



Banco de Semillas Forestales

BSF



Producción de clones de café por miniestacas

Francisco Mesén
Luis Diego Jiménez



Manual Técnico

Producción de clones de café por miniestacas

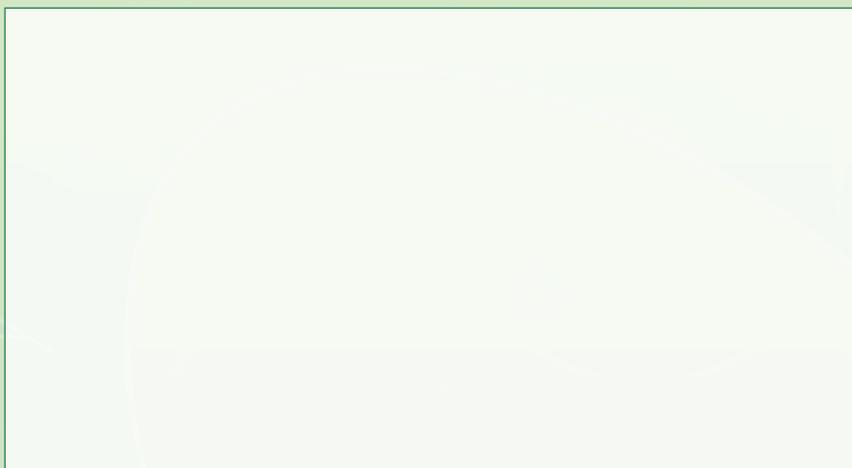
Francisco Mesén
Luis Diego Jiménez

Turrialba, Costa Rica
2016

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, CATIE, 2016.

ISBN



Créditos:

Diseño y diagramación: Rocío Jiménez, Oficina de Comunicación, CATIE

Fotografías: Banco de Semillas Forestales, CATIE.

Contenido

Agradecimientos.....	6
Antecedentes	7
Características de los híbridos seleccionados.....	8
Resumen del proceso de enraizamiento.....	11
Establecimiento de jardines clonales.....	12
Preparación de las estaquillas	14
Túneles de enraizamiento	16
Aclimatación	19
Establecimiento en campo.....	21
Literatura consultada.....	23
Anexo 1	24

Agradecimientos

Los autores deseamos agradecer al Dr. Wilbert Phillips, Líder del Programa de Mejoramiento de Cacao del CATIE, y a la Dra. María Elena Aguilar, Jefa del Laboratorio de Biotecnología del CATIE, por sus valiosas sugerencias al manuscrito. Al ex-Director de la División Comercial del CATIE, M.B.A. Óscar Sanabria, por su apoyo y respaldo irrestricto al programa de clonación de café desde su concepción, y al personal de apoyo del Banco de Semillas Forestales del CATIE. También manifestamos nuestro agradecimiento a World Coffee Research (WCR) y al Departamento Social, Unidad de Agricultura del Servicio Agrícola Exterior, bajo los términos del Acuerdo No. 59-314-4-016, por sus aportes económicos al programa. Hacemos constar que las opiniones expresadas aquí son nuestras y no reflejan necesariamente los puntos de vista de WCR, USDA o el Servicio Exterior de Agricultura.

Antecedentes

En 1992 se inició un esfuerzo conjunto entre Promecafé, CATIE y la cooperación francesa para el desarrollo, evaluación y selección de híbridos de café (*Coffea arabica*) con características deseables en cuanto a porte, productividad, tolerancia a enfermedades y buena calidad de taza, entre otros atributos. Se realizaron cruzamientos dirigidos entre variedades tradicionales cultivadas (Caturra y Catuai), variedades introgresadas (Catimores T5175, T8667, T11931 y Sarchimor T5296) y 31 variedades silvestres y subsilvestres de la colección del CATIE, seleccionadas por su vigor y arquitectura. Las variedades tradicionales son de porte bajo, alta productividad y buena calidad, pero son susceptibles a plagas y enfermedades. Las variedades introgresadas son de porte bajo, alta productividad y aportan resistencia a plagas y enfermedades, heredada de su ancestro *Coffea canephora*. Las variedades silvestres y subsilvestres son de porte alto y baja productividad, pero tienen la ventaja de su gran variabilidad genética para resistencia.

