- Se recomienda 'esterilizar' este **sustrato** con vapor cuando se sospecha la presencia de nematodos y de hongos en el suelo empleado (Figura A7). Si no hubiera equipo de 'esterilización', se coloca la arena en un tonel o caneca metálica, se agrega agua suficiente y se calienta el tonel a 100 ºC.
- Para 'esterilizar' el **suelo** se extiende una delgada capa de suelo sobre un plástico negro, se cubre éste con otro plástico transparente, se establece una unión hermética entre ambos, y el conjunto se deja una semana a plena exposición solar.

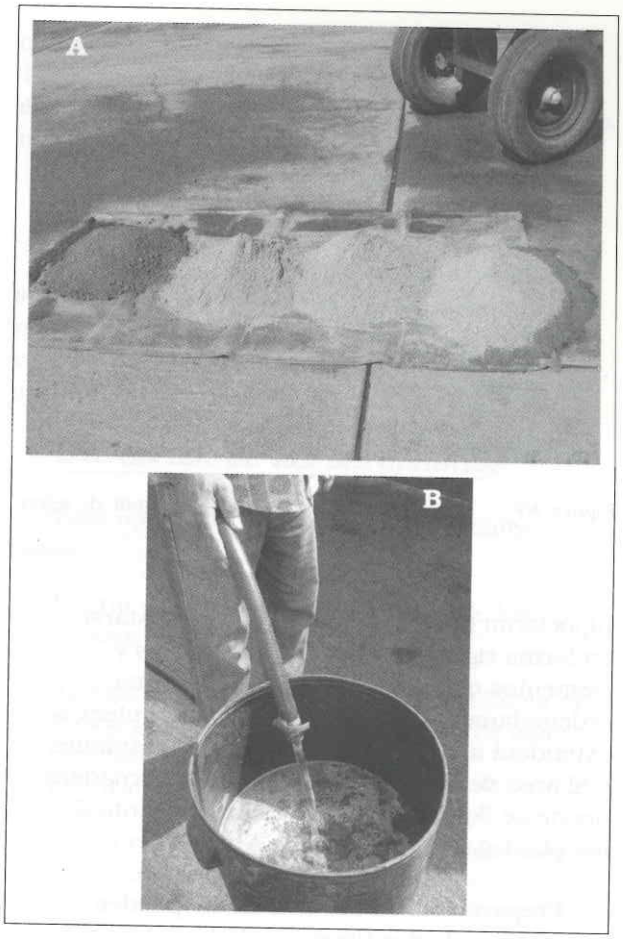

Figura A6. Preparación del sustrato: (A) Mezcla 1:3 de suelo:arena. (B) Lavado de la arena.

Preparación del trasplante

Las actividades previas al trasplante son las siguientes: desinfectar y desinfestar las instalaciones, llenar las bolsas pequeñas, preparar la mezcla del fertilizante y el fungicida, y alistar las bandejas y las bolsas grandes que se emplearán en las minicámaras húmedas.

Asimismo, se recomienda entrenar nuevamente al personal en el proceso de trasplante. Este ejercicio permite comprobar el rendimiento del personal: en general, un técnico calificado trasplanta unas 600 plantas en un día laborable y un principiante alrededor de 200 plantas.

Desinfección y limpieza del sitio. Todas las instalaciones deben desinfectarse con

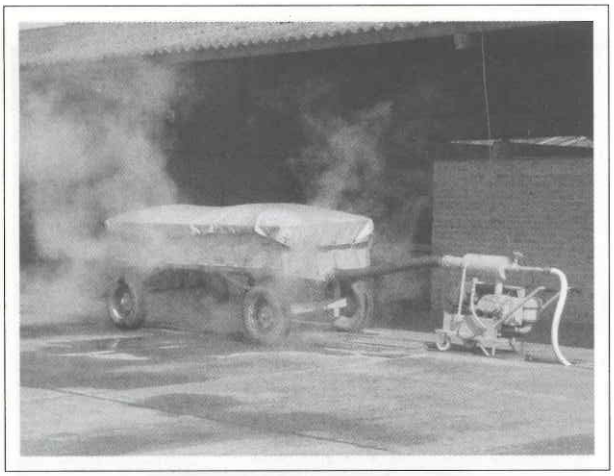

Figura A7. Tratamiento del sustrato con vapor de agua para 'esterilizarlo'.

hipoclorito de sodio y también desinfestarse, en forma rigurosa; además, los enseres y elementos que contienen deben colocarse ordenadamente. Esta operación de limpieza se extenderá al sitio en que se hace el trasplante y al área de la casa de malla o del invernadero donde se llevará a cabo el endurecimiento de las plántulas.

