

An illustration of a large, arched greenhouse filled with rows of cassava plants. In the foreground, a woman wearing a blue hat and a pink shirt is carefully pruning a cassava plant with orange-handled shears. In the background, another person is standing near a table with trays of seedlings, holding a clipboard. The greenhouse has a translucent, ribbed structure. The title text is overlaid on a dark teal rectangular background in the upper center.

Técnicas de multiplicación rápida de semilla de yuca de alta calidad

Técnicas de multiplicación rápida de semilla de yuca de alta calidad

Roosevelt Humberto Escobar Pérez &
Elvia Amparo Rosero Alpala
Editores

Roosevelt Humberto Escobar Pérez | Elvia Amparo Rosero Alpala
Leonardo Andrés López Rebolledo | Carlos Dorado Valencia
Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez | Amaury Aroldo Espitia Montes
Adriana Bohórquez Chaux | Sol Mara Regino Hernández
Jazmín Vanessa Pérez Pazos | Deimer Alberto Fuentes Cassiani
Jorge Luis García Herazo | Hernando Alberto Araujo Vásquez
Ricardo Enrique Támara Morelos | Eberto Rodríguez Henao
Germán Aguilera | Lina Garavito
Autores



Técnicas de multiplicación rápida de semilla de yuca de alta calidad. / Roosevelt Humberto Escobar Pérez [y otros quince] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2024.

108 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN: 978-958-740-721-1

ISBN e-Book: 978-958-740-722-8

1. Mandioca 2. Calidad de las semillas 3. Túneles 4. Multiplicación de semillas 5. Huertas para explotación 6. Aplicación de abonos 7. Almacenamiento de semillas.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13 vía Montería-Cereté, Córdoba.
Código postal: 230550, Colombia

Esta publicación se deriva del proyecto "Convenio para impulsar el subsector productivo de la yuca industrial como polo de desarrollo regional, a través del fomento de cadenas completas de suministro en las zonas productoras de yuca-Fase I y II", Convenio 20220440 y MADR-312-2023 entre MADR-AGROSAVIA, Plan Yuca País.

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

Fecha de recepción:

23 de noviembre de 2023

Fecha de evaluación:

11 de diciembre de 2023

Fecha de aceptación: 25 de enero de 2024

Primera edición: 500 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, 2024

Printed in Bogota, Colombia

editorial@agrosavia.co

Líder editorial:

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo:

Alejandro Merlano Aramburo

Diseño y diagramación:

Mónica Cabiatiava Daza

Ilustración de cubierta:

Juan Felipe Martínez Tirado

Citación sugerida: Escobar Pérez, R. H., & Rosero Alpala, E. A. (Eds.). (2024). *Técnicas de multiplicación rápida de semilla de yuca de alta calidad*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407228>

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

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Contenido

Agradecimientos	7
Presentación	8
Introducción	9

Capítulo 1. Material de siembra 11

Elvia Amparo Rosero Alpala, Amaury Aroldo Espitia Montes,
Adriana Bohórquez Chaux, Eberto Rodríguez Henao,
Germán Aguilera y Lina Garavito

Condiciones del material de siembra	11
Calidad sanitaria del material de siembra	15
Esquema de producción de semilla de yuca	16
Selección de plantas madre para la obtención de semilla	18
Cosecha de plantas madre para su aprovechamiento como semilla vegetativa de yuca	22
Transporte y almacenamiento de la semilla	23

Capítulo 2. Técnica de propagación rápida de yuca en túneles 24

Elvia Amparo Rosero Alpala, Leonardo Andrés López Rebolledo,
Carlos Dorado Valencia, Roosevelt Humberto Escobar Pérez
y Ricardo Enrique Támara Morelos



Selección del área para la construcción del túnel	24
Áreas de vivero y campo para el incremento del material de siembra	25
Requerimientos y calidad del recurso hídrico para su uso en esquemas de propagación	26

Capítulo 3. Túnel de propagación: materiales de construcción y diseño 28

Roosevelt Humberto Escobar Pérez, Carlos Dorado Valencia, Leonardo Andrés López Rebolledo y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Diseño de túnel en tubería PVC	28
Diseño de túnel en tubo galvanizado	35

Capítulo 4. Opciones de modelos de túneles para la propagación rápida de yuca 41

Elvia Amparo Rosero Alpala, Leonardo Andrés López Rebolledo, Carlos Dorado Valencia, Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Modelo de túnel de propagación en PVC	41
Modelo del túnel en tubo galvanizado	53

**Capítulo 5. Procedimiento para la
producción y manejo de esquejes en
túneles de propagación**

61

Amaury Aroldo Espitia Montes, Sol Mara Regino Hernández, Jazmín Vanessa Pérez Pazos, Deimer Alberto Fuentes Cassiani, Jorge Luis García Herazo, Hernando Alberto Araujo Vásquez , Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Elvia Amparo Rosero Alpala

Selección y tratamiento de miniestacas	61
Siembra de las miniestacas en cama central del túnel	62
Manejo y seguimiento de los brotes generados por las miniestacas	63
Corte de los brotes para multiplicación	64
Siembra de los esquejes en bandejas	66
Seguimiento y disposición final de los esquejes obtenidos en túneles de multiplicación	67

**Capítulo 6. Fase de incremento de semilla
de yuca en campo**

69

Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Condiciones del lote	69
Establecimiento de las plántulas en campo	69
Fertilización	71



**Capítulo 7. Propagación de yuca por
miniestacas en campo**

77

Eberto Rodríguez Henao, Germán Andrés Aguilera Arango
y Lina Vanessa Garavito Morales

Huerto básico para la obtención de plantas madre 78

Acondicionamiento de las miniestacas 79

Siembra en campo 82

Conclusiones 84

Referencias 85

Autoría 88

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del proyecto Plan Yuca País, que ha permitido el desarrollo, la implementación y la validación de tecnologías que fortalecen la cadena de valor de la yuca en el eslabón primario. Se reconocen los esfuerzos institucionales previos realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en el marco de procesos de limpieza sanitaria, conservación de germoplasma y acceso facilitado al material básico. Un agradecimiento a los agricultores yuqueros, que día a día trabajan y mejoran sus sistemas productivos y fortalecen la cadena de valor del cultivo. Así mismo, a las Industrias y empresas que esperan la difusión de nuevas tecnologías de propagación y producción de material de siembra de variedades de yuca de interés en los territorios.

Presentación

El siguiente documento es desarrollado en el marco del proyecto Plan Yuca País, el cual fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). A través de sus fases I y II, el plan unió esfuerzos técnicos, científicos y tecnológicos para generar documentos escritos que sirvan de guía a productores en el marco de la multiplicación acelerada de semilla de calidad en las categorías básica, registrada y certificada. El presente documento recopila información sobre esquemas de propagación rápida de semilla de yuca en túneles de PVC, en tubo galvanizado o en campo usando miniestacas. Estas tecnologías buscan la disponibilidad de semilla de calidad de un ciclo a otro, con lo cual, en condiciones controladas, se genera una tasa de multiplicación superior a la obtenida en campo en condiciones convencionales.

Este manual describe el proceso de obtención de semilla de calidad desde la indexación hasta la categoría de semilla certificada, según la normativa vigente del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Asimismo, detalla el paso a paso de los dos métodos, con el fin de que puedan ser replicadas en diferentes condiciones. La información se entrega para fortalecer el esquema de producción de semilla de yuca de calidad en Colombia.

Introducción

El cultivo de yuca es importante en todo el territorio nacional, como base para la seguridad alimentaria y como materia prima en diferentes líneas de transformación. La oferta climática de las diferentes regiones del país ha permitido desarrollar la yuca como un pilar de la economía; los principales núcleos de producción se encuentran en la costa Caribe, la Orinoquía y la región Andina. En esta diversidad de climas, el cultivo de la yuca presenta una oferta de variedades tanto nativas como mejoradas que se destacan por su adaptación y producción en ambientes específicos.

Entre las brechas tecnológicas reportadas en la cadena de producción de la yuca, están la falta de acceso y disponibilidad de semilla de calidad, la escasez de semilla en determinadas épocas del año, así como por la presencia de enfermedades (especialmente, la enfermedad del cuero de sapo - ECS). Esta situación plantea la necesidad de que los productores cuenten con un sistema que les facilite la renovación y acceso a semilla de calidad.

La normativa vigente reconoce diferentes pasos para la producción de semilla de calidad, desde la indexación o verificación de la calidad sanitaria, la multiplicación *in vitro*, la multiplicación en invernaderos y viveros, hasta la multiplicación en campo, que genera las categorías básica, registrada y certificada. Este mecanismo permite la multiplicación de semilla limpia para renovar el material de siembra que los productores vienen usando por décadas. Sin embargo, los costos de producción, así como el tiempo requerido, hacen

necesaria la inclusión de nuevas tecnologías que reduzcan el tiempo, faciliten el acceso a variedades específicas y aceleren los procesos de entrega. Este manual pretende describir la estrategia de producción de esquejes en ambientes semicontrolados y el uso de miniestacas en campo como tecnologías para acelerar la tasa de multiplicación de semilla de calidad.

Capítulo 1.

Material de siembra

Elvia Amparo Rosero Alpala, Amaury Aroldo Espitia Montes, Adriana Bohórquez Chaux, Eberto Rodríguez Henao, Germán Aguilera y Lina Garavito

Condiciones del material de siembra

Un material de siembra de calidad debe cumplir con los siguientes parámetros: 1) el factor genético, es decir, garantizar la pureza varietal; 2) el factor fisiológico, asociado a su vigor, viabilidad (capacidad de brotación) y madurez fisiológica que garantice su prendimiento; 3) el factor sanitario, que garantiza el uso de material sin presencia de enfermedades, y 4) el factor físico, que involucra la ausencia de heridas, deshidratación y con las características propias de la variedad. Todos estos factores influyen sobre el establecimiento del cultivo, su eficiencia agronómica, su rendimiento y calidad posterior a la cosecha, así como sobre su calidad y permanencia del uso de la semilla en ciclos posteriores.

Garantizar la identidad de la variedad y evitar mezcla de variedades puede lograrse con el uso de material de siembra proveniente de propagación *in vitro* en laboratorios que ofrecen material indexado, donde se garantiza la calidad sanitaria y la identidad varietal. En la tabla 1.1. se pueden reconocer las variedades registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), según la zona de adaptación para la cual fue liberada dicha variedad (Rosero et al., 2023) (tabla 1.1).

Tabla 1.1. Variedades de yuca inscritas en el registro nacional de cultivos

Uso	Variedad	Responsable	Creador	Fecha de registro	Adaptación
Consumo fresco	Monihoica P 11	ICA		1984	0-1.500 m.s. n. m.
Consumo fresco	Monihoica P 12	ICA		1984	0-1.500 m.s. n. m.
Consumo fresco	Monihoica P 13	ICA		1986	0-1.500 m.s. n. m.
Consumo fresco	ICA Cebucan	ICA-CIAT	CIAT	1990	Piedemonte llanero
Consumo fresco	ICA Catumare	ICA-CIAT	CIAT	1990	Piedemonte llanero y valles interandinos
Consumo fresco	ICA Costeña	ICA-CIAT	CIAT	1991	Costa Atlántica
Consumo fresco	ICA Negría	ICA-CIAT	CIAT	1993	Caribe húmedo y seco
Industrial	Corpoica Colombiana	AGROSAVIA (antes Corpoica)	CIAT	2000	Caribe húmedo; 1.100-1.600 m.s. n. m.
	Corpoica Sucreña	AGROSAVIA	CIAT	2000	Caribe húmedo; 1.100-1.600 m.s. n. m.
Consumo fresco	Corpoica Caribeña	AGROSAVIA	CIAT	2000	Caribe húmedo; 1.400-1.600 m.s. n. m.
Consumo fresco	Corpoica Rojita	AGROSAVIA	CIAT	2000	Caribe húmedo; 1.400-1.600 m.s. n. m.
Consumo fresco	Corpoica Reina	AGROSAVIA	CIAT	2000	Orinoquía (piedemonte)

Uso	Variedad	Responsable	Creador	Fecha de registro	Adaptación
Consumo fresco	Nataima 31	AGROSAVIA	CIAT	2002	Subregion natural Valle Geografico del Río Magdalena
Industrial	Corpoica Caiseli	AGROSAVIA	CIAT	2004	Caribe húmedo y seco
Industrial	Corpoica Ginés	AGROSAVIA	CIAT	2004	Caribe húmedo y seco
Industrial	Corpoica Verónica	AGROSAVIA	CIAT	2004	Caribe húmedo y seco
Industrial	Corpoica Tai	AGROSAVIA	CIAT	2004	Caribe seco
Industrial	Corpoica Orense	AGROSAVIA	CIAT	2004	Caribe húmedo y seco
Forrajera	Corpoica SM 1438-2	AGROSAVIA	CIAT	2011	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba, y Magdalena Medio santandereano
Forrajera	Corpoica SM 2625-1	AGROSAVIA	CIAT	2011	Magdalena Medio santandereano
Forrajera	Corpoica SM 2612-24	AGROSAVIA	CIAT	2011	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba
Forrajera	Corpoica SM 1511-6	AGROSAVIA	CIAT	2011	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba, y Magdalena Medio santandereano

Uso	Variedad	Responsable	Creador	Fecha de registro	Adaptación
Forrajera	Corpoica SM 2546-40	AGROSAVIA	CIAT	2011	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba
Forrajera	Corpoica SM 2081-34	AGROSAVIA	CIAT	2011	Sabanas colinadas y planas de Sucre y Córdoba
Forrajera	Corpoica SM 2769-11	AGROSAVIA	CIAT	2011	Magdalena Medio santandereano
Industrial	Corpoica Belloti	AGROSAVIA	CIAT	2016	Caribe
Industrial	Corpoica Ropain	AGROSAVIA	CIAT	2016	Caribe
Industrial	Corpoica Sinuana	AGROSAVIA	CIAT	2016	Caribe
Industrial	Corpoica La Francesa	AGROSAVIA	CIAT	2016	Suroccidente de Colombia-Cauca
Industrial	Corpoica Cumbre 3	AGROSAVIA	CIAT	2016	Suroccidente de Colombia-Cauca
Industrial	Corpoica Melúa-31	AGROSAVIA	CIAT	2019	Orinoquía

Fuente: Rosero et al. (2023)

Calidad sanitaria del material de siembra

Un limitante en la producción de yuca en las diferentes regiones de Colombia es el acceso a material de siembra de calidad, lo cual es indispensable en sistemas productivos donde la semilla se reusa por largo tiempo, lo cual afecta su calidad sanitaria por acumulación de enfermedades.