En total se produjeron 98 híbridos F_1 mediante cruces diversos entre los materiales originales. Debido a su condición híbrida, las plantas no deben ser reproducidas por semilla, ya que podrían perder sus características sobresalientes, así que fueron propagadas vegetativamente mediante una técnica de laboratorio conocida como embriogénesis somática. Con estos materiales se establecieron ensayos en Costa Rica, El Salvador, Honduras y Guatemala para evaluar su comportamiento y productividad en diversas condiciones.

Un primer tamizaje identificó 22 híbridos como los más promisorios para la región centroamericana; evaluaciones posteriores permitieron seleccionar seis híbridos con características sobresalientes en cuanto a arquitectura de la planta, productividad, calidad de taza y tolerancia a ciertas enfermedades y plagas.

La técnica de embriogénesis somática requiere de personal y laboratorios especializados, una inversión considerable y un tiempo largo para la generación de plantas listas para el campo, todo lo cual eleva el costo final de la planta a cifras poco atractivas para el productor. Por esta razón, el CATIE inició una serie de investigaciones para evaluar la técnica de enraizamiento de miniestacas a partir de las plantas producidas en laboratorio, con el fin de buscar alternativas más simples y económicas para la multiplicación de los

híbridos. Los resultados demostraron que estas técnicas se pueden utilizar en café de manera exitosa, con porcentajes de enraizamiento superiores al 90% y una reducción muy significativa en tiempo y costos de producción. Las miniestacas tardan alrededor de 30 días para enraizar y siete días de aclimatación; luego pueden ser transferidas a vivero para su desarrollo final. El uso de plantines enraizados introduce tecnología innovadora al sector, la cual ofrece avances significativos en el mejoramiento de la competitividad de la caficultura.

Este documento describe los avances del programa de producción de clones de los híbridos de café F_1 mediante el enraizamiento de miniestacas, que lleva a cabo el Banco de Semillas Forestales del CATIE.

Características de los híbridos seleccionados

Los seis híbridos seleccionados se identifican por los códigos **L2A30**, **L4A5**, **L4A34**, **L12A28**, **L13A22** y **L13A44**. En el Congreso Regional de Mejoramiento Genético de Café celebrado en Costa Rica en el 2005, se reconoció la superioridad de tres de ellos en todos los ensayos y se les dio nombre: “Centroamericano” al **L13A44**, “Milenio” al **L12A28** y “Casiopea” al **L4A34** (Quijano 2007). Este último no tuvo buena aceptación entre los caficultores, al menos en Costa Rica, debido a que presenta brotes de color bronceado que los caficultores asocian con una mala calidad de taza. Por lo tanto, este híbrido se excluyó del programa de multiplicación.

Un cuarto híbrido, el **L4A5**, ha despertado interés recientemente debido a su excelente desempeño en zonas húmedas y de altitud media, similares a Turrialba, además de que presenta tolerancia a ciertas razas de roya (*Hemileia vastatrix*).

Estos tres híbridos, **L13A44**, **L12A28** y **L4A5** tiene en común que uno de sus progenitores es un Sarchimor, lo cual explicaría su tolerancia a la roya. El Sarchimor es producto del cruce de la variedad Villa Sarchí de *C. arabica* con el Híbrido de Timor, el cual a su vez se originó del cruce espontáneo de *C. arabica* con *C. canephora*, esta última reconocida por su tolerancia a la roya (Anzueto 2013).

Los dos híbridos restantes, **L2A30** y **L13A22**, han mostrado características sobresalientes en productividad y calidad de taza, pero su herencia Caturra parece ponerlos en desventaja con respecto a susceptibilidad a la roya.