Preparación de las bolsas. Se pueden usar bolsas de dos tipos:

- Las bolsas plásticas negras (7 × 14 cm) se llenan con la mezcla de arena y suelo (ver antes) en los ¾ de su volumen (Figura A8). Se pueden usar también bolsas negras o transparentes de 7 × 14 cm.
- La mezcla se comprime fuertemente en la bolsa para obtener un sustrato compacto. Esta compactación estimulará más tarde la producción de raíces y las hará más largas y más gruesas.

Preparación de las bandejas. Sobre ellas se colocan las bolsas que contienen el sustrato ya compactado. Se prepara luego la siguiente solución:

- En 1 litro de agua deionizada (o de agua de lluvia) se mezclan 1 g de un fungicida que controla hongos del suelo (p. ej., Banrot) y 2 g de un fertilizante rico en fósforo (p. ej., de la fórmula 10-52-10).
- Enseguida se riega cada bolsa con 10 cc de la mezcla anterior (primer riego).

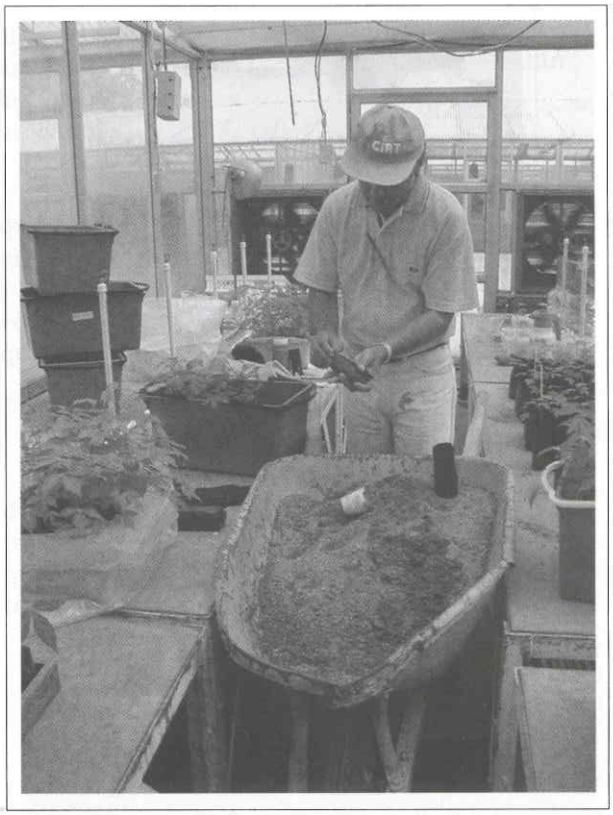

Figura A8. Las bolsas negras se llenan con la mezcla del sustrato.

Preparación de cámaras húmedas. Se introduce luego la base de cada bandeja en una bolsa de plástico transparente (1 × 1 m, doblada) que ha sido plegada y recogida hasta su base, en todo su entorno (Figura A9, A). Más tarde, la bolsa se extenderá hacia arriba deshaciendo los pliegues circulares, sus bordes se atarán firmemente y el conjunto hará entonces la función de una 'cámara húmeda' (Figura A9, B).

Etapa 3
Actividades del proceso de trasplante

El trasplante es un proceso 'traumático' para las plántulas, especialmente cuando la mano de obra que lo ejecuta no es calificada o carece de experiencia. Las plántulas sufren un **estrés microclimático** cuando pasan de los frascos a las minicámaras húmedas, debido a los siguientes factores: deshidratación, paso de un sustrato rico en nutrientes a otro muy pobre en ellos (mezcla de suelo con arena), daños mecánicos casi inevitables en varias partes de la plántula (cofia, pelos absorbentes, raíces,