El proceso de limpieza sanitaria en yuca se realiza, principalmente, bajo condiciones *in vitro*. Este proceso está basado en ciclos de termoterapia, en la que un meristemo se somete a condiciones de altas temperaturas durante determinados periodos de tiempo, y permiten, progresivamente, eliminar la carga de patógenos endófitos. En general, el proceso se basa en la introducción del meristemo apical en medio de cultivo Murashige y Skoog. Este proceso de limpieza debe hacerse en laboratorios que cuenten con una infraestructura y personal capacitado. Durante este proceso se debe tener cuidado con el tamaño del explante, seleccionar su ubicación, la edad del tejido y mantener las condiciones ambientales controladas en cámaras de crecimiento que garanticen su desarrollo hasta lograr el crecimiento de una planta. De allí depende lograr tener éxito o no en la remoción del patógeno. Posteriormente, cuando se recupera una planta, se le deben realizar una serie de pruebas para certificar que, efectivamente, se logró eliminar el agente causal de la enfermedad del material vegetal. El procedimiento general para hacer la limpieza incluye los siguientes pasos:

1. Tres ciclos de 12 días cada uno a 40°C, bajo un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.
2. Entre ciclos, se corta nuevamente la punta del ápice y se siembra en un nuevo tubo con el citado medio de cultivo.

3. Después de los tres ciclos de termoterapia, la punta del ápice obtenida se mantiene a 28°C, un fotoperiodo 12/12.
4. Finalmente, crecen hasta lograr una planta para obtener tejidos de hojas, raíces y tallos que se usan para realizar pruebas moleculares para determinar el estado sanitario de la planta obtenida a través del proceso de termoterapia.

Las pruebas diagnósticas (ELISA, PCR, injertos, entre otros) son realizadas en laboratorios con equipos y personal capacitado. La presencia de patógenos indica que la planta aún es positiva a virus y que es necesario volver a someter las vitroplantas al proceso de termoterapia *in vitro*. La indexación de las variedades debe reportar el resultado negativo de pruebas moleculares para seis virus (CsFSaV-reovirus, CsNAV-*Potexvirus*, CsPLV-*Luteovirus*, CsTLV-*Torradovirus*, CsC-MV-Cassava Mosaic Virus y CsXV-virus X) y un fitoplasma (16SrIII-L). Los resultados negativos son corroborados con una segunda muestra de la misma planta. Una vez se obtiene material libre de patógenos, el ICA expide una certificación del material limpio y este puede continuar los procesos de multiplicación dentro del esquema de producción de semilla para entrega a productores bajo la normativa ICA que se describe a continuación.

Esquema de producción de semilla de yuca

El material que se recomienda usar en los diferentes esquemas de multiplicación rápida de semilla debe cumplir con los parámetros genético, fisiológico, físico y sanitario exigidos según la reglamentación del ICA. Por lo tanto, se debe utilizar material de categoría básica, registrada y certificada, de acuerdo con la Resolución 3168 del ICA (2015), según la cual el material de siembra de calidad se produce a través de los siguientes pasos:

1. Entregar material indexado producido bajo condiciones *in vitro* y que cuenta con la respectiva certificación de su estado sanitario*.
2. Propagar bajo condiciones *in vitro* el material inicial*.
3. Trasladar a un invernadero y endurecer las plántulas generadas bajo condiciones *in vitro* (categoría **Súper Élite**)*.
4. Propagar las plantas de la categoría Súper Élite bajo condiciones de invernadero controlado y posteriormente trasladadas a condiciones de vivero para aclimatación al ambiente natural, da como resultado plantas de la categoría **Élite***.
5. Las plantas éliticas aclimatadas posteriormente se trasladan a condiciones de campo para su incremento y generación de la categoría **Semilla Básica**.
6. Con las varas obtenidas de la cosecha de la semilla de Categoría Básica, se siembra un nuevo campo para obtener la categoría **Registrada**.
7. Finalmente, siguiendo la reglamentación del ICA, una vez cosechadas las varas de la categoría Registrada, estas se usan para sembrar un nuevo campo y obtener la categoría **Certificada****.

Notas aclaratorias:

* Los ciclos iniciales hacen parte de la producción de material de calidad a nivel institucional, por lo cual en la norma del ICA solamente se resalta: "El material básico debe provenir de plantas madres cuyo manejo permita obtener una semilla sana y de calidad comprobada, acorde con las exigencias para esta categoría".

** Las variedades registradas ante el ICA obtenidas a través de procesos de mejoramiento genético deben cursar los procesos requeridos para la producción de semilla certificada. Los cultivares que no han sido objeto de control de generaciones o de productores se propagan mediante semilla seleccionada y no se requiere pasar por las categorías de semilla Básica, registrada y Certificada, pero sí deben provenir de material de siembra con calidad garantizada.

Selección de plantas madre para la obtención de semilla

Del huerto básico se deben seleccionar las mejores plantas para ser usadas como plantas madre; para esto, deben cumplir con los factores de calidad discutidos previamente (genético, fisiológico, físico y sanitario) (figura 1.1).

En el proceso de selección de plantas madre se deben descartar las plantas atípicas, que no presentan los atributos propios del cultivar o clon por propagar; estas plantas se deben erradicar y no ser usadas para su aprovechamiento como semilla. Un método recomendable para tener confianza en la identidad genética de los cultivares o clones de yuca es usar plantas de laboratorio certificado y de confianza que provean plantas propagadas *in vitro* (figura 1.2).



Figura 1.1. Selección de plantas madre de yuca para ser usadas como fuentes de semilla vegetativa.

Foto: Eberto Rodríguez Henao



Figura 1.2. Planta de yuca propaga *in vitro*.

Foto: Eberto Rodríguez Henao

Durante la producción, colecta y almacenamiento de varas que sirvan de material de siembra se deben evitar los daños físicos y mecánicos que influyen en la brotación y posterior prendimiento de las estacas. Para evitar el daño de las yemas, es importante utilizar herramientas que permitan realizar cortes precisos, sin desgarrar, romper o malograr las yemas en la estaca.

Otros factores que influyen en la calidad fisiológica de la estaca como fuente de semilla son, entre otros, la nutrición, la edad y la viabilidad:

Nutrición de la semilla: influye directamente en la brotación de las yemas para generar una nueva planta, ya que en el primer mes después de la siembra el crecimiento del brote que dará origen a la nueva planta depende de las reservas disponibles en la estaca. Las plantas que en campo presentan una buena calidad y nutrición generan tallos con buena calidad y vigor (grosor y longitud), ya que la generación del súber o corcho en reemplazo de la epidermis se da por la acumulación de xilema, cada vez que el diámetro del tallo aumenta, por lo cual se recomienda usar preferiblemente el tercio medio de la planta como semilla (Ceballos & De la Cruz, 2002).

Edad de la semilla: la edad de la planta a cosechar como fuente de semilla influye en el adecuado desarrollo de la nueva planta, por lo tanto, la planta madre debe ser cosechada en el punto óptimo de madurez. Normalmente, se utilizan estacas maduras del tercio medio de la planta, donde el tejido se encuentra lignificado, y se debe descartar la parte turgente o joven, así como el tejido envejecido, pues estas secciones del tallo presentan una baja brotación y prendimiento en campo. Para el aprovechamiento de un mayor número de semillas, las plantas madre deben cosecharse a partir del séptimo mes, siempre utilizando la estrategia de la selección positiva de la semilla, que consiste en cosechar la planta entera para observar detalladamente las raíces y descartar todas aquellas plantas que presenten síntomas de la enfermedad del cuero de sapo (ECS). Solo se usarán como fuente de semilla las plantas que no presenten síntomas en las raíces.

Viabilidad de la semilla: este atributo está relacionado con la humedad presente en las estacas. Una vez que la planta es cosechada, inicia el proceso de deshidratación, el cual se acelera cuando los tallos son almacenados en sitios soleados, bajo altas temperaturas y baja humedad relativa. La

reducción del 20 % en el contenido de humedad puede ocasionar una disminución del 50 % en la brotación de las semillas (López, 2002). El contenido de humedad de las estacas se puede valorar en campo visualmente, realizando un corte al tallo y observando la presencia de látex: si está presente y fluye inmediatamente, como se muestra en la figura 1.3, la humedad es adecuada; si, por el contrario, el látex no está presente, se considera un tallo deshidratado, con baja calidad de la semilla, lo cual genera una baja brotación y poco prendimiento en campo.



Figura 1.3. Método para chequear la calidad de la semilla y la humedad por presencia de látex.

Foto: Eberto Rodríguez Henao

Calidad fitosanitaria: las plagas y enfermedades afectan drásticamente la cantidad y la calidad de las estacas, lo cual afecta directamente el rendimiento del nuevo ciclo de cultivo (López, 2002). La semilla vegetativa de yuca debe seleccionarse de plantas vigorosas y sanas, libres de plagas y enfermedades, para garantizar el adecuado desarrollo de la nueva planta.

Cosecha de plantas madre para su aprovechamiento como semilla vegetativa de yuca

Las plantas madre fuente de semilla vegetativa de yuca deben seleccionarse mediante la observación detallada de las raíces, con el propósito de no propagar problemas fitosanitarios como el cuero de sapo (ECS), para lo cual, mediante la selección positiva de la semilla, se realiza el descarte de las plantas que presenten la sintomatología típica de esta enfermedad. Para esto, se deben cosechar las raíces unidas al tallo y verificar la presencia o ausencia de los síntomas (figura 1.4).

Los tallos se deben cortar de la mayor longitud posible, para reducir la deshidratación. Los cortes se deben realizar con una herramienta filosa, para evitar realizar daños físicos a la corteza, como un desgarre. Las ramas jóvenes del tercio superior se descartan en campo por no presentar un grosor adecuado (mínimo 3 cm) y por tener yemas tiernas, que se deshidratan rápidamente.

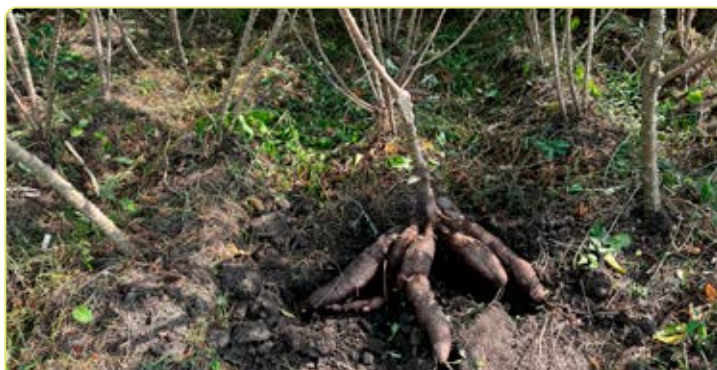


Figura 1.4. Selección positiva de la semilla de yuca haciendo la cosecha de la planta completa para identificar la ausencia de síntomas de cuero de sapo.

Foto: Eberto Rodríguez Henao

Transporte y almacenamiento de la semilla

En los casos en que se trabaja con más de un cultivar o clon de yuca, la cosecha se debe realizar por separado, para evitar la combinación del material de siembra y así garantizar la calidad genética, o se debe usar un método adecuado de marcación de cada cultivar.

Las varas o tallos que van a ser usados como fuente de semilla vegetativa se deben amarrar en paquetes de máximo veinte unidades para facilitar su transporte al área de almacenamiento una vez cosechados. En el transporte se puede generar pérdida de la calidad física de las yemas debido al daño causado a los tallos por la fricción entre estos y entre paquetes. Las ramas se almacenan en posición vertical, bajo la sombra de un árbol y con las yemas hacia arriba. En caso de que la semilla se pueda conservar directamente en campo, se puede dejar una parte del cultivo sin cosechar, ya que el ambiente adecuado para este proceso es el que genera la misma plantación.

Aproximadamente un mes después del almacenamiento de los tallos, se inicia la brotación de las yemas y, con esta, la pérdida gradual de la viabilidad del material de siembra. De acuerdo con lo reportado por López (2002), se presentan pérdidas de semilla entre el 52 % y el 63 % una vez transcurridos 60-90 días de almacenamiento, respectivamente. La propagación mediante la técnica de miniestacas sugiere que los tiempos entre la cosecha, el almacenamiento, el acondicionamiento y la siembra no excedan las dos semanas, para asegurar la viabilidad de las yemas.