Los híbridos en general son más vigorosos, más altos y con bandolas más largas que las variedades tradicionales, con grano de tamaño similar y a veces superior. Presentan un sistema radicular fuerte y abundante, tronco grueso (promedio de 5,3 cm de diámetro), tallo de porte medio (2,0-2,4 m), copa cónica, bandolas largas (promedio de 91,6 cm), entrenudos cortos (4-4,5 cm), con ramificaciones secundarias y terciarias muy marcadas y follaje abundante (Quijano 2007). En términos de producción son más precoces y productivos, con rendimientos importantes desde los 18 meses después de la siembra (Fontagro 2005). Bajo sistemas agroforestales han mostrado una productividad de un 58% más que las variedades convencionales y de un 34% más en sistemas a pleno sol (Cuadro 1). Echeverría (sf) indica que los híbridos muestran en promedio una producción de 75 fan/ha, con menos del 4,5% de fruto flotante y rendimientos en beneficiado superiores al 17%. Las cataciones hechas a lo largo de cuatro años por el proyecto Fontagro-Promecafé indicaron que los híbridos producen un café de la misma calidad organoléptica que las variedades tradicionales, cuando se plantan en las mismas condiciones. Entre el 2007 y el 2009, el Icafé (2009) realizó cataciones de unos 20 materiales, tanto híbridos como variedades comerciales, procedentes de zonas bajas, medias y altas de Costa Rica, y concluyó que los híbridos L13A44 y L12A28 fueron consistentemente superiores en todas las zonas.

A continuación se describen otros detalles de los híbridos seleccionados:

L13 A44 (Centroamericano): es producto del cruce de Sarchimor T5296 x un Rume Sudan. Ha tenido buen resultado de adaptación y productividad a altitudes bajas y medias, entre 600 y 1500 msnm; se puede sembrar a altitudes mayores, pero hay mayor riesgo de que sea atacado por ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Durante períodos de lluvia, los frutos son más resistentes a la caída en relación con variedades tradicionales. Sembrados en las mismas condiciones agroecológicas que Caturra y Catuaí, la calidad de taza ha mostrado ser parecida, o mejor en aroma, dulzor, acidez y cuerpo. El Centroamericano presenta una baja o nula incidencia de roya pero es susceptible a ojo de gallo, por lo que se

recomienda no sembrarlo en zonas altas. También puede ser afectado por chasparria (*Cercospora coffeicola*), Antracnosis, *Meloidogyne arabicida* y broca (*Hypothenemus hampei*).

L12 A28 (Milenio): es el resultado del cruce de Sarchimor T5296 x un Rume Sudan, hermano del anterior. Ha tenido buen resultado de adaptación y productividad a altitudes desde 800 hasta más de 1200 msnm. Su calidad de taza es similar o mejor que Caturra y Catuaí en condiciones agroecológicas similares.

L4 A5 resultó del cruce de Sarchimor T5296 x Etíope 25. Es una variedad muy vigorosa, parece tener resistencia a ciertas razas de roya y se recomienda para áreas marginales de altitud media y alta humedad, con una densidad de siembra de 4000-5000 árboles/ha.

L2A30 es el resultado del cruce de Caturra 9 x Etíope 15. En algunas condiciones ha mostrado resistencia parcial a la roya y resistencia a corchosis; se recomienda para zona de altura, con una densidad de siembra de 5000-7000 árboles/ha.

L13 A22 es el resultado del cruce de Caturra x Etíope 531. Este híbrido ha tenido buen comportamiento en zonas altas y con densidades de 5000-7000 árboles/ha, pero presenta susceptibilidad a la roya y a nematodos.

En el cuadro 1 se muestran las características productivas de algunos de los híbridos en comparación con variedades tradicionales.

Cuadro 1. Características productivas de algunos híbridos y variedades tradicionales

Material	Producción café cereza (fan/ha/año)	Fruto vano (%)	Café oro retenido en zaranda 17/64 (%)
L13A44	83,4	2,3	80,8
L13A22	67,4	3,8	66,0
L2A30	65,3	4,5	59,7
Catuaí	52,0	3,6	55,2
Caturra	49,3	4,5	51,3

Fuente: Vásquez (sf)

Resumen del proceso de enraizamiento

El proceso de producción de plantines enraizados se inicia con la obtención de plantas madre juveniles que han sido producidas en el laboratorio por embriogénesis somática y su establecimiento en jardines clonales. En nuestro caso, se usaron camas hidropónicas donde las plantas madre se establecen a altas densidades para la producción periódica y abundante de rebrotes.