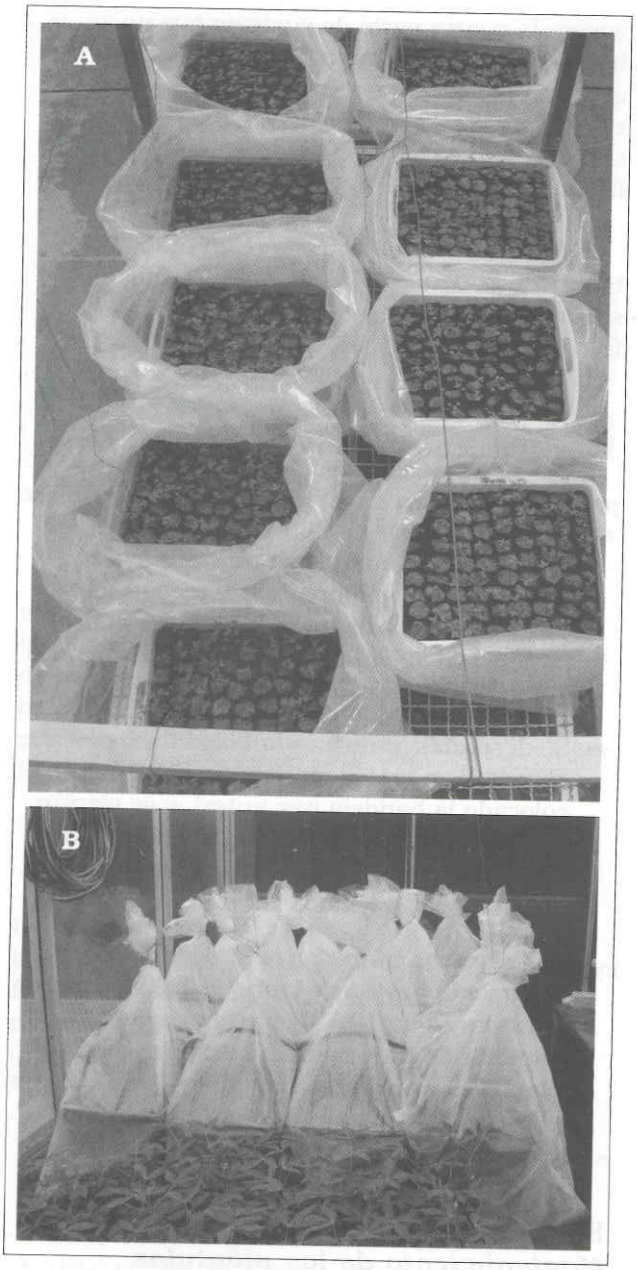

Figura A9. Cámaras húmedas: (A) Bolsas grandes de plástico enrolladas para acomodar las bandejas. (B) Las bolsas desenrolladas y firmemente cerradas arriba.

tallo y hojas). Del cuidado con que se hagan las actividades del trasplante dependen el éxito de la climatización de las plántulas y su supervivencia.

El trasplante debe hacerse inmediatamente después de extraídas las vitroplantas de yuca de sus frascos. Cuando este proceso se realiza por primera vez y no se conocen muy bien las condiciones ambientales de las instalaciones en que se realizará, se sugiere que se inicie a las 17:00 todos los días con el fin de evitar la **deshidratación** de las plántulas. Las actividades más importantes del proceso son las siguientes:

Selección

Se inicia el proceso con una **primera selección** de los frascos que contengan las plántulas más vigorosas, o sea, las de color verde intenso, que estén erguidas y cuyo tamaño oscile entre 5 y 7 cm.

Extracción de las vitroplantas

Esta operación consta de los siguientes pasos:

- Retirar la cinta plástica y la tapa de los frascos (Figura A10).
- Agregar agua deionizada o agua de lluvia al frasco para humedecer el sustrato de agar y facilitar la extracción del conjunto (plántula + agar) (Figura A11).
- Sostener el frasco con una mano y golpearlo con la otra suavemente hasta desprender el

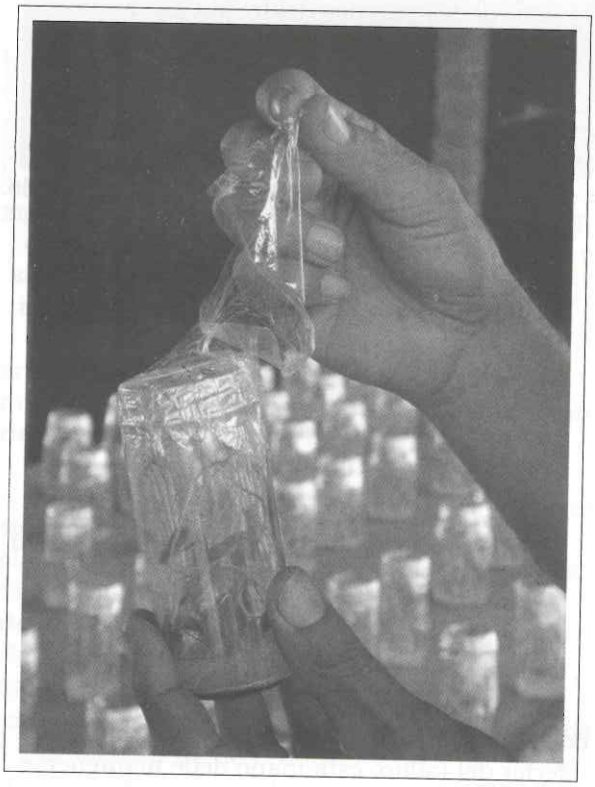

Figura A10. Se destapa cierto número de frascos para extraer las vitroplantas.