Capítulo 2.

Técnica de propagación rápida de yuca en túneles

Elvia Amparo Rosero Alpala, Leonardo Andrés López Rebolledo, Carlos Dorado Valencia, Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Ricardo Enrique Támara Morelos

Selección del área para la construcción del túnel

Para implementar un área de propagación de yuca bajo las condiciones del Caribe siguiendo la técnica de los túneles desarrollada en el CIAT, se estimaron 200 m², de los cuales el túnel ocupa aproximadamente un 13,5 % (27 m²). En el resto del área se estima llevar las actividades conexas con la propagación, tales como el manejo y preparación de sustratos, un espacio para facilitar el enraizamiento y la aclimatización de las plántulas previa a su salida a fase de campo. Esta área debe cumplir con las siguientes condiciones:

- **Relieve:** terreno plano o con una leve inclinación para evitar inundaciones. Procurar no instalar en zonas bajas.
- **Luminosidad:** se debe evitar que haya árboles cerca que generen sombra y puedan afectar los trabajos por la caída de ramas o causar daños a la infraestructura. Sin embargo, es útil incluirlos como barrera rompevientos, ubicada a una distancia prudente que evite posibles daños.
- **Acceso a fuente de energía:** el lugar debe contar con una fuente de energía eléctrica de 110-220 V, para el sistema de riego y los sensores (si aplica); sistemas fotovoltaicos también pueden ser útiles.

- **Cercado de protección:** para controlar, regular o evitar el ingreso de personal ajeno a los procesos de propagación, así como de animales domésticos o de granja que puedan dañar la infraestructura y las plántulas enraizadas, se sugiere cercar la infraestructura.
- **Vías de acceso:** se requiere que el predio donde se instalará el túnel cuente con vías que permitan el ingreso de vehículos de carga, para garantizar la entrada de materiales para la construcción del túnel, y faciliten el ingreso de personal para ver los procesos y/o despachar las plántulas a los productores.

Áreas de vivero y campo para el incremento del material de siembra

Bajo las condiciones del Caribe colombiano, se estimó un espacio de 200 m² para facilitar la propagación, donde se incluye un (1) túnel de 27 m², 10 a 20 m² del diseño para corredores y conexiones entre áreas. Se recomienda adecuar un espacio con polisombra del 30 %. Allí el productor de semilla realizará la aclimatización de los esquejes. Esta área permitirá la manipulación de al menos 20 bandejas con 40 alveolos c/u ubicados en una mesa de 4 m de largo por 1,2 m de ancho. Se recomienda contar en este espacio con al menos dos mesas de trabajo.

Bajo estas condiciones, se estima un promedio de producción de 700 esquejes por corte y una producción total de 3.500 esquejes obtenidos en siete meses. Sin embargo, resulta importante destacar que estos cálculos pueden verse afectados por la variedad, el tamaño de las miniestacas y el volumen (densidad) de los esquejes durante los ciclos de cosecha en las camas centrales del túnel. Atendiendo a esto, se calcula que 5.000 m² sería un espacio cercano al óptimo para instalar la fase siguiente de incremento de semilla en campo.

Requerimientos y calidad del recurso hídrico para su uso en esquemas de propagación

Para regar el material generado en el túnel, se debe contar con una fuente de agua suficiente y de calidad (considerando los parámetros físicoquímicos y microbiológicos), que asegure el buen desarrollo y crecimiento de las plantas y la operación de los nebulizadores, sin taponamientos ni pérdidas de agua en los ciclos de producción. Un análisis previo de la calidad del agua permite tomar decisiones en el momento adecuado, sin poner en riesgo la operación y el material generado. Dentro de los parámetros de calidad del agua se cuenta el tipo y la concentración de las sales solubles presentes en el agua, la concentración relativa de sodio y magnesio, que con respecto a otros cationes puede afectar a las plantas; igualmente, algunos iones como Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} y elementos traza provenientes del agua de riego pueden acumularse y, según la tolerancia del cultivo, afectar su desarrollo; finalmente, la alcalinidad asociada con la presencia de iones como bicarbonatos, calcio, magnesio y sodio en el agua puede afectar negativamente el desarrollo y crecimiento de las plantas (García, 2012).

La tabla 2.1 destaca algunos parámetros de calidad de agua para riego.

Tabla 2.1. Parámetros necesarios para evaluar la calidad del agua para riego

Parámetro	Símbolo	Unidad	Rango usual
Salinidad			
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	0-3
Total de sólidos disueltos	TSD	mg/L	0-2.000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ⁺⁺	cmol(+)/L	0-20
Magnesio	Mg ⁺⁺	cmol(+)/L	0-5
Sodio	Na ⁺	cmol(+)/L	0-40
Potasio	K ⁺	cmol(+)/L	0-0,2
Carbonatos	CO ₃ ⁻²	cmol(+)/L	0-0,1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	cmol(+)/L	0-10
Cloruros	Cl ⁻	cmol(+)/L	0-30
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	cmol(+)/L	0-20
Nitratos	NO ₃ ⁻	cmol(+)/L	0-5
Misceláneos			
Boro	B	mg/L	0-2
Reacción	pH*		6-8,5
Relación adsorción de sodio	RAS**	cmol(+)/L	0-15

* Potencial de H. ** RAS = $Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$; dS/m: decisi mil/ metro ; mg/L: miligramos/litro; cmol(+)/L: centimol/litro.

Fuente: Elaboración propia con base en Ayers & Westcot (1985)

Estos parámetros de calidad sirven para decidir si se puede o no usar el agua para la fase de vivero en la multiplicación en el túnel.

Capítulo 3.

Túnel de propagación: materiales de construcción y diseño

Roosevelt Humberto Escobar Pérez, Carlos Dorado
Valencia, Leonardo Andrés López Rebolledo y
Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Diseño de túnel en tubería PVC

La estructura del túnel requiere materiales resistentes, livianos y durables, de fácil acceso en la región (para cambios, ajustes y reparaciones). Por esta razón, su diseño parte de una armazón en tubos de PVC, unidos entre sí con amarras plásticas, los cuales forman una estructura semicircular, que favorece la estabilidad. La parte superior se recubre con plástico para permitir el paso de la luz y controlar la humedad y la temperatura, y prevenir excesos de agua durante el periodo de lluvias. Además, en los laterales o partes bajas se instala una malla antitrips para controlar el ingreso de insectos en el área de propagación. La malla antiinsectos permite un intercambio de aire ambiental fresco; esto ofrece las condiciones propicias para incentivar una mayor brotación y desarrollo de los brotes de yuca. Esta estructura cuenta con un ancho de 3,5 m, una altura de 2,8 m y una longitud variable; en el túnel instalado en el C. I. Turipaná es de 10,5 m.

La estructura general del túnel consiste en una estructura de cúpula semicircular hecha con tubería de PVC, la cual se cubre con plástico de invernadero. Esta estructura permite mantener las condiciones internas de alta temperatura y

alta humedad necesarias para acelerar e iniciar la brotación de las yemas de las miniestacas. Dentro del túnel, en el centro, se ubica una cama alta cuyo sustrato es arena gruesa; allí se siembran las miniestacas de 2-3 yemas. En las paredes internas del túnel, a lado y lado se establecen dos mesas planas, donde se da el enraizamiento de los esquejes puestos en bandejas de 40 alvéolos. Y entre las mesas planas y la central están los pasillos internos para el tránsito y movimiento de los materiales. El piso es de gravilla gruesa para evitar el encharcamiento y facilitar el control de arvenses

Los materiales requeridos para la base de la estructura son, arena, cemento y grava, en las cantidades que se detallan en la tabla 3.1.



Figura 3.1. Túnel de multiplicación. a. Vista exterior; b. Vista interior.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Tabla 3.1. Materiales requeridos para la base de la estructura del túnel

Material	Unidad	Cantidad
Arena	m ³	3
Grava de ¾"	m ³	3
Cemento	Bulto de 50 kg	10

Fuente: Elaboración propia

Para la estructura semicircular, se usan tubos pvc, amarres plásticos, uniones de pvc, entre otros materiales que se detallan a continuación (tabla 3.2).

Tabla 3.2. Materiales requeridos para la construcción del túnel

Material	Unidad	Cantidad
Tubo galvanizado de 1" × 6 m	Unidad	4
Tubo galvanizado de ¾" × 6 m	Unidad	11
Tubo pvc de 1" × 6 m	Unidad	23
Tubo pvc de ¾" × 6 m	Unidad	22
Codo pvc de ¾"	Unidad	13
Codo pvc de 1"	Unidad	4
Tee pvc de 1"	Unidad	4
Limpiador de tubo pvc	Unidad	1
Tarro de pegante de pvc de ⅛	Unidad	1
Tubo de desagüe de 3" × 1 m	m	1
Plástico para invernadero calibre 8 × 7 m ancho	m	15
Malla antiáfidos × 3 m de ancho	m	30
Correa de amarre de 120 lb de presión × 550 mm de longitud × 7,8 mm de ancho	Bolsa × 100	10

Correa de amarre para cable de 4,8 mm × 19 cm	Bolsa × 100	10
Bisagras de 3" × 1,5"	Unidad	3
Brocas para metal de 5/32"	Unidad	5
Manguera para nivel de 3 mm	m	15
Nivel de mano pequeño	Unidad	2
Tornillos autoperforantes de cabeza grande de ½"	Unidad	100
Portacandado cromado redondo de 3"	Unidad	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

La cama central puede construirse con diferentes materiales, cuya escogencia depende de la facilidad de acceso al material y de los fondos con que se cuente. El CIAT, por ejemplo, ha construido túneles con guadua, esterilla, madera inmunizada, bloquelones de cemento, mesa metálica, lona para carros y madera plástica. Cada opción tiene ventajas y desventajas. Para la costa Caribe se optó por madera plástica, que aunque tiene una mayor duración, es más costosa, y además se debe tener en cuenta en el diseño que los soportes o bases de la mesa queden cerca para prevenir que las tablas de la mesa se flejen.

Tabla 3.3. Materiales requeridos para la instalación de las mesas

Material	Unidad	Cantidad
Madera plástica de 12 cm de ancho × 3 m de largo (3 cm de grosor)	Tabla	72
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 60 cm de longitud	Trozo	38
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 1,20 m de longitud	Trozo	32
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 1 m de longitud	Trozo	92

Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 0,80 m	Trozo	32
Arena gruesa de río	m³	2
Malla de geotextil	m	15
Broca para madera de ½"	Unidad	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

Para la construcción, se recomienda tener disponibles los siguientes equipos y sus accesorios, con el fin de realizar todas las labores de manera ágil (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del túnel de multiplicación

Material	Unidad	Cantidad
Taladro inalámbrico de ½"	Unidad	1
Pulidora para uso manual con su respectivo disco para corte de metal	Unidad	1
Cortafrío	Unidad	1
Remachadora	Unidad	1
Remaches de 5/32"	Unidad	60
Flexómetro por 10 m	Unidad	1
Bisturí	Unidad	1
Hojas para bisturí	Caja	1
Tijera cortadora de tubo pvc	Unidad	1
Machuelos por 3 unidades M4 × 0,7	Juego/set	1
Tornillo para madera de 2" <i>drywall</i>	Bolsa × 100	2
Tornillo para madera de 2½" <i>drywall</i>	Bolsa × 100	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

Para el sistema de riego dentro del túnel, a través del sistema de nebulización, se requieren los siguientes materiales (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del sistema de riego

Material	Unidad	Cantidad
Conectores de doble espigo roscado para microtubo de 4 mm	Unidad	33
Llave de paso de ½"	Unidad	6
Microtubo de 4 mm	m	33
<i>Fogger</i> (nebulizador) de cuatro salidas con lastre y válvula antidrenaje	Unidad	33
Tubos pvc con presión de 1"	Unidad	2
Tubos pvc con presión de ½"	Unidad	5
Buje reductor de 1" × ½"	Unidad	3
<i>Tee</i> pvc con presión de 1"	Unidad	3
Unión pvc con presión de ½"	Unidad	2
Unión pvc con presión de 1"	Unidad	2
Válvula de paso lisa de pvc con presión de ½"	Unidad	6
Codo pvc con presión de ½"	Unidad	4
Codo pvc con presión de 1"	Unidad	3
Válvula de paso lisa de pvc con presión de 1"	Unidad	2

Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de riego por nebulización dentro del túnel, es necesario tener un reservorio o tanque plástico que permita crear una reserva propia; sin embargo, la estimación de los materiales y accesorios requeridos para el reservorio depende de la fuente de agua (que puede ser de flujo constante o tipo reservorio, siempre que se garantice la calidad del agua para riego) y de la distancia entre esta y el módulo donde va a estar instalado el túnel. También se debe tener en cuenta la altura requerida para incrementar la presión, pues de estas condiciones dependen los costos y la elección de la zona de instalación. Así, la estimación de los materiales de captación, bombeo, conducción y distribución del agua para el sistema de riego debe ser realizada en una visita previa al lugar de instalación. La tabla 3.6 muestra, en general, los materiales y accesorios tanto hidráulicos como eléctricos requeridos.