Los rebrotes son cosechados aproximadamente una vez al mes y se trasladan al área de propagación sumergidos en recipientes con agua más fungicida. A continuación se cortan a una longitud de unos 5-7 cm, dejando dos entrenudos y podando la mayor parte de las hojas para reducir el área de transpiración. Luego se aplica a la base de la estaquilla un compuesto en polvo que contiene una auxina (AIB) y se inserta en pequeños pellets Jiffy desinfectados. Las estaquillas son trasladadas de inmediato a túneles plásticos cerrados donde reciben irrigación periódica por aspersion por un periodo de 30-40 días, que es el tiempo requerido para que las estaquillas emitan nuevas raíces. Durante este tiempo también reciben aplicaciones foliares semanales de giberelinas y citokininas.

Una vez que las raíces se hacen evidentes a través de la envoltura de los pellets, se suben las cortinas laterales de los túneles para iniciar un periodo de acondicionamiento de las estaquillas, el cual tarda una semana aproximadamente. Luego las estaquillas son trasladadas a un invernadero normal para un periodo final de acondicionamiento el cual tarda 1-2 semanas, con riego periódico y sombra parcial, antes de su traslado a vivero.

A continuación se detalla cada una de las fases.

Establecimiento de jardines clonales

El jardín clonal, o área de multiplicación, es uno de los elementos principales de todo el sistema de propagación clonal. Debe verse como un cultivo manejado bajo un sistema de producción muy intensivo y, por lo tanto, requiere un paquete tecnológico apropiado en cuanto a prácticas de mantenimiento y especialmente, un manejo nutricional y fitosanitario adecuado que permita una producción sostenible de rebrotes.

En el jardín clonal se establece cada uno de los híbridos según sea el interés o disponibilidad, con plantas producidas en el laboratorio de biotecnología. Todas y cada una de las plantas reproducidas de un mismo híbrido son copias genéticamente idénticas. En el jardín, así como en todas las fases de propagación, es fundamental mantener rigurosamente la identidad del material.

Los sistemas más comunes para el establecimiento de los jardines son los siguientes:

- Macetas o potes plásticos: facilita el manejo y ubicación, pero las plantas son más propensas a sufrir déficit hídrico durante la época seca, ya que el pote pierde agua más fácilmente y obliga a aumentar el régimen de riego.
- Sistemas hidropónicos: implican un manejo más intensivo, una mayor tecnificación y mejor control de los parámetros relevantes implicados en la productividad, como la tasa de brotación y la cantidad de brotes por unidad de área. El costo de instalación es más alto que el del sistema anterior (Foto 1, Anexo 1).

Como en todo sistema de producción, es necesario ejecutar una serie de actividades indispensables para mantener una producción continua: estimular la aparición de yemas apicales mediante podas al menos un mes antes de iniciar la extracción de las miniestacas; fertilizar una semana después de la extracción de las miniestacas, de preferencia con nitrógeno para estimular el crecimiento vegetativo; eliminar las hojas viejas regularmente; mantener una revisión fitosanitaria del jardín clonal; mantener rutinas de riego y un control frecuente de malezas.

En el caso específico de los híbridos F_1 , es necesario realizar una aplicación mensual de fungicidas sistémicos para controlar la aparición y desarrollo de ojo de gallo. Las aplicaciones de productos como Silvacur® o Atemi®, combinado con Cepex®, ha permitido controlar la incidencia de este hongo.



1

Jardín clonal en medio hidropónico

Preparación de las estaquillas

La preparación de las estaquillas debe hacerse en un lugar fresco y sombreado para que los rebrotes no estén expuestos al sol. El sitio debe estar acondicionado con mesas y sillas donde los operarios puedan trabajar cómodamente. En todo momento, los rebrotes se deben mantener dentro de recipientes con agua más fungicida. Para preparar la estaquilla se toma la parte apical del rebrote. Las estaquillas deben tener 5-7 cm de longitud, con dos entrenudos; el corte se ejecuta arriba de un nudo. Las cuatro hojas que lleva la estaquilla deben podarse para dejar el equivalente a 2,5-3 cm² de cada hoja (Foto 2). La poda de las hojas tiene el propósito de buscar un balance entre los efectos negativos de la transpiración y los beneficios de la fotosíntesis, responsable de la producción de asimilados importantes en la formación de raíces.