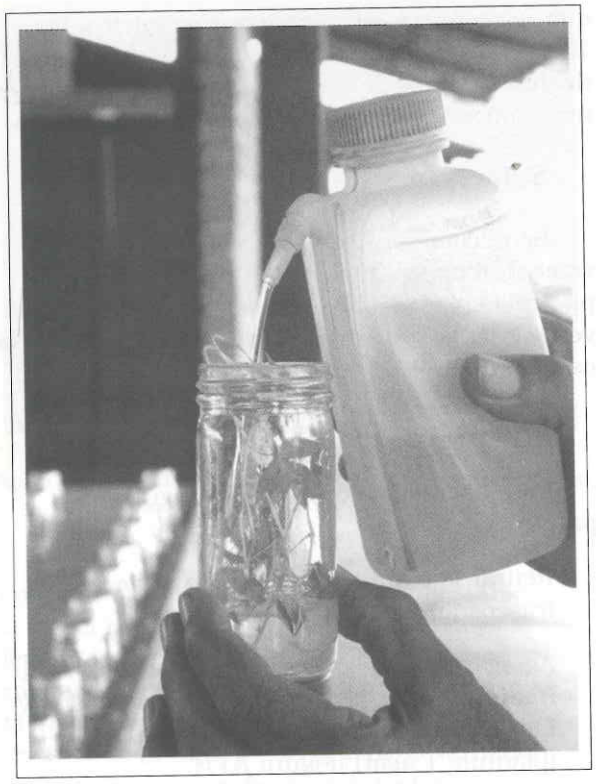

Figura A11. Se añade agua al frasco para extraer la plántula junto con el agar.

agar de las paredes del frasco. Si así no despega, se usa una espátula teniendo cuidado de no dañar las raíces.

- Extraer delicadamente la plántula, inclinando el frasco; no se utilizan pinzas para reducir el riesgo de causar daño al tallo.
- Colocar la plántula en un recipiente amplio (bandeja honda) con agua deionizada o agua de lluvia, donde puedan moverse las manos fácilmente para retirar el agar.
- Retirar suavemente, con el frasco lavador, las partículas de agar que sigan aún adheridas a las raíces.
- Hacer la **segunda selección** de plantas vigorosas, eliminando las pequeñas, las mal formadas y las débiles.

Trasplante

Con una mano se lleva la plántula a una bolsa, introduciendo en ésta su raíz y la parte inferior del tallito; esta mano debe mantenerse rígida para evitar la rotura de pelos absorbentes y de raíces de la plántula. Con la otra mano se agrega la cuarta parte de sustrato que no se había añadido, procurando que las raíces queden en posición normal, o sea, como se encontraban en el frasco: así se evitará que sufran algún efecto adverso (mecánico o fisiológico) debido al cambio de posición.

Una vez hecho el trasplante en todas las bolsas de la bandeja, las plántulas reciben el segundo riego con 10 cc de la mezcla de fertilizante y fungicida usada antes.

Cámara húmeda y endurecimiento

Los siguientes pasos dan comienzo al proceso real de endurecimiento de las plántulas:

- La bandeja se marca con una etiqueta en que figuren el nombre de la variedad, la cantidad de bolsas que contiene, la fecha y hora del trasplante, y el nombre del operario que hizo el trasplante.
- Se desenrolla entonces la bolsa transparente grande (1 m × 1 m) en cuyo fondo se había colocado la bandeja (ver antes), y se cierran sus bordes arriba atándolos con un cordel. En este momento, cada bolsa grande se convierte en una cámara húmeda.
- Las cámaras húmedas se trasladan finalmente al sitio de la instalación en que se llevará a cabo el PE. Para evitar que la parte superior de cada cámara se doble sobre las plántulas y las dañe, se sugiere que se sujete el cordel a un alambre tutor que se tiende por encima de las cámaras (Figura A12).

Etapa 4
Mantenimiento de las plántulas trasplantadas

En esta etapa se debe prestar mucha atención a los cambios microclimáticos que ocurran dentro de las instalaciones, al riego que requieran las plántulas, a su nutrición, y a la presencia en ellas de plagas y enfermedades.