Tabla 3.6. Materiales y accesorios requeridos para la captación, bombeo, conducción y distribución del agua

Material	Unidad	Cantidad
Tanque con capacidad volumétrica de 2.000 L	Unidad	1
Boya para tanque elevado	Unidad	1
Filtro de disco sencillo con rosca macho de 1" y 120 mesh	Unidad	1
Adaptador hembra de pvc con presión de 1"	Unidad	4
Adaptador macho de pvc con presión de 1"	Unidad	4
Unión universal de pvc con presión de 1"	Unidad	4
Silicona transparente	Tubo	1
Teflón industrial	Rollo	4
Alambre eléctrico de cobre n.º 10 de dos colores	m	Estimado
Breaker de 20 amperios	Unidad	2
Cinta aislante eléctrica	Rollo	1

Electrobomba de presión de 1 hp con salida y entrada de 1"	Unidad	1
Caja de <i>breaker</i>	Unidad	1
Tubo pvc de 1"	Unidad	Estimado
Codo pvc de 1"	Unidad	Estimado
Tubo y codo de color verde para instalación eléctrica	Unidad	Estimado

Fuente: Leonardo Andrés López Rebolledo y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Diseño de túnel en tubo galvanizado

Otro modelo es el túnel construido con tubería galvanizada #14. Con este tipo de tubería, la infraestructura gana solidez y resistencia a los embates del viento en esta zona del territorio colombiano.



Figura 3.2. Túnel de multiplicación en tubo galvanizado. a. Vista frontal; b. Vista posterior.

Fotos: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

La base del túnel galvanizado requiere de menos insumos (tabla 3.7).

Tabla 3.7. Materiales requeridos para la base de la estructura del túnel galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Arena para pegar el ladrillo	m³	2
Grava de ¾"	m³	0,5
Cemento	Bulto de 50 kg	0,5

Fuente: Elaboración propia

El túnel en tubo galvanizado requiere de insumos como arcos metálicos, guayas, varillas, etc. (tabla 3.8).

Tabla 3.8. Materiales requeridos para la instalación de la estructura semicircular en tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Arco metálico de tubo calibre 14 reforzado con varilla de ½"	Unidad	2
Arco metálico de 3,5 m de diámetro de tubo calibre 14	Unidad	2
Plástico calibre 8 × 6 m	m	15
Malla antitrips × 4 m	m	30
Guaya acerada de 1/8"	m	600
Policien de 4 mm	m	100
Perros para guaya de 1/8"	Unidad	50
Varilla de ½" corrugada × 6 m	Unidad	4
Tornillos de 3" × ½"	Unidad	18
Tubo base arco calibre 14 con varilla	Unidad	8
Puerta de tubo calibre 14 de 1" metálico	Unidad	1
Tubos metálicos de calibre 14 de 1"	m	12

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de las camas en el túnel de tubo galvanizado, se utilizan los siguientes materiales (tabla 3.9).

Tabla 3.9. Materiales requeridos para la instalación de las camas de brotación

Material	Unidad	Cantidad
Bandejas de germinación	Unidad	60
Cascarilla de arroz	Paca	2
Abrazaderas extralargas	Unidad	300
Abrazaderas largas blancas	Unidad	400
Tornillos golosos de 2"	Unidad	250
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 1 m	Unidad	38
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 0,6 m	Unidad	20
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 1,2 m	Unidad	16
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 0,8 m	Unidad	26
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 3 m	Unidad	50
Tabla de 0,10 m × 0,3 m × 3 m	Unidad	2
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 2 m	Unidad	12
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 1 m	Unidad	6

Fuente: Elaboración propia

El listado de accesorios requeridos para la construcción del túnel de tubo galvanizado es el siguiente (tabla 3.10).

Tabla 3.10. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del túnel de multiplicación de tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Taladro de ½"	Unidad	1
Pulidora con su respectivo disco para corte de metal	Unidad	1
Cortafrío	Unidad	1
Alicate	Unidad	1
Voltímetro	Unidad	1
Flexómetro × 10 m	Unidad	1
Bisturí	Unidad	1
Hojas para bisturí	Caja	1
Hojas para cegueta	Unidad	2
Marco para cegueta	Unidad	1
Juego de llaves	Juego/set	1
Juego de destornilladores	Unidad	1
Ahoyador de motor	Unidad	1
Malacate de 5 t	Unidad	1
Juego de llaves fijas	Juego	1
Tijera de modistería	Unidad	1
Llave de tubo	Unidad	2
Ahoyador manual	Unidad	1
Palín	Unidad	2
Brocas	Unidad	5
Palustre	Unidad	1
Nivel de mano	Unidad	2
Nivel de manguera	m	20

Fuente: Elaboración propia

El sistema de riego requiere la siguiente lista de insumos tanto para el sistema de nebulización como para la gestión previa del recurso hídrico (tabla 3.11).

Tabla 3.11. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del sistema de riego por microaspersión en el túnel de tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Manguera de 1"	m	50
Motobomba de 1 hp	Unidad	1
Manguera de ½"	m	50
Microtubo	m	15
Microaspersores de 6 mm	Unidad	40
Púa de 6 mm	Unidad	40
Tanque de 2.000 L	Unidad	1
Filtro de anillos de 1"	Unidad	1
Flotador de 1"	Unidad	1
Kit de entrada de tanque	Unidad	2
Adaptador hembra de 2"	Unidad	6
Válvula de paso	Unidad	10
Inserto de manguera de pvc de 1"	Unidad	12
Válvula de paso de ½"	Unidad	5
Tee de 1"	Unidad	8
Codo de 1" de pvc	Unidad	5
Tubo pvc de 1"	m	12
Tubo pvc de ½"	m	4
Universal de 1"	Unidad	4
Adaptadores macho de 1"	Unidad	6
Adaptadores macho de ½"	Unidad	5
Inserto de manguera de pvc de ½"	Unidad	8
Codo de ½"	Unidad	2

Material	Unidad	Cantidad
Cable eléctrico	m	200
Abrazadera metálica de 1"	Unidad	15
Abrazadera metálica de ½"	Unidad	10
Reducción de 1" a ½"	Unidad	10
Tapón roscado de ½"	Unidad	6
Tapón roscado de 1"	Unidad	4
Caja para dos <i>breakers</i>	Unidad	1
<i>Breakers</i> de 20 A	Unidad	2
Bomba de espalda	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para garantizar el funcionamiento del túnel, se requieren materiales para corte, desinfección y manipulación del material vegetal (tabla 3.12).

Tabla 3.12. Materiales requeridos para la operación y producción del material vegetal en el túnel de multiplicación

Material	Unidad	Cantidad
Bandejas de 50 alveolos	Unidad	100
Sustrato (mezcla de suelo arenoso, cascarilla de arroz y materia orgánica) solarizado, en proporción 3:1:2	m ³	5
Tijeras podadoras	Unidad	3

Fuente: Elaboración propia

Al final de este manual (anexo 1) se detallan unas cotizaciones de los materiales requeridos para instalación de los túneles.

Capítulo 4.

Opciones de modelos de túneles para la propagación rápida de yuca

Elvia Amparo Rosero Alpala, Leonardo Andrés López Rebolledo, Carlos Dorado Valencia, Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Modelo de túnel de propagación en PVC

Demarcación de los puntos de las mesas y la estructura del túnel de PVC

Una vez definido el sitio donde se va a ubicar el túnel, se procede a despejar, limpiar y nivelar el terreno para hacer el trazado y la cimentación del proyecto (figuras 4.1 y 4.2).

Una vez marcados los sitios, se hacen huecos de 20 cm de diámetro, con una profundidad de 50 cm (figura 4.3).

Instalación preliminar del túnel y las mesas

Terminada la demarcación del área, se procede con la fundición de zapatas en el concreto (arena, triturado y cemento) a 20 cm del fondo del hueco, para crear la zapata, y luego se inserta en el centro un tubo galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", de 150 cm de longitud, nivelando todos los lados del tubo y dejándolos a la misma altura. En general, se entierra 30 cm y se deja hacia el exterior 70 cm (figura 4.4).

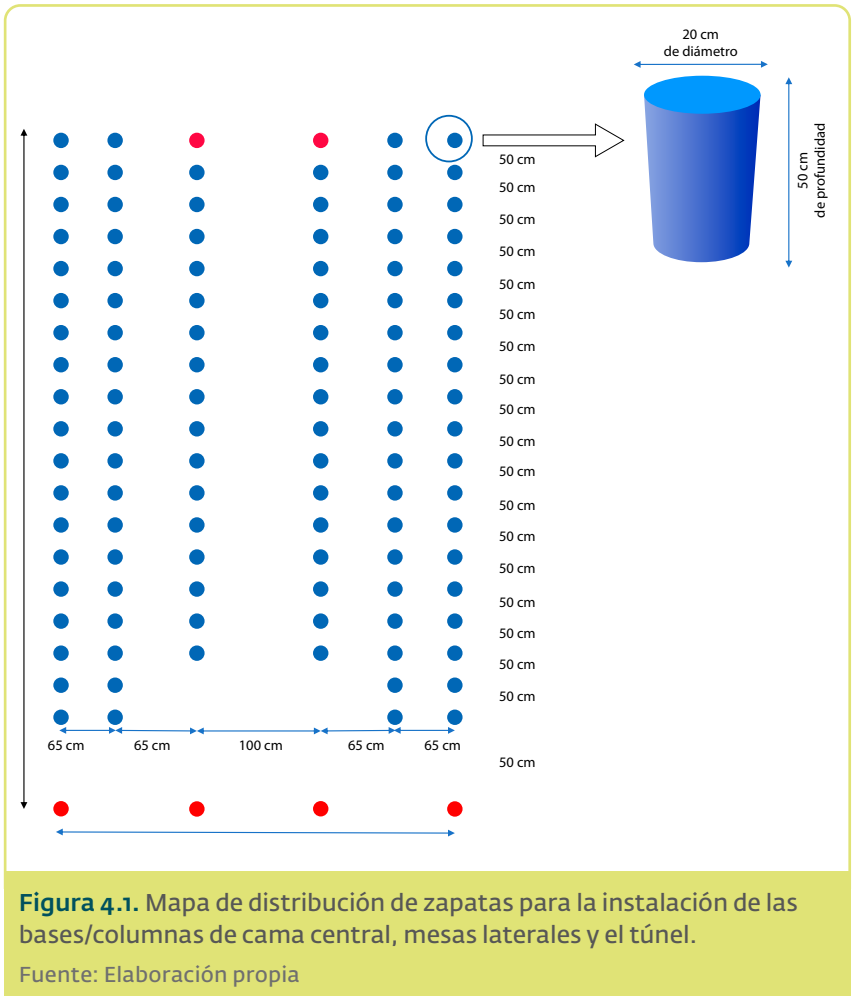




Figura 4.2. Ejemplo de distribución de puntos para las mesas. Trazado y distribución de cama central, mesas laterales y túnel.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo



Figura 4.3. Ahoyado para la instalación de zapatas para cama central, mesas laterales y la estructura del túnel.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo

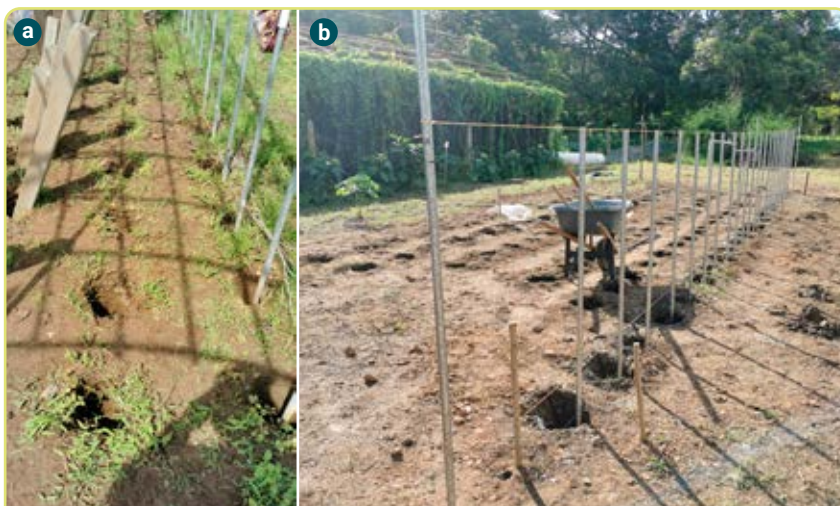


Figura 4.4. Instalación de la base del túnel de multiplicación rápida.
a. Vista lateral de la disposición de los huecos para la instalación de la mesa y el túnel; b. Vista general de la nivelación de bases.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo

Después del secado de la mezcla (mínimo 48 horas) de la zapata de concreto en el fondo de los huecos, se procede con la ubicación de cada trozo de madera plástica en su lugar correspondiente, se amarran con abrazaderas plásticas (12 psi, 550 mm longitud, 7,8 mm ancho). Se verifica el nivel, y al final, se coloca una madera transversal de 60 cm para unir los dos paralelos que soportarán la mesa. Una vez se ha solidificado la mezcla de concreto, se ubican las tablas sobre estas estructuras (0,12 m × 0,3 m × 3 m), de manera que se forme una mesa (figuras 4.5 y 4.6).