Las estaquillas preparadas se depositan en otro recipiente que contiene agua con fungicida y de aquí se van tomando para hacer la aplicación de auxina (Foto 3). En algunos casos, el mismo operario que prepara las estaquillas aplica la auxina y las introduce en el sustrato de enraizamiento; sin embargo, para lograr mayor fluidez en la operación, es preferible que el operario que prepara las estaquillas se dedique únicamente a eso, y otros operarios completen el proceso.

Existen varias presentaciones de auxina (líquida, gel o polvo); en CATIE tradicionalmente se utiliza la presentación en polvo, que ha dado buenos resultados. En el recipiente que se use para las aplicaciones no es conveniente colocar una gran cantidad de auxina, ya que el agua de la estaquilla rápidamente forma una pasta que dificulta la aplicación. Es mejor utilizar pequeñas cantidades cada vez y agregar más conforme se necesite. La auxina que sobra al final de la operación no se debe regresar al recipiente original, sino que debe guardarse en refrigeración para utilizarse al día siguiente o a los pocos días. Si no se va a utilizar pronto, es mejor descartar el sobrante. El envase original con la auxina también debe mantenerse en refrigeración, o al menos en un lugar fresco.

Para aplicar la auxina se unta la base húmeda de la estaquilla en el polvo y se sacude el exceso, ya que demasiada auxina puede causar pudrición en la base de la estaquilla.



2

Estaquilla preparada



3

Aplicación de auxina en la miniestaca e inserción en los pellets

Existen muchos preparados comerciales de auxina en el mercado; lo importante es que contenga AIB (ácido indol-3-butírico) como ingrediente activo, en dosis de 0,2-0,3%; esta concentración es la que ha dado mejores resultados en café. Una vez aplicada la auxina se introduce la estaquilla unos 2 cm en el sustrato en un hoyo hecho previamente, en lugar de forzar la penetración de la estaca, para no dañar los tejidos del corte. El sustrato se compacta levemente alrededor de la estaquilla para asegurar su posición vertical.

El sustrato de enraizamiento debe ser capaz de mantener la humedad, pero drenar con facilidad, para evitar la acumulación de agua. Asimismo, debe ser lo más estéril posible para prevenir el desarrollo de enfermedades; por esta razón no se recomienda el uso de tierra como sustrato de enraizamiento. Existe una amplia gama de posibles tipos de bandejas y sustratos para el enraizamiento. En el programa del CATIE, por resultados y facilidad de manejo, se utilizan pellets 'Jiffy' de 2 cm de diámetro por 4,5 cm de altura.

Se recomienda la aplicación de un fungida de amplio espectro en el sustrato seleccionado como medio de enraizamiento; la utilización de Vitavax (Captan + Carboxin) en una dosis de 5 g/l ha brindado la protección necesaria. Antes de reutilizar las bandejas, es necesario desinfectarlas con alcohol de 70 p/v, al igual que todas las herramientas o equipo utilizado en la propagación.

Una vez que se completa una bandeja con estaquillas, se lleva de inmediato a los túneles de enraizamiento. Cada bandeja debe ir debidamente identificada con el código del híbrido, fecha y operario responsable.

Túneles de enraizamiento

El área para el proceso de enraizamiento debe estar cerrada con plástico para proteger las estaquillas de la lluvia y el viento, ayudar a mantener una humedad relativa lo más alta posible (>80%) y una temperatura alta (30-35°C). Para lograr estas condiciones es necesario disminuir la luminosidad y la radiación e implementar un sistema de riego. El mantenimiento de la turgencia de las estaquillas es una de las claves del éxito en el proceso de enraizamiento. Recordemos que una vez que se corta el rebrote las estaquillas siguen transpirando, y mientras no emitan nuevas raíces no pueden reponer el agua perdida, así que durante ese periodo es necesario evitar la pérdida de agua a toda costa. El área para enraizamiento puede ser un invernadero forrado de plástico sin divisiones internas, o bien túneles individuales forrados de plástico, con las paredes sueltas a manera de cortina para permitir el acceso. Las cortinas se mantienen bajas con la ayuda de pesas, pinzas, cierres tipo 'velcro', etc. En el programa del CATIE se han utilizado exitosamente túneles de 3 m de largo, 1 m de ancho y 60 cm de altura, con la base del túnel a 80 cm del suelo para facilitar el trabajo (Fotos 4 y 5). El uso de túneles tiene la ventaja de que los problemas patológicos se pueden aislar y controlar más fácilmente que en un sistema abierto.