Se recomienda, además, no mover las bolsas con las plántulas durante el primer mes después del trasplante para no causar daños a las raíces (especialmente en la cofia y en los pelos absorbentes). Estas partes de la planta son frágiles y 'quebradizas' en esta etapa temprana de su desarrollo. Los daños o roturas en los

Figura A12. La bolsa grande se cierra sobre la bandeja llena de plántulas y se convierte en cámara húmeda.

Figura A13. Apertura total de la cámara húmeda a los 8-12 días del proceso de endurecimiento.

tejidos radicales aumentan la probabilidad de que entre en la planta un organismo patógeno o de que se retrase su crecimiento y desarrollo (o de que ocurran ambas cosas). Esta recomendación cobra mucha importancia en las Etapas 5 y 6 del proceso.

Microclima y cámara húmeda

Entre el día 8 y el día 12 después del trasplante (DDT) se retira —a ser posible en las horas de la tarde (ver antes)— el cordel que cierra la cámara húmeda y ésta (la bolsa grande transparente) se abre completamente (Figura A13).

- El objetivo de esta operación es permitir que las plántulas se adapten al microambiente de las instalaciones.
- Si se observa que tienden a marchitarse, se debe cerrar de nuevo la bolsa y continuar con el tratamiento de cámara húmeda.
- Si las plántulas se han adaptado bien al microambiente al segundo o tercer día después de abrir la bolsa grande (8 a 12 DDT), ésta se enrolla hasta la base de la bandeja o se retira para dejar sólo la bandeja con las plántulas. En este paso se debe evitar que un viento fuerte deshidrate las plántulas (Figura A14).

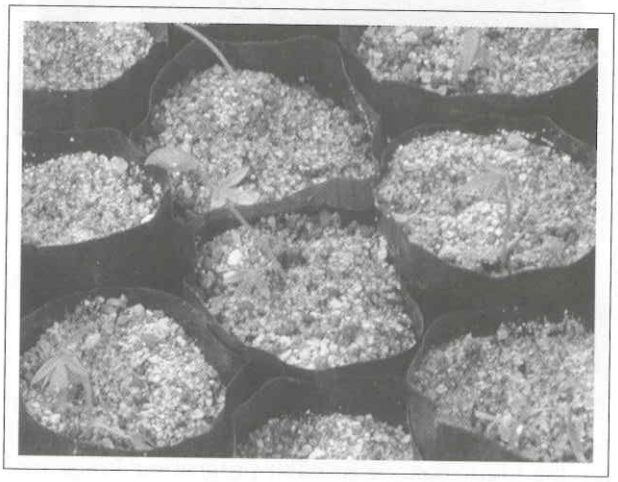

Figura A14. Plántulas de una bandeja ya adaptadas al microambiente (8 a 12 días después del trasplante).

Riego

Si se han regado las plántulas con la cantidad correcta de solución nutritiva (ver antes) y se ha formado bien el ambiente de la minicámara húmeda, las plántulas no necesitan riego en esta etapa.

Si se presentan (y sólo entonces) los primeros síntomas de marchitez fisiológica de las plántulas una vez retirada la bolsa grande de la cámara húmeda, el sustrato recibe el **tercer riego**. Se procura no humedecer las hojas para alejar el riesgo del ataque de algún patógeno. Cada plántula se riega con 10 cc de una solución nutritiva que consiste en una mezcla de 2 g de fertilizante rico en fósforo para promover la formación de raíces (por ejemplo, 10-52-10), y 1 g de Agrimins (un fertilizante rico en elementos

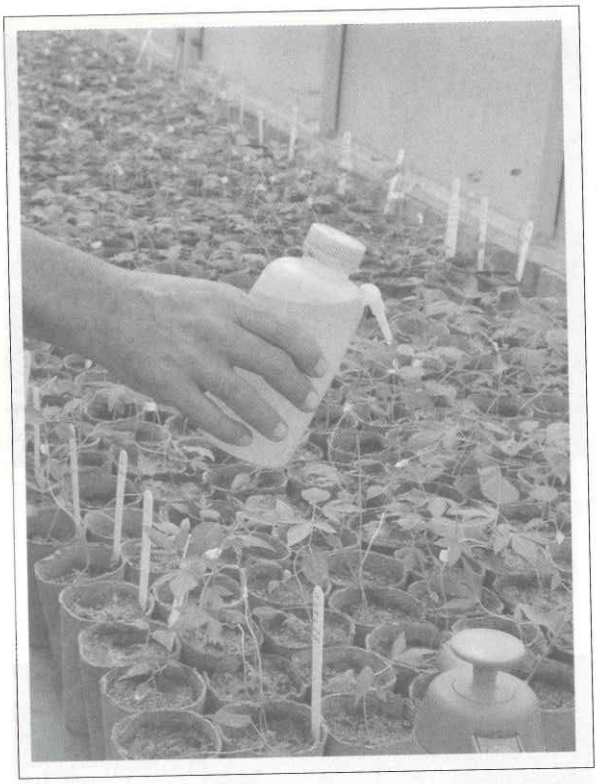

Figura A15. Riego de las plántulas con solución nutritiva cuando presentan síntomas de marchitez.