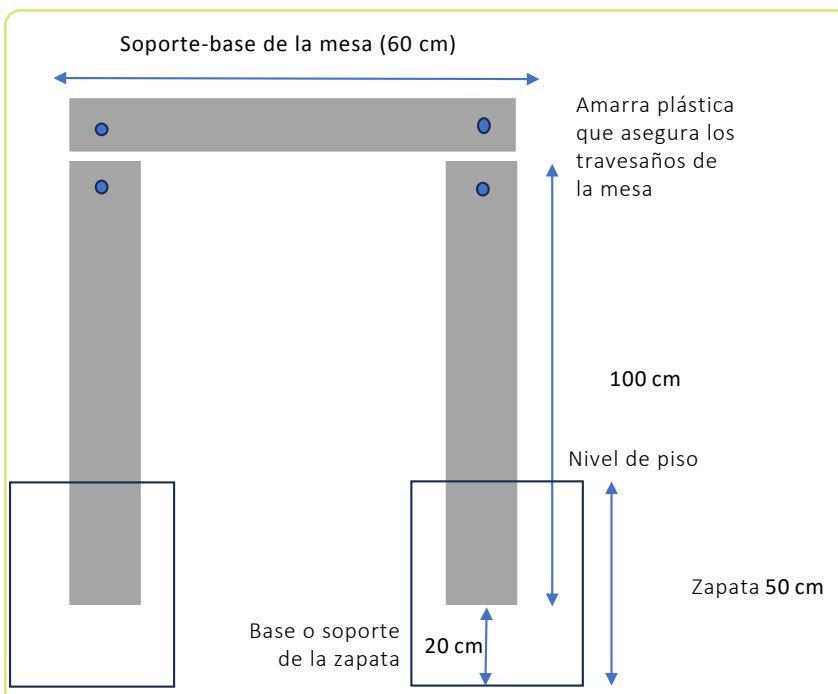


Figura 4.5. Esquema general de las mesas laterales.

Fuente: Elaborado por Leonardo López usando diseño de Carlos Dorado Valencia



Figura 4.6. Instalación de las camas laterales. a. Instalación de los soportes; b. Amarre; c. Visión general de la mesa lateral instalada.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebollo

La cama central se arma de igual forma, pero está conformada por cinco trozos de madera, formando una H ($1,2 \times 1,0 \times 0,8$ cm); posteriormente, se amarran con las abrazaderas plásticas de resistencia de 550 mm de longitud $\times$ 7,8 mm de ancho (figuras 4.7 y 4.8).

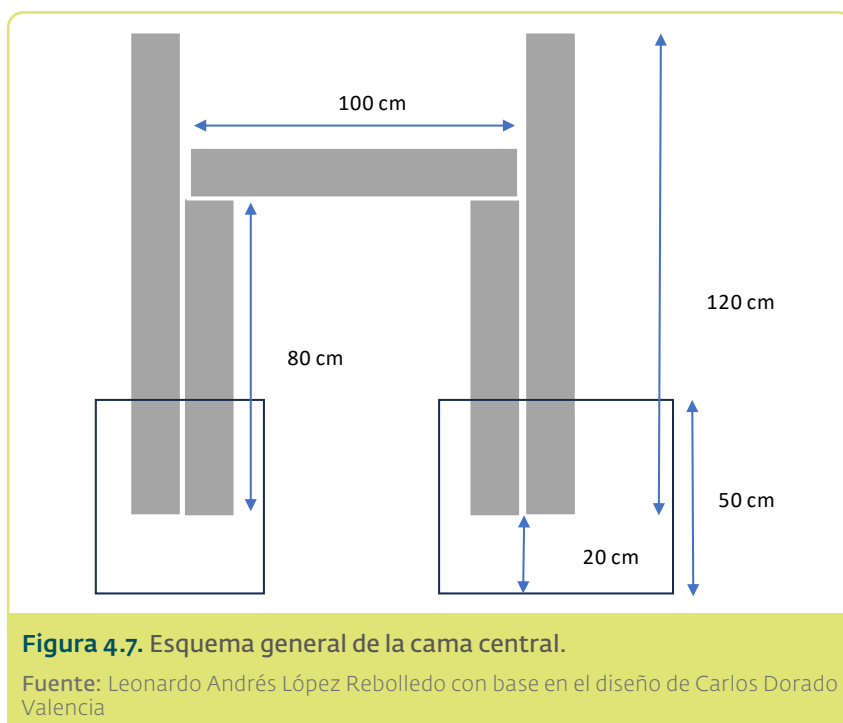




Figura 4.8. Instalación de los soportes de la cama central. a. Ubicación de la madera plástica para la instalación de la cama central; b. Amarre y aseguramiento de la madera plástica de la cama central con amarres laterales; c. Estado final de la cama central con amarres laterales y verticales.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Una vez terminadas las bases, se procede a colocar las tablas en la parte superior, fijándolas con tornillos de 2", para conformar una caja, en la cual se deposita grava, tela asfáltica y luego arena lavada como sustrato de siembra de las miniestacas (figura 4.9).



Figura 4.9. Instalación de las tablas para sostener el sustrato. a. Instalación de madera para la superficie y los laterales de la cama central; b. Instalación de tabla lateral frontal para el cerramiento de la cama central.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Construcción de la estructura del túnel de PVC

Para la construcción de la estructura del túnel, se procede a conectar tubo a tubo de PVC 1" con los 70 cm de tubo galvanizado de cada zapata. En cada punto sale un arco y se repiten a lo largo del túnel. Posteriormente, con ayuda de tubos de PVC $\frac{3}{4}$ " se conectan los arcos en los laterales y se ajustan fuertemente con amarras plásticas para fijar los arcos. Al final, queda un entramado de arcos anclado a los tubos metálicos y los laterales sujetados que dan firmeza al conjunto.



Figura 4.10. Instalación de la estructura del túnel de multiplicación con tubos pvc. a. Arcos con tubos PVC de 1" anclados a los tubos galvanizados de cada zapata; b. Estructura con tubería PVC $\frac{4}{3}$ " laterales, para amarrar los arcos. Esto da firmeza a toda la estructura.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Como cobertura del túnel se ha usado plástico para invernadero hasta 1 m antes de la superficie del suelo; este plástico cuenta con un aditivo para la intemperie y con filtro uv calibre 8. El plástico debe extenderse muy bien, con el fin de evitar posibles arrugas o pliegues que pueden ocasionar embolsado de agua lluvia y daños por colapso o caída de la estructura. La malla antiáfidos de 1,5 m de alto debe ser instalada en las partes baja, frontal y posterior del túnel, para garantizar ventilación y evitar que la temperatura ascienda a niveles que pueden afectar el crecimiento de las plantas. Para anclar dicha malla al suelo y que esta quede tensionada, se depositan en los bordes piedras chinas, piedra caliza o cualquier material de la zona (figura 4.11).



Figura 4.11. Instalación del plástico y la malla antiáfidos.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

La puerta para el acceso al túnel está ubicada en la cara frontal y cuenta con dimensiones de 1×2 m. Asimismo, como medida de control sanitario, se recomienda dejar 1,5 m de pediluvio para desinfección del calzado y las herramientas antes de ingresar al túnel (figura 4.12).



Figura 4.12. Puerta frontal y área de aislamiento previa.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo

Al terminar la instalación de todos los componentes del túnel, se cubre el suelo con una capa de piedras para evitar el crecimiento de malezas y facilitar que se mantenga el área limpia y sin encharcamientos y barro por efecto de los riegos.

Requerimientos hídricos del sistema y frecuencia de riego

De acuerdo con las mediciones de los sensores ubicados dentro y fuera de la estructura instalada en el predio de la costa Caribe, las temperaturas máxima y mínima dentro del túnel fueron de 45°C y 23°C, respectivamente; la temperatura promedio dentro del túnel está 7°C por encima que la temperatura ambiental (figura 4.13).

En cuanto a la humedad relativa, a medida que la temperatura aumenta, aquella baja, con valores máximo y mínimo dentro del túnel del 65% y el 28%, respectivamente.

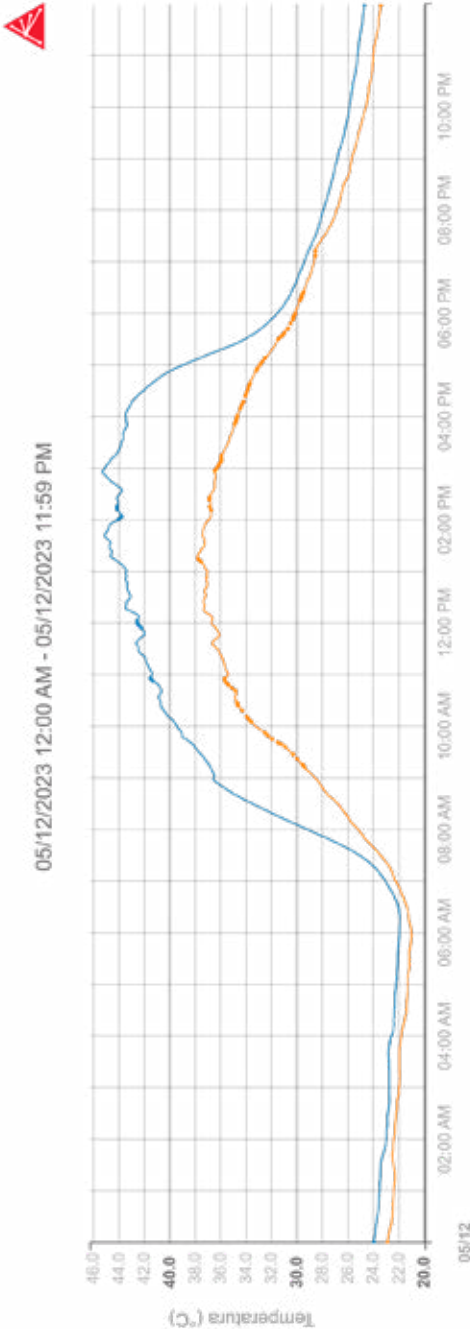


Figura 4.13. Datos observados (rango 05-12-2023 entre 12:00 a.m. a 11:50 p.m.) de temperatura dentro y fuera del túnel de propagación PVC. La línea roja muestra la temperatura exterior obtenida con sensor instalado en la parte frontal del túnel, mientras que la línea azul muestra la temperatura en el interior del túnel.

Fuente: Elaboración propia

Con el sistema de riego por nebulización se busca suministrar, en el interior del túnel, el agua que requieren las plantas, además de controlar la temperatura y la humedad relativa, de tal manera que se favorezca el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para el tamaño de los túneles diseñados en la costa Caribe se requiere un sistema de riego por nebulizadores de 4 salidas con válvula antidrenaje sobre el lateral del riego. La bomba de riego implementada en este proyecto, de 1 hp, tiene una presión de trabajo de entre 30-40 psi y un caudal de 10-100 L agua/min. El sistema requiere tubería a presión, cuyo lateral, donde se conectan los nebulizadores, puede ser de 1/2" y la de distribución de 1,5". Se debe instalar un filtro de disco o de malla después de la bomba para evitar que residuos o partículas en el agua lleguen a los nebulizadores y los obstruyan. Al final de la tubería lateral se debe ubicar una válvula de paso para facilitar el lavado y mantenimiento de la tubería.

La prioridad en el mantenimiento del sistema de riego es evitar que se obstruyan los nebulizadores, por lo que el mantenimiento del filtro es fundamental; este debe hacerse con un lavado cada dos o tres días, dependiendo de la calidad física del agua, especialmente, cuando el contenido de sales ricas en sodio (Na^+) se encuentran en un rango de 30-40 cmol/L. Para hacerle mantenimiento a la tubería, se debe lavar frecuentemente para evitar el crecimiento de algas y la acumulación de residuos sólidos que puede transportar el agua. Para ello, se debe abrir las válvulas ubicadas al final de la tubería lateral, con la bomba funcionando, para que el chorro de agua arrastre las impurezas al exterior y no se acumulen.

Resulta importante resaltar que no todo lo que esté interfiriendo o presente en la tubería puede arrastrarse con este lavado, algunas veces se dan depósitos que taponan los nebulizadores y obstruyen el paso del agua durante el riego; si llegase a ocurrir esto deben quitarse los nebulizadores de la línea de riego, cambiarlos por unos nuevos y llevar los nebulizadores taponados a lavado con cepillo y agua a presión.

Considerando que las temperaturas en el interior del túnel son mayores que afuera de este, que la humedad relativa dentro del túnel es baja debido a la alta temperatura interna y que el sustrato de la cama de enraizamiento es arena, en el Caribe se hace necesario regar según la etapa fenológica de las plantas, con lo que adicionalmente se logra disminuir la temperatura y aumentar la humedad relativa.

Modelo del túnel en tubo galvanizado

Demarcación de los puntos para la construcción del túnel en tubo galvanizado

El trazado, estaquillado e instalación de las mesas pueden ser realizados como en el caso del túnel en PVC, antes de la instalación de arcos y cobertura, para evitar que la temperatura afecte el trabajo del operario durante la instalación dentro del túnel. Para la instalación del túnel, se traza el área donde se va a establecer (figura 4.14); se recomienda que esta sea plana o que la pendiente no supere el 3 %. El alistamiento previo y nivelación es como se describió en el aparte anterior. Así mismo, se abren los orificios para las zapatas laterales y tensores según la distribución que se muestra en la figura 4.15.

Los arcos, sus bases y la puerta de entrada pueden ser comprados directamente en una dobladora, donde se deben indicar sus dimensiones; para el caso de la puerta, también se mandan a realizar las respectivas perforaciones donde deben ir los tornillos y las guayas (figura 4.16).