4



5

Exterior e interior de los túneles plásticos para enraizamiento

Independientemente del sistema, se debe proporcionar riego por aspersión para mantener una película de agua sobre las hojas en todo momento. De esta forma, el agua que se pierda por evaporación será el agua externa y no agua del interior de la hoja. El riego puede programarse para producir aspersiones de pocos segundos (10-15 seg), unas cuatro veces por hora; sin embargo, esto debe evaluarse y regularse de acuerdo con el clima de la zona.

Otro requisito indispensable del área de enraizamiento es la sombra, la cual debe proporcionarse mediante el uso de sarán (50-60%) u otro tipo de material que cumpla con las mismas funciones. Con esto se trata de reducir la luminosidad, la temperatura y la pérdida de agua en la estaca y, a la vez, permitir cierta actividad fotosintética.

Cuando se sacan las estacas enraizadas del túnel, se debe lavar y desinfectar el área –preferiblemente limpiarla con alcohol de 70 p/v–, como una medida rutinaria para evitar la proliferación de patógenos.



6

ria para evitar la proliferación de patógenos. Igualmente deben lavarse bien las bandejas antes de volver a utilizarlas. Mientras las estaquillas permanecen en el área de enraizamiento, es conveniente hacer aplicaciones semanales de algún fungicida de amplio espectro como medida preventiva.

Dependiendo del clima, el tipo de estaquilla y otros factores, el tiempo de emisión de raíces varía entre 30 y 40 días (Foto 6).

Plantín enraizado 35 días después de la preparación de la estaquilla

Aclimatación

Debido a que los túneles proporcionan un ambiente sombreado y de alta humedad, no se deben sacar los plantines abruptamente al exterior, ya que muy posiblemente sufrirán quemaduras y desecación. Es necesario un periodo de aclimatación para preparar el plantín paulatinamente al ambiente externo. En nuestro caso, este periodo es de aproximadamente una semana y se inicia cuando se observa la emergencia de raíces a través de los pellets. En ese momento se elevan las cortinas de los túneles para reducir la humedad relativa y se dejan los plantines bajo esa condición durante una semana. Luego son trasladados a un invernadero común con sombra y riegos más espaciados (2-3 por día), donde permanecen por una semana más (Foto 7).



Durante el periodo de aclimatación es necesario hacer evaluaciones periódicas de los plantines para eliminar aquellos que luzcan enfermos, débiles, sin hojas o con cualquier otro defecto. Este control de calidad es fundamental para trasladar al vivero únicamente los plantines sanos y vigorosos, con buenos sistemas radiculares, y evitar así problemas posteriores en la plantación. Simultáneamente se inicia un programa de fertilización foliar y aplicaciones de fungicidas de manera preventiva.

Área de
aclimatación con
sombra y riego por
aspersión

Finalizado el periodo de aclimatación de dos semanas, los plantines estarán listos para su traslado al vivero para su desarrollo final antes del trasplante en campo. Una vez en vivero, el manejo de las plantas clonadas es el mismo que se da a las plantas tradicionales producidas por semilla, y el tiempo de permanencia en vivero es similar. Este puede ser de 3-6 meses, dependiendo de los sistemas de manejo, así como de los gustos y preferencias del productor.

Si el proceso de enraizamiento y vivero se hace apropiadamente, el sistema radicular de las plantas enraizadas será vigoroso y profuso, lo que garantizará su buen prendimiento y desarrollo en el campo (Foto 8). Las plantas clonadas establecidas en ensayos de campo en el CATIE en julio 2014 han mostrado un crecimiento superior a plantas de variedades comerciales (Caturra y Obatá) e iniciaron su producción antes del año de plantadas.



8

Sistema radicular de una planta producida mediante la técnica de enraizamiento de estaquillas

Establecimiento en campo

Considerando la arquitectura y el largo de bandolas de los híbridos, se recomienda ampliar la distancia de siembra. Promecafé (2011) y Echeverría (sf) sugieren 4132 plantas por ha, a 2,2 m x 1,1 m. Sin embargo, puede que sea necesario aumentar la distancia a 2,2 x 2,1 m.