menores) por litro de agua deionizada (o de lluvia) (Figura A15).

Según las condiciones microclimáticas de las instalaciones y según el estado de turgencia de las plántulas, se pueden programar luego uno o dos riegos diarios, cada uno con 10 cc del agua que se utiliza normalmente en el riego de otras plantas.

Se recomienda que, entre los 21 y 25 DDT, se implemente en las casas de malla un riego por microaspersión (RMA) (Figura A16), con el cual se reduce mucho el costo de la mano de obra (ver antes, Invernaderos). En las instalaciones del CIAT se dan a las plántulas de 2 a 3 minutos de RMA en la mañana y, si es necesario, otros 2 ó 3 minutos en la tarde.

- Cuando se aplica el RMA, es indispensable hacer inspecciones rigurosas para detectar cualquier **problema fitopatológico** en las plántulas.

- El 'secreto' de esta operación, que es decisiva para el éxito del PE, está en aplicar el riego

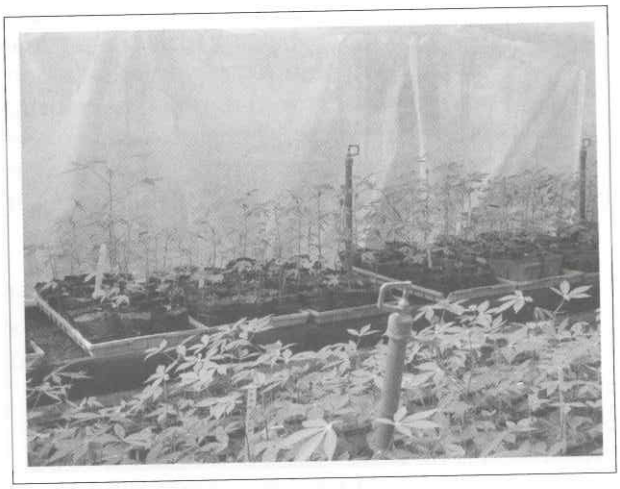

Figura A16. Riego de las plántulas por microaspersión en la casa de malla.

cuando se observen los primeros síntomas de marchitez fisiológica; de este modo, el sustrato no permanecerá muy húmedo y así se evitará un posible ataque de organismos patógenos en el área radicular. Es importante recordar que, en esta etapa, las plántulas de yuca son **muy susceptibles** al exceso de humedad del sustrato.

Fertilización

El sustrato utilizado (3 partes de arena por 1 parte de suelo) es poco fértil; por tanto, es indispensable trazar un programa de fertilización. Cada 8 días se fertilizarán las plántulas con macronutrientes y micronutrientes para que se desarrollen normalmente (Figura A17).

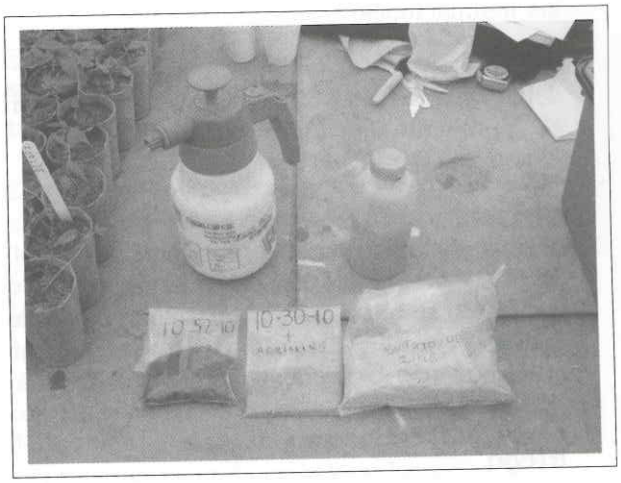

Figura A17. Equipo y elementos para la fertilización completa de las plántulas cada 8 días del proceso de endurecimiento.