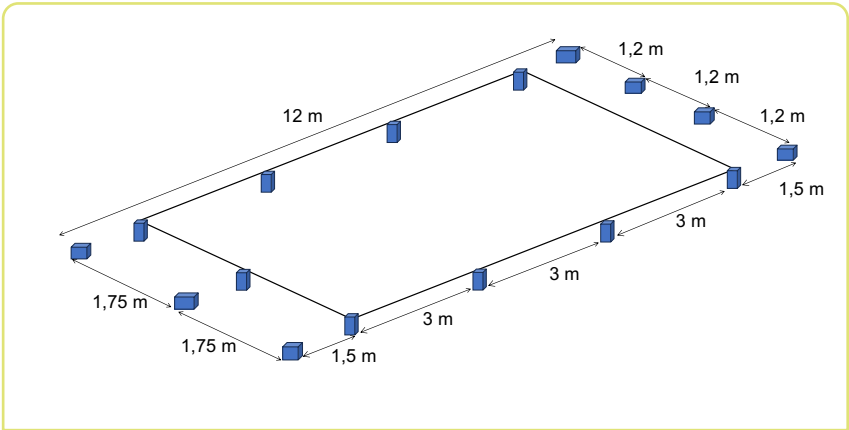


Figura 4.14. Plano y distribución de las bases en el terreno.

Fuente: Elaboración propia

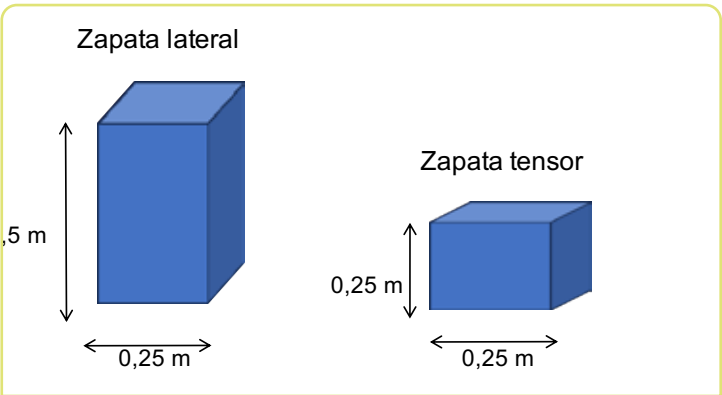


Figura 4.15. Medidas de las zapatas lateral y tensor.

Fuente: Elaboración propia

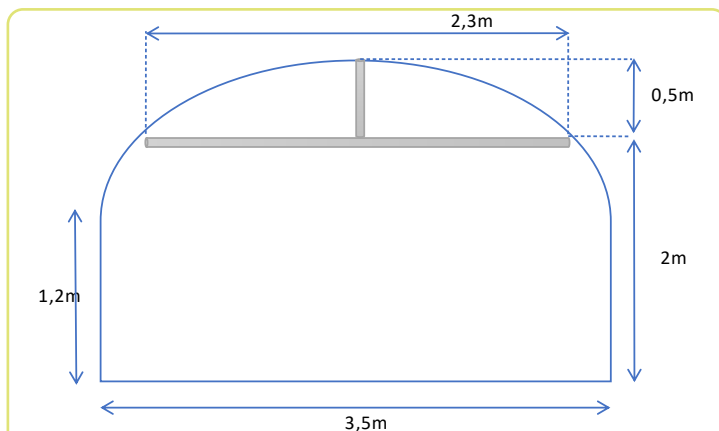


Figura 4.16. Vista frontal de estructura del túnel.

Fuente: Luis Giovanni Montejo

Se procede a marcar con estacas donde va a quedar cada arco (cada 3 m), se realizan los respectivos hoyos para las bases de los arcos y se procede a fundir dejando a nivel cada poste del mismo arco y una leve inclinación hacia donde la pendiente del terreno lo indique (figura 4.17). También se funde un área en la entrada para la desinfección del calzado.

En los dos lados del túnel se procede a cavar los hoyos para colocar los tensores que soportarán las guayas, según la figura 4.17. Los ganchos tensores se hacen con varilla corrugada de $\frac{1}{2}$ " y se funden (figura 4.18).

Las bases metálicas son fundidas según la distribución en el plano, y deben ser alineadas y niveladas (figura 4.19).

Pasados tres días, el concreto de las bases debe estar duro, se procede a instalar los arcos previamente construidos en una dobladora, que se sujetan con los tornillos de $3" \times \frac{1}{2}"$. En cada arco, con un taladro se perforan huecos para pasar las guayas y dar soporte a la estructura. Para ello, se sujetan lado a lado con un sistema de tensores. Luego de tener la guaya entrelazada en la estructura se procede con el tensado. En el momento del tensado hay que tener en cuenta

que la guaya tenga la suficiente tensión pero que no alcance a realizar cambios en la estructura original, estas guayas van de tres tipos: la de soporte a la estructura; las de soporte a plástico, malla o polisombra; y las guayas de tensión, que son las que van en las estructuras laterales y ejercen su máxima tensión hacia el suelo y llegan al sistema de anclaje (figura 4.20).

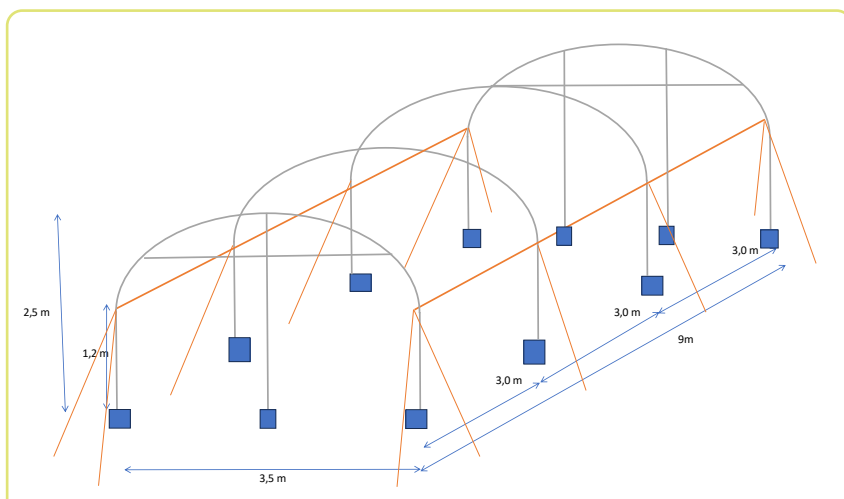


Figura 4.17. Plano y dimensiones del túnel.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.18. Tensor para la estructura del túnel en tubo galvanizado.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejó Núñez



Figura 4.19. Bases, tensores y área de desinfección fundidos.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.20. Instalación de arcos y tendido de guayas.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Instalación de la cobertura del túnel

Como primera medida, se debe instalar la malla antiáfidos (figura 4.21). Luego, se instala el plástico calibre 8 de 6 × 12 m, que es un plástico con alta resistencia a los agroquímicos, tiene filtro UV y permite el control de la humedad, pues evita la entrada de la lluvia (figura 4.22). Se recomienda considerar las condiciones de termicidad, transmisión y difusión de luz expuesta por los proveedores, ya que permite conservar la temperatura en el interior del túnel por mucho más tiempo y, de esta manera, incrementa la luz difusa, lo que favorece el desarrollo y la producción de cultivos. Finalmente, se debe revisar muy bien la unión del plástico con la malla antitrips (figura 4.23).



Figura 4.21. Instalación de la malla antitrips.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.22. Instalación del plástico.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.23. Retoques en la unión de la malla con el plástico.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Instalación del sistema de riego

En cuanto a la instalación del sistema de riego, ya que este cuenta con una electrobomba de 1 hp, se debe realizar una red eléctrica para alimentarla, con sus respectivas conexiones y, por seguridad del sistema, con una caja de dos *breakers* de 20 A cada uno.

Asimismo, se procede a instalar un tanque plástico de 2.000 L y su fuente de alimentación de agua, junto con los accesorios de entrada y salida, el flotador, entre otros elementos requeridos; luego, se realiza la instalación del motor junto a un filtro de anillos, teniendo en cuenta la facilidad para retirar el motor.

Posteriormente, se instala el sistema de microaspersión, que constará de tres líneas (una encima de cada cama), teniendo la precaución de realizar conexiones individuales por cada línea y de contar con un sistema para su respectivo lavado (figura 4.24).

Se recomienda la instalación previa de las mesas, como se indicó para la opción en tubos pvc.



Figura 4.24. Instalación de tres líneas de microaspersión y del tapón de lavado. a. Detalle de las tres líneas; b. Distribución general; c. Tapón de lavado.

Fotos: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Capítulo 5.

Procedimiento para la producción y manejo de esquejes en túneles de propagación

Amaury Aroldo Espitia Montes, Sol Mara Regino Hernández, Jazmín Vanessa Pérez Pazos, Deimer Alberto Fuentes Cassiani, Jorge Luis García Herazo, Hernando Alberto Araujo Vásquez, Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Elvia Amparo Rosero Alpala

Selección y tratamiento de miniestacas

Las varas seleccionadas que cumplen con los parámetros de calidad certificada según la normativa del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) previamente descrita deben ser cortadas con sierra circular o segueta, realizando un corte transversal para producir miniestacas de tres yemas (figura 5.1a). Se recomienda el uso de miniestacas de 2-3 yemas, ya que de esta forma, bajo condiciones del Caribe colombiano, se asegura una mayor probabilidad de obtención de brotes viables. El corte debe realizarse dejando al menos 1 cm con respecto a la yema mas cercana, para evitar daño mecánico; posterior a esto, se procede a la desinfección con inmersión de las miniestacas en una solución de fungicidas e insecticida por diez minutos y su posterior secado a la sombra (figura 5.1b).

Debido a la necesidad de manipular agroquímicos en el proceso, es obligatorio el uso de elementos de protección personal (EPP).

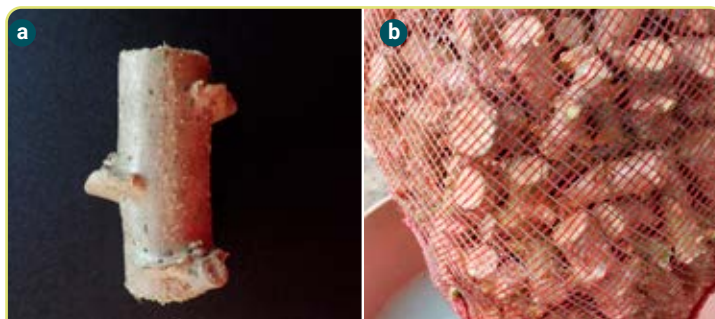


Figura 5.1. Corte y desinfección de miniestacas. a. Detalle de miniestaca; b. Uso de saco de fibra para la desinfección.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Siembra de las miniestacas en cama central del túnel

Las miniestacas deben ser establecidas en la cama central, cuyo sustrato es arena de río media a gruesa, lavada y desinfectada (figura 5.2a). Las miniestacas se deben sembrar en la cama central del túnel de manera horizontal, a una distancia de 1 cm, en surcos separados por 8 cm, a una profundidad de 3 cm; en cuanto a la dirección de siembra, se tuvo en cuenta el ancho de la cama, para facilitar el manejo (figura 5.2b). En condiciones del Caribe colombiano, los riegos por nebulización se realizan cada tres horas, con una duración de cinco minutos, teniendo en cuenta que esta lámina se aplica cuando las plantas están en su etapa inicial de crecimiento (capacidad de descarga por nebulizador: aprox. 2 L/5 min), pero, a medida que van creciendo y produciendo mayor follaje, se incrementa el tiempo de riego de ocho a diez minutos, cada tres horas, para garantizar una humedad entre el 9 a 11 %, para evitar el estrés hídrico causado por déficit de agua. El riego por nebulización en los túneles de multiplicación disminuye la temperatura y garantiza la humedad suficiente para la brotación de las yemas y desarrollo de los esquejes. Diariamente, cuando se active el sistema

de riego, se debe supervisar el estado de los nebulizadores, para reemplazar aquellos que se taponen (figura 5.2c).

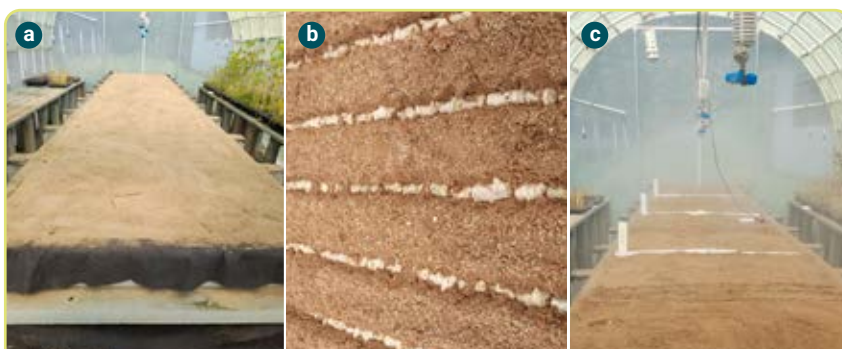


Figura 5.2. Establecimiento de las miniestacas. a. Cama central del túnel de multiplicación; b. Siembra de las miniestacas en la cama central; c. Riego por nebulización.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Deimer Alberto Fuentes Cassiani

Para todas las labores a realizarse dentro del túnel, se recomienda programar las actividades preferiblemente en horas de la mañana (6 - 10 a. m.), y siempre informar sobre el ingreso o estar acompañado por otra persona, ya que en días muy calurosos (superior a 35 °C), el personal puede sufrir un colapso por deshidratación y calor extremo.