Puesto que los materiales híbridos son más productivos que las variedades tradicionales, es necesario una fertilización mayor que vaya acorde a sus necesidades. Promecafé (2011) sugiere aplicar 30 g/planta de una fórmula alta en fósforo (p.e. 10-30-10) al momento de la siembra; las dos siguientes aplicaciones con fórmula completa (p.e. 18-5-15-6-3) en la misma dosis (30 g/planta) y la última antes de finalizar el período lluvioso con nitrato de amonio en dosis de 20 g/planta. Durante el segundo año se recomienda fraccionar la fertilización en tres aplicaciones: las dos primeras con 45 g/planta de fórmula completa y la última con 30 g/planta de nitrato de amonio. Una vez que el cultivo entre en plena producción, se sugiere fertilizar de acuerdo con el nivel de producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilización sugerida para los híbridos en producción

Producción estimada (fan/ha)	Fertilización (kg/ha/año)	
	Fórmula completa*	Nitrato de amonio
20	550	152
40	800	197
60	1000	269

* Fórmula con 18% de N. Las cantidades deben aumentarse o disminuirse en 6,5% por cada unidad menos o más de N en la fórmula, respectivamente.

Fuente: Promecafé (2011).

Echeverría (sf) recomienda la aplicación base de 1000 kg/ha de fórmula completa, distribuida en dos aplicaciones en condición húmeda (mayo y agosto) y una aplicación adicional de 210 kg/ha de nitrato de amonio en noviembre. Atomizaciones con multiminerales, boro y zinc son las mismas recomendadas para un paquete convencional.

Las podas, el manejo de sombra, así como el control de malezas, enfermedades y plagas deben ser similares a los utilizados para materiales convencionales, y dependen del sistema y las condiciones agroecológicas de la zona de cultivo (Promecafé 2011, Echeverría sf).



Plantas reproducidas por estaquillas, 1 año de edad

Literatura consultada

- Anzueto, F. 2013. Variedades de café resistentes a la roya. El Cafetal (GU): 4 p.
- Echeverría, BF. sf. Establecimiento y manejo de híbridos F1. Revista Informativa Icafé (CR): 4 p.
- Fontagro (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 2005. Mejoramiento genético del café en América Central: selección de clones de híbridos F1 de *Coffea arabica*. Informe final ATN-SF-7382-RG IICA-BID. 88 p.
- Icafé (Instituto del Café, CR). 2009. Resumen de cataciones híbridos F1. 25 diapositivas, color.
- Leakey, RRB; Mesén, F; Tchoundjeu, Z; Longman, KA; Dick, JMcP; Newton, A; Matin, A; Grace, J; Munro, RC; Mutoka, PN. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. Commonwealth Forestry Review 69 (3): 247-257.
- Mesén, F. 1997. Vegetative propagation of *Cordia alliodora*. In Boshier, DH; Lamb, AT. (Eds.). *Cordia alliodora*, genetics and tree improvement. University of Oxford, Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Papers No. 36. p. 73-81.
- Mesén, F; Viquez, E. 2003. Propagación vegetativa de *Bombacopsis quinata*. In Cordero, J; Boshier, DH. (Eds.). *Bombacopsis quinata*, un árbol maderable para reforestar. University of Oxford, Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Papers 39. p. 89-96.
- Mesén, F; Trejos, E. 1997. Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana 21: 19-24.
- Mesén, F; Newton, AC; Leakey, RRB. 1997a. The effects of propagation environment and foliar areas on the rooting physiology of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken cuttings. Trees 11: 401-411.
- Mesén, F; Newton, AC; Leakey, RRB. 1997b. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effect of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. Forest Ecology and Management 92: 45-54.
- Mesén, F; Leakey, RRB; Newton, AC. 2001. The influence of stockplant environment on morphology, physiology and rooting of leafy stem cuttings of *Albizia guachapele*. New Forests 22: 213-227.
- Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico No. 30. 36 p.
- Quijano, JM. 2007. Validación de nuevos híbridos F1 de *Coffea arabica* introducidos de Promecafé-CATIE a Procafé. Santa Tecla, El Salvador, Procafé. Informe interno. 5 p.
- Vásquez, MN. sf. Germoplasmas potenciales resistentes o tolerantes a roya. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 43 diapositivas, color.