Se aplica inicialmente un compuesto rico en fósforo para favorecer el desarrollo radicular (p. ej., 10-52-10); esta aplicación se alterna (con intervalos de 8 días) con un fertilizante completo que contenga elementos mayores y menores. Si no se consigue en el mercado el fertilizante 10-52-10, puede sustituirse por la combinación del fertilizante 10-30-10 y el Agrimins. Se suspende la fertilización cuando el color de las plántulas sea el que se considera normal para la variedad de yuca a la que pertenecen.

Si se presentan síntomas puntuales de deficiencia de algún elemento, se puede dar a las plántulas afectadas una fertilización foliar que contenga fertilizantes simples o completos. Una de las deficiencias que suelen presentar las plántulas en el primer mes es la de zinc, que se corrige adicionando el elemento al suelo en uno de los riegos; se disuelven, por tanto, 3 g de Zn en 1 litro de agua de riego y se aplican 10 cc de esta solución por planta.

Etapa 5
Separación de las plántulas

De 30 a 34 días DDT, las plantas de yuca necesitan más luminosidad y mayor temperatura para estimular su crecimiento y desarrollo. Por tanto se colocan las plantas más separadas en un área que sea el doble o el triple de la que ocupaban inicialmente (Figura A18).

Etapa 6
Transplante en el campo

Las plantas permanecen en la casa de malla o en el invernadero durante un lapso de 70 a 90 días; transcurrido este tiempo son llevadas al campo.

Traslado

Al transportar las bolsas del invernadero (o de la casa de malla) al campo, es necesario proteger las plántulas de una corriente fuerte de aire que podría causarles abrasión o deshidratación (Figura A19).

Adaptación y trasplante definitivo

Se recomienda reunirlas en un grupo grande en el sitio elegido del campo durante 3 a 6 días para que se adapten al nuevo ambiente.

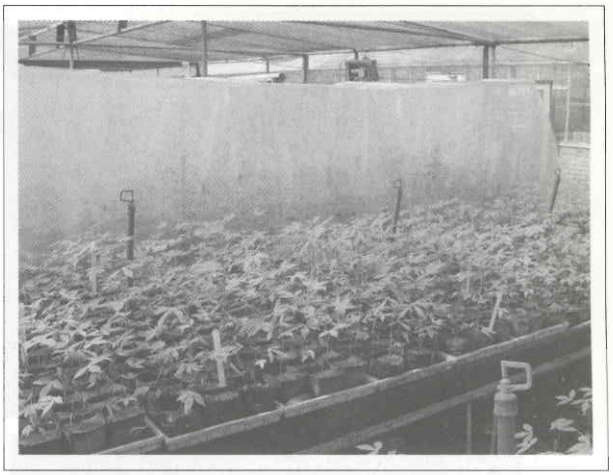

Figura A18. Las plantas se colocan separadas en un área más amplia para recibir más luz y mayor temperatura.

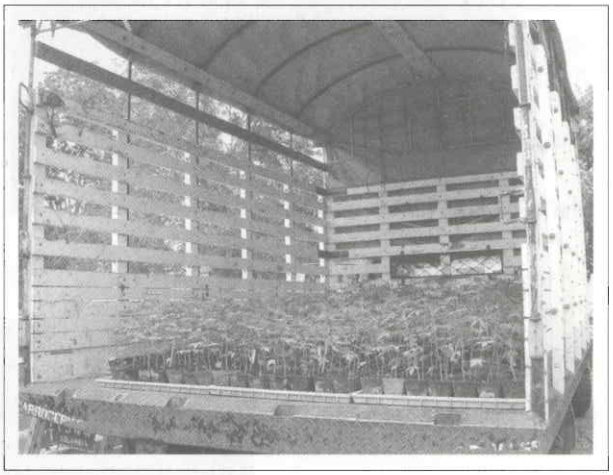

Figura A19. Plántulas endurecidas en casa de malla o invernadero y listas para ser trasladadas al campo.

Pasado ese tiempo, las plántulas se trasplantan a sus sitios definitivos en el campo (Figura A20). El agricultor debe estar atento en los días siguientes para detectar la aparición de alguna deficiencia nutricional o la presencia de plagas o enfermedades, en cuyo caso aplicará el manejo integral que corresponda.