Manejo y seguimiento de los brotes generados por las miniestacas

Una vez que las miniestacas hayan brotado, se recomienda realizar un monitoreo visual cada ocho días, para determinar el porcentaje de brotación y monitorear el estado fitosanitario del material vegetal (figura 5.3a). En caso de evidenciar hongos o bacterias, se debe aplicar fungicida o bactericida vigente, usando las dosis y periodo de carencia recomendados por asistentes técnicos (es necesario el uso

de EPP). En un periodo de 15 - 20 días después de la siembra, los brotes ya han emergido del suelo y presentan las primeras hojas desarrolladas (figura 5.3b). La cama central estará completamente poblada cuando la brotación de las miniestacas superior al 90 % (figura 5.3c).

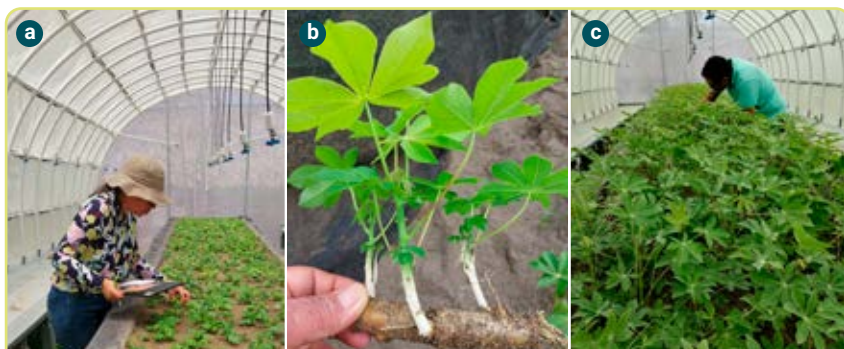


Figura 5.3. Inspección de la brotación de las estacas sembradas en la cama central. a y b. Detalle de la brotación de todas las yemas en la miniestaca; c. Cama central sembrada con Corpoica Belloti, mostrado alto porcentaje de brotación.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Corte de los brotes para multiplicación

El momento para realizar el primer corte está definido por la variedad establecida, y se da cuando se cuenta con una buena cobertura del material vegetal en las camas de multiplicación, aproximadamente a partir de los 30 días después de la siembra (figura 5.4a). El criterio establecido para realizar el corte es cuando el brote presente como mínimo cinco nudos (figura 5.4b), ya que las miniestacas deben quedar con dos nudos en su base (figura 5.4c) y el material cortado para multiplicación debe tener como mínimo tres nudos (figura 5.4d). De las estacas seleccionadas se cortan los esquejes, y posteriormente se hace el corte de las hojas y se sumergen en agua hasta el momento de la siembra, para evitar la deshidratación del material (figura 5.4e).



Figura 5.4. Corte de esquejes de yuca en túneles de multiplicación. a. Cobertura del material vegetal antes del corte; b. Miniestacas con esquejes de cinco nudos; c. Corte de esquejes con tres nudos; d. Miniestaca con dos nudos en su base; e. Esquejes sumergidos en agua; f. Cama central después del corte de esquejes.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández, Jorge Luis García Herazo y Jazmín Vanessa Pérez Pazos

Después de realizar el corte, el material vegetal remanente se somete a una severa reducción de área foliar (figura 5.4 f). En condiciones del Caribe colombiano, se observa una respuesta desfavorable a dichas condiciones de estrés, por lo cual, cuando se comience a observar la nueva brotación (aproximadamente quince días después del corte), se procede a realizar una fertilización con un producto nitrogenado,

para favorecer el nuevo desarrollo de los esquejes. La necesidad de fertilización responde a las condiciones del sustrato, que al tener textura arenosa, presenta bajas reservas de nutrientes. Sin embargo, el sustrato presenta adecuado drenaje, que evita la proliferación de enfermedades por exceso de humedad. A partir de la semilla establecida en las camas centrales, se pueden realizar al menos cinco cortes para la obtención de esquejes.

Siembra de los esquejes en bandejas

Se debe contar con bandejas de cincuenta alveolos, las cuales se llenan con un sustrato que garantice retención de humedad, buena aireación y baja compactación, de manera que se promueva el enraizamiento (figura 5.5a) y el posterior crecimiento de las nuevas plantas. Las observaciones preliminares indican que un sustrato compuesto por suelo (65-85%), lombriabono (5-30%) y arena (10%) promueve un mejor desarrollo de los esquejes. Una vez llenas las bandejas, se ubican en las camas laterales del túnel de multiplicación (figura 5.5b) y se procede a desinfectar el sustrato con productos de acción bactericida y fungicida vigentes, usando las dosis y periodo de carencia recomendados por asistentes técnicos; es necesario el uso de EPP. Posterior a esto, se realiza la siembra de los esquejes obtenidos del primer corte (figura 5.5 c y d).



Figura 5.5. Siembra de esquejes en bandejas. a. Llenado de las bandejas con el sustrato; b. Bandejas llenas y ubicadas en las camas laterales; c y d. Siembra de los esquejes en las bandejas.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Jazmín Vanessa Pérez Pazos

Seguimiento y disposición final de los esquejes obtenidos en túneles de multiplicación

Es necesario hacer un seguimiento a los esquejes cada ocho días para determinar el porcentaje de prendimiento, contabilizar y ajustar las posibles causas de la mortalidad para el siguiente corte. Aunque el túnel esté sellado con malla antiáfidos, puede haber presencia de insectos que hayan ingresado al interior de la estructura por algún orificio o por la puerta de entrada, de ahí la necesidad de realizar inspecciones. En caso

de evidenciar la presencia de insectos, se procede a aplicar algún producto con acción insecticida vigente y en las dosis recomendadas; de igual manera, si se observa presencia de hongos, se debe ajustar el riego y proceder a aplicar un fungicida vigente, en dosis y periodo de carencia recomendados por asistentes técnicos (es necesario el uso de EPP).

El material vegetal sembrado permanece en las camas laterales del túnel por 12-15 días (figura 5.6a), periodo después del cual las bandejas se reubican en un área bajo polisombra, donde se realiza el riego según las condiciones climáticas y la humedad de los sustratos (figura 5.6b). Después de dos a tres semanas, bajo polisombra (65 %), el material está apto para la siembra en condiciones de campo (figura 5.6c). En condiciones del Caribe, se recomienda aclimatar las plantas antes de transferencia final a campo, realizar una fertilización y mantener bajo sombrío parcial para acondicionar al traspaso a campo.



Figura 5.6. Esquejes producidos en túneles de multiplicación. a. Bandejas con esquejes en el túnel de multiplicación; b. Aclimatación final de las bandejas bajo polisombra; c. Esqueje listo para siembra en campo.

Fotos: Jazmín Vanessa Pérez Pazos y Deimer Alberto Fuentes Cassiani

Capítulo 6.

Fase de incremento de semilla de yuca en campo

Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Condiciones del lote

El cultivo de la yuca requiere de un manejo adecuado de la labranza, de acuerdo con las condiciones del terreno y los requerimientos del cultivo. Este procedimiento debe dejar el suelo en adecuadas condiciones físicas: debe ser suelto, profundo y bien drenado, para garantizar un adecuado prendimiento y desarrollo de las raíces, así como para facilitar la labor de cosecha. Por esta razón, la preparación debe garantizar al menos unos 20 cm de profundidad en un suelo suelto y libre de terrones.

Los suelos con una mala preparación pueden estar relacionados con baja aireación, mal drenaje e impedimentos físicos que dificultan el crecimiento de las plantas, promueven la presencia de enfermedades y, en general, entorpecen su manejo. Suelos compactados requieren de la mecanización con cincel.

Establecimiento de las plántulas en campo

Las plántulas producidas en túnel de multiplicación se encuentran creciendo en bandejas, en condiciones controladas, por lo cual, antes de su transferencia a campo, se deben aclimatar en condiciones temporales de sombra que poco a

poco se deben ir eliminando para que las plántulas queden, finalmente, expuestas a las condiciones ambientales. Esta sombra puede ser dada por la cobertura de un árbol o por una polisombra en la zona de vivero.

Una vez las plántulas están aclimatadas, son establecidas en campo usando una estaca que permite dejar en el suelo una abertura del tamaño de la raíz más el sustrato de cada alveolo de la bandeja (figura 6.1). El día de la siembra, se espera que las condiciones del suelo ofrezcan una suficiente humedad para que la planta continúe su crecimiento. De acuerdo con la Resolución 3168 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la siembra en lotes de producción de semilla se debe realizar a una distancia de 1×1 m entre plantas y surcos, para obtener una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha.



Figura 6.1. Establecimiento de las plántulas en campo. a. Plántula enraizada; b. Siembra de plántula en campo.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández

Fertilización

En cuanto a la aplicación de los fertilizantes, según los requerimientos del cultivo, se recomienda aplicar una mezcla de urea (150 kg/ha), fosfato diamónico (DAP: 80 kg/ha), cloruro de potasio (KCl: 83,5 kg/ha) y un abono orgánico que contenga un 2 % de N (500 kg/ha). Para el cultivo de la yuca, se recomienda fraccionar la fertilización en tres momentos: 1) el 100 % del DAP antes de la siembra, preferiblemente en la preparación del suelo, durante el último pase de rastrillo; 2) el 40 % de la mezcla de KCl y urea 60 días después de la siembra (DDB), y 3) el otro 60 % al mes de la primera aplicación. Sin embargo, dependiendo del desarrollo de la planta, se puede realizar una aplicación con fuentes nitrogenadas y de potasio antes de los 120 días después de la siembra (DDS), pues antes de ese tiempo todavía se está iniciando el proceso de formación de raíces reservantes.

Manejo de malezas

La competencia generada por las arvenses o plantas no deseadas durante los primeros meses del cultivo de yuca representa un problema de importancia y es un factor determinante para el adecuado establecimiento y desarrollo de la planta, y, finalmente, sobre el rendimiento. El periodo crítico de este cultivo se da durante los primeros noventa días, ya que su lento crecimiento no le permite competir adecuadamente contra las malezas.

Entre los métodos de control se destacan 1) el control cultural, que se fundamenta en la selección adecuada del cultivar y en el uso de semilla de buena calidad, para evitar una baja brotación por unidad de área; 2) el control manual, basado en el deshierbe hasta el cierre de las calles; 3) el control mecánico, en el que se utilizan herramientas como guadañas, y 4) el control químico, que involucra el uso de herbicidas preemergentes y posembrantes. La combinación de estos

métodos y el oportuno momento de control de malezas aseguran una producción de plantas vigorosas y, por lo tanto, con adecuada producción de raíces.

El cultivo de yuca es afectado por diversas plagas y enfermedades, por lo cual un constante monitoreo es la principal recomendación de manejo. Factores ambientales relacionados con las condiciones climáticas y edáficas de cada región, así como con periodos climáticos influenciados por eventos oscilatorios como el Niño y la Niña, generan condiciones propicias para la abundancia de plagas y enfermedades, las cuales llegan a generar perjuicios económicos sobre el cultivo.

Las condiciones de alta humedad relativa y altas temperaturas pueden influir sobre el desarrollo de enfermedades causadas por hongos, como la mancha parda en hojas (*Cercospora henningsii* [Allescher] y *Mycosphaerella manihotis*), el añublo pardo fungoso o mancha café grande (*Cercospora vicosae*), la mancha blanca de la hoja (*Cercospora caribaea*) y la mancha necrótica de la yuca (*Periconia shyamala*). En general, el control cultural se basa en prácticas (como el manejo de riego) que permitan disminuir la humedad relativa del cultivo; en casos severos, se puede usar el control químico, con el uso de fungicidas sistémicos (Espitia et al., 2022).

El desarrollo de enfermedades por bacterias se presenta generalmente por la alta humedad del suelo, especialmente en suelos con mal drenaje o en condiciones ambientales de alta pluviosidad. Hasta el momento, se ha registrado una enfermedad bacteriana en yuca: el añublo bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*). Entre las prácticas culturales para el manejo del añublo bacteriano, están la rotación del cultivo, los cultivos intercalados, la eliminación de restos de cultivos de yuca anteriores, el manejo de malezas, la siembra retrasada (al final de la temporada de lluvias) y el uso de material de siembra de calidad.

Los virus provocan enfermedades sistémicas que pueden mostrar síntomas relacionados con mosaicos en las hojas, aclaramiento de las venas, moteados, manchas anulares, distorsiones en las hojas y falta de desarrollo y deformación de varios órganos de la planta. Entre las enfermedades causadas por virus reportadas en Colombia, están el mosaico común de la yuca (CsCMD) y la enfermedad del cuero de sapo (ECS) (Álvarez & Llano, 2002). El manejo integrado para este tipo de enfermedades es de tipo preventivo, ya que una vez los lotes de producción han resultado contaminados, la enfermedad se distribuirá por el material de siembra. Además, realizar selección positiva en el momento de la cosecha — con el fin de evitar coleccionar semilla de plantas enfermas— y desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio al 10 % son medidas obligatorias en regiones donde haya prevalencia de la enfermedad. La producción de material de siembra de calidad, basado en procesos de termoterapia y cultivo *in vitro* de meristemos, garantiza la limpieza sanitaria del material de siembra producido. Finalmente, los genotipos resistentes a la enfermedad en evaluaciones de campo han mostrado una alta tolerancia a la enfermedad; algunos de estos son MPER 183, para zonas altas del departamento del Cauca (800-1.000 m.s. n. m.); HMC-1 y CM 4574-7, para la zona baja del Cauca, y SM 3106-5 y CM 9962-51, para la zona yuquera de la costa Caribe (Álvarez et al., 2015).