Anexo 1

Instructivo para el establecimiento de jardines clonales hidropónicos

El sistema de jardines clonales hidropónicos con medio sólido se utiliza como una opción para aumentar la producción de estaquillas, disminuir los tiempos de enraizamiento, mejorar la capacidad de respuesta ante problemas fitosanitarios y mantener una producción de plántulas durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas. Para el establecimiento de los jardines hidropónicos se utilizan plantas madre producidas en los laboratorios de biotecnología; por lo general se establecen a espaciamientos de 10 x 10 cm 10 x 15 cm o 15 x 15 cm.

El sustrato a utilizar debe ser físicamente estable, libre de patógenos, preferiblemente de bajo costo, con buena capilaridad, que permita la aireación pero con buena retención de humedad. La selección del sustrato depende mucho de las facilidades de obtención en el sitio; se puede utilizar carbón vegetal, fibra de coco, piedra quintilla (8-12 mm), piedra volcánica, arena de río o mezclas de estos –por ejemplo, piedra quintilla más fibra de coco, arena de río más carbón vegetal en proporciones de 70:30, etc.–. La nutrición de las plantas se realiza mediante una solución nutritiva que contiene fertilizantes en las cantidades y proporciones adecuadas.

La implementación de un sistema hidropónico para la producción de estaquillas se inicia con la selección del medio donde se colocará el sustrato; por lo general bancales de madera de 10-15 cm de altura, con un ancho no mayor a 150 cm y largo variable dependiendo de las necesidades, pero que permita un cierto grado de aislamiento entre grupos de plantas cada 1-4 m. Para impermeabilizar el fondo y paredes de los bancales o camas se utiliza plástico grueso. Para facilitar el drenaje, se deben realizar hoyos de 12 mm a una altura de 25-50 mm del fondo de la cama.

Preparación de la solución nutritiva

Solución madre: existe un gran número de soluciones nutritivas para los diferentes cultivos y estado de crecimiento, pero en el mercado se encuentran fórmulas que funcionan bien. Las siguientes son las soluciones más utilizadas para la producción de follaje.

Fertilizante	Solución	madre
Solución A	g/l	g/5l
Fosfato monopotásico	49,4	247
Nitrato de potasio	115,6	578
Sulfato de magnesio	109	545
Solución B		
Balance de menores (Cosmoquel)	1	5
Solución C		
Nitrato de calcio	155	775

Solución diluida: esta es la solución de nutrientes que se le aplica a las plantas. Para jardines de café utilizamos una solución diluida de 5 ml de la solución madre A, 2,5 ml de la solución B y 5 ml de la solución C, disueltas en un litro de agua. El riego se debe aplicar diariamente en las primeras horas de la mañana, utilizando 2 a 3 litros por metro cuadrado o 160-320 ml por planta.

Algunas consideraciones adicionales

Los dos primeros días luego del trasplante se recomienda regar las plantas solo con agua. Si el día es muy caliente se hace un riego adicional solo con agua por la tarde. Un día a la semana se debe aplicar solamente agua para evitar la acumulación de sales. Es conveniente utilizar malla sombra en el jardín clonal, lo cual por lo general tiene un efecto positivo sobre la calidad de los rebrotes.

El agua de mala calidad puede limitar seriamente el éxito de los jardines hidropónicos; se debe controlar el pH, ya que este puede afectar la asimilación y disponibilidad de los nutrientes. Otro factor a verificar constantemente es la conductividad eléctrica, la cual está relacionada con el total de sales disueltas en el agua. La conductividad eléctrica permite conocer si la solución excede o carece de la cantidad óptima de nutrientes. El rango de electroconductividad recomendable es de **1,5 mS a 3 mS o de 750 a 1500 ppm**.





CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Estado de Acre en Brasil.



Banco de Semillas Forestales

BSF



Banco de Semillas Forestales

Sede Central, CATIE, Turrialba 30501, Costa Rica

Tel. + (506) 2558-2372 / 2558-2373 • Fax: + (506) 2558-2052

Correo electrónico: bsf@catie.ac.cr

www.catie.ac.cr