Más información sobre el proceso de endurecimiento en el campo se obtiene en esta dirección:

CLAYUCA Agronomía
CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia
Fax: 4450073

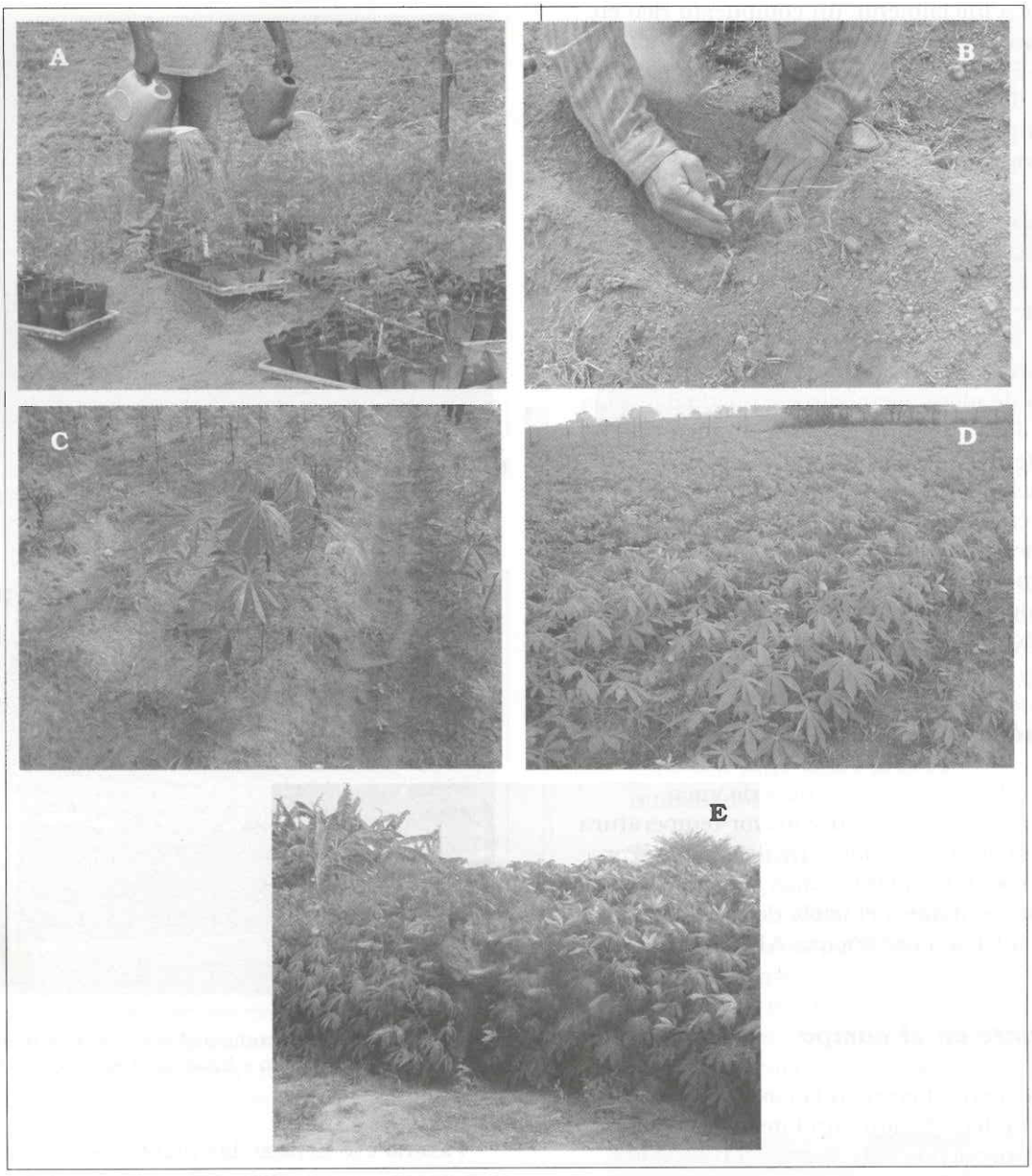

Figura A20. Trasplante en el sitio definitivo. (A) Adaptación paulatina de las plántulas al nuevo ambiente en el campo. (B) Trasplante al sitio definitivo en el campo. (C), (D), (E) Tres momentos del desarrollo en el campo de las plántulas de yuca producidas en el laboratorio (vitroplantas) mediante la tecnología descrita en este Apéndice.

Bibliografía

Asher CJ; Edwards DG; Howeler RH. 1980. Desórdenes nutricionales de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 48 p.

Escobar HR. 1991. Estudio comparativo de dos métodos de propagación de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) in vitro. Tesis. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. 130 p.

Roca WM; Rodríguez JA; Mafla G; Roa J. 1984. Procedures for recovering cassava clones distributed in vitro. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 8 p.

Roca W; Mroginski LA. 1991. Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 970 p.