Entre las plagas más relevantes que se han encontrado afectando cultivos de yuca, están aquellas que se encuentran en los suelos, como la chiza blanca, mojoyo o mojoyro (*Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* sp. y *Anomala* sp.), y las termitas o comejenes (*Heterotermes tenuis* y *Coptotermes niger*). De las plagas que afectan el tejido foliar, se destacan el gusano cachón, cornudo de la yuca, vaquita o gusano cachudo (*Erinnyis ello* L.), las moscas blancas (*Aleurotrachelus* spp. y *Trialetrodes* spp.), los trips o raspadores de la yuca (*Frankliniella williamsi* Hood, *Scirtothrips manihoti*, *Corynothrips stenopterus* y *Caliothrips masculinus*), los ácaros, arañitas, ácaro rojo o ácaro verde (*Mononychellus* sp., *Tetranychus* sp. y *Oligonychus* sp.) y los piojos harinosos (*Phenacoccus herreni* y *Phenacoccus*

manihoti). Los perforadores del tallo pueden tener afectaciones graves al dañar la planta y la semilla del próximo ciclo de cultivo; entre estos, se destaca el barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*). En términos generales, el manejo de estas plagas se basa en el manejo cultural, como una buena preparación mecánica, la rotación de cultivos y el uso de enemigos naturales. Cuando las poblaciones de plagas son abundantes, se debe considerar la aplicación de productos químicos. En general, el control químico para plagas y enfermedades debe ser dirigido por un asistente técnico o extensionista rural, ya que el monitoreo para identificar el agente causal y estimar la conveniencia del control requiere de un conocimiento previo. Todo uso de agroquímicos debe ser racionalizado, con el fin de causar un bajo impacto ambiental.

Preparación de semilla para el nuevo lote

Las estacas para un nuevo lote de producción deben provenir de tallos (varas) de plantas sanas y fisiológicamente maduras (9-12 meses). Si bien el lote por cosechar proviene de material de siembra de alta calidad y ha sido cultivado siguiendo las recomendaciones previamente descritas, para evitar la dispersión de enfermedades que se hayan podido presentar en dicho ciclo de cultivo, se recomienda extraer las plantas madre completas, con el fin de revisar las raíces y determinar síntomas de ECS.

La calidad de la semilla producida bajo el esquema de multiplicación de semilla de calidad determina en gran parte un siguiente ciclo de cultivo con excelente vigor y buen desempeño agronómico de las plantas. Este lote se deberá sembrar una vez se tengan las condiciones para el establecimiento del nuevo lote. De esta forma, la semilla no estará almacenada por largo tiempo, lo que garantiza su vigor y calidad. Como se mencionó anteriormente, se recomienda revisar toda la planta, arrancándola para supervisar el estado sanitario de las raíces antes del corte de las varas, con

el fin de evitar la dispersión de enfermedades y plagas que afectan hojas y tallos, y especialmente de enfermedades que producen sintomatología en las raíces.

Una vez se ha confirmado que las raíces, el tallo y el área foliar se encuentran en buen estado, se procede a obtener las varas que serán almacenadas o usadas como fuente de semilla para el siguiente ciclo de cultivo. La semilla de yuca no se debe almacenar por periodos superiores a 30 días, y se debe evitar la exposición directa al sol. Cuando se considera almacenar la semilla, los tallos se deben cortar lo más largo posible, para así evitar al máximo la deshidratación, pero con un tamaño apropiado para su almacenamiento en posición vertical; de esta forma, uno de los cortes quedará en contacto con el suelo. El lugar de almacenamiento debe ser fresco y estar aislado de los rayos del sol; si las temperaturas son muy altas, se recomienda realizar riegos manuales.

Una vez se vaya a realizar la siembra, se deben cortar las estacas con una sierra circular o una segueta, de forma que las estacas queden de 20 cm o contengan al menos seis nudos. Ya con las estacas cortadas, se procede a su desinfección sumergiéndolas por diez minutos en una mezcla de un fungicida y un insecticida. Después de los diez minutos, se deja escurrir las estacas a la sombra. Las estacas se siembran ejerciendo presión hasta unos 5-10 cm en el suelo y dejándolas en posición vertical (cuando la siembra es mecanizada, el mecanismo de la sembradora las deposita de forma horizontal).

En los ciclos posteriores, se recomienda siempre tener un lote para la producción de la semilla del siguiente ciclo; este lote recibirá un plan de manejo de forma oportuna, tanto de fertilización como de manejo de plagas, enfermedades, malezas, etc. Este lote se constituye como el "rincón de la fortuna" en el sistema de producción de yuca. A continuación, se resumen algunas recomendaciones sobre este rincón de la fortuna para obtener semilla fresca y de mejor calidad (Roser et al., 2017).

1. Establecer el área para el rincón de la fortuna, que representa el 10 % del lote productivo y está en la mejor parte de este.
2. Del rincón de la fortuna se obtendrán tallos de excelente calidad para el siguiente ciclo.
3. Tallos de buena calidad en la siembra aseguran el éxito en la cosecha al final del ciclo.
4. Dedicar especial cuidado y atención a la eliminación de malezas y a la oportuna fertilización.
5. Vigilar el rincón de la fortuna, recorriéndolo periódicamente y retirando toda planta diferente o que presente señales de enfermedad o de haber sido atacada por insectos.
6. Cosechar el rincón de la fortuna únicamente cuando falten pocos días para el inicio de las lluvias. Si se necesita cosechar los lotes comerciales de yuca antes, se puede hacer, pero conservando el rincón de la fortuna.
7. En el momento de cosechar el rincón de la fortuna, hay que levantar las plantas con buena producción de raíces y que no tengan síntomas de enfermedad de cuero de sapo o pudrición radicular.
8. Almacenar los tallos cosechados bajo la sombra de un árbol frondoso y cortarlas estacas solo en el momento de la siembra.
9. Antes de la siembra, se debe realizar el tratamiento de la semilla con una mezcla de un fungicida y un insecticida.
10. Siguiendo estas recomendaciones, se tendrá una excelente nueva plantación, y se deben repetir los pasos de esta lista.

Capítulo 7.

Propagación de yuca por miniestacas en campo

Eberto Rodríguez Henao, Germán Andrés Aguilera Arango y Lina Vanessa Garavito Morales

La yuca es propagada para fines comerciales de manera vegetativa, utilizando secciones del tallo denominadas estacas, que miden entre 20 y 25 cm de largo y tienen de 5-7 yemas viables, para iniciar un nuevo cultivo. Sin embargo, para que una planta llegue a la edad adulta, se requiere de aproximadamente 7-10 meses en promedio para proporcionar de 5-10 estacas, según el genotipo o variedad, lo cual es insuficiente debido a la baja disponibilidad de semilla para establecer cultivos a gran escala (NurulNahar & Tan, 2012). La metodología de propagación por miniestacas es empleada, normalmente, para la siembra en bandejas germinadoras, lo cual implica un proceso previo antes de llevar las plantas a campo; sin embargo, la metodología de miniestacas en campo, ahorra tiempo y recursos al reducir actividades y tiempo en la propagación con semilla de menor tamaño que la convencional.

Según lo anterior, la metodología de propagación por miniestacas (de 5 cm, con una o dos yemas viables) propone una solución a la problemática descrita, ya que esta técnica permite aumentar el suministro de material vegetal e incrementa la tasa de multiplicación de material de siembra, con la posibilidad de obtener, a partir de una planta madre, entre 50 y 80 semillas vegetativas. Todo esto hace que la relación costo-beneficio mejore, pues esta opción es fácilmente aplicable para mitigar el problema de la obtención de material de siembra con calidad en las cantidades requeridas y en el momento oportuno.

De acuerdo con NurulNahar y Tan (2012), quienes compararon la siembra de semilla convencional con las miniestacas, no hay diferencias en la obtención de raíces frescas por unidad de área. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, para las dos metodologías, el material inicial debe proceder de huertos reconocidos y que en lo posible cuenten con el registro de propagación de semillas expedido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ya que de esta manera se asegura la calidad del material de siembra por propagar y se cuenta con la trazabilidad.

Con el objetivo de asegurar la calidad de la semilla de yuca, se recomienda tener un área reservada principalmente para la producción de semilla, donde se realice un manejo agronómico especial enfocado en la producción del material de siembra de calidad. Esto se logra realizando monitoreos fitosanitarios y la erradicación de plantas atípicas de forma periódica, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Resolución 3168 del ICA (2015), para semilla de yuca certificada.

Para implementar la propagación de material de siembra de yuca con la técnica por miniestacas, es importante tener en cuenta los puntos que se describen a continuación.

Huerto básico para la obtención de plantas madre

Un punto importante para asegurar la calidad del material de siembra de yuca es la selección del huerto básico, para lo cual se considera importante el uso de plantas de la variedad que se desea propagar masivamente y que servirán de madres o donantes de esquejes. Las plantas de este lote deben provenir del esquema de producción de semilla según la normativa ICA, que permite asegurar la calidad sanitaria. El lote debe tener un libro de registro en el cual se consigne el manejo agronómico y fitosanitario del cultivo, para garantizar la calidad de la semilla (figura 7.1).



Figura 7.1. Huerto básico de yuca con plantas madre para la propagación por miniestacas.

Foto: Eberto Rodríguez Henao

Acondicionamiento de las miniestacas

La unidad de siembra o semilla convencional presenta una longitud promedio de 20 cm, con 5-7 yemas viables. Este método presenta una tasa de propagación de 1:5 o 1:10 dependiendo de la planta. La estrategia de propagación masiva de yuca a través de la técnica por miniestacas contempla el uso de la mínima fracción posible para la generación de una nueva planta, a partir de la cual, con fracciones de tallo con mínimo una yema viable, se logra obtener una nueva planta. De esta manera, se logra aumentar la tasa de propagación entre 1:50 y 1:80, dependiendo de la variedad, logrando aumentar la tasa de propagación entre el 700 % y el 900 % (Rodríguez-Henao et al., 2021).

El alistamiento de las miniestacas se centra en dos etapas: la primera consiste en el corte de la miniestaca y la segunda, en el tratamiento químico previo a la siembra, como se indica a continuación:

- **Corte del tallo en miniestacas:** se realiza con un equipo de corte eléctrico o manual, de forma transversal al tallo. El corte debe ser preciso para no desgarrar la corteza y, así, preservar la integridad de la yema (figura 7.2).

El corte se realiza cada 5 cm, aproximadamente (figura 7.3), verificando la presencia de una o dos yemas de buena calidad en la miniestaca; la presencia de una o dos yemas en la miniestaca dependerá directamente del cultivar, ya que algunos presentan entrenudos cortos, y otros presentan entrenudos largos. El corte de la miniestaca no se debe realizar con machete, de manera convencional, ya que con esta herramienta se puede desgarrar la yema y afectar directamente el prendimiento de la nueva planta.

- **Tratamiento químico:** posterior al corte de la miniestaca, se procede con el proceso de desinfección. Esta desinfección se realiza de forma similar a la realizada con la estaca convencional, con el propósito de eliminar las plagas que puedan estar presentes. Para esto, las miniestacas se sumergen en una solución química durante 15 minutos. La mezcla sugerida de ingredientes activos para 100 litros de agua es la siguiente: surfactante no iónico (alcohol graso etoxilado), insecticida y fungicida, en las dosis sugeridas por el asistente técnico. Además del tratamiento químico, se recomienda agregar algún inductor de crecimiento de raíces, como fertilizantes orgánicos ricos en fósforo y potasio y reguladores de crecimiento como el ácido naftalenacético, con el objetivo de facilitar el desarrollo de las raíces y el prendimiento de las miniestacas.



Figura 7.2. Corte de la miniestaca con herramienta de precisión.

Foto: Eberto Rodríguez Henao



Figura 7.3. Miniestaca de yuca.

Foto: Eberto Rodríguez Henao

Siembra en campo

La siembra de la miniestaca en campo facilita la propagación masiva del material de siembra con calidad, sin afectar el rendimiento de raíces. Antes de la siembra en campo, se realiza una preparación del terreno igual a la efectuada para la siembra de la semilla convencional de yuca. Se debe implementar el arado del suelo con tractor o bueyes, según la pendiente del terreno, con lo cual se favorece el crecimiento de las raíces. Esta metodología contempla la densidad de siembra comercial para la producción de raíces de yuca, que es de 10.000 plantas por hectárea, con una distancia de siembra sugerida de 1 m entre surcos y entre plantas.

La metodología de propagación de yuca por miniestacas contempla actividades diferenciales respecto a la metodología convencional, debido a que es una semilla de menor tamaño y por ende requiere de cuidados especiales; por lo tanto se deben considerar los siguientes aspectos para garantizar el éxito en la propagación:

- **Siembra inmediata:** debido a que la miniestaca presenta un reducido tamaño en comparación con la estaca convencional, debe sembrarse inmediatamente después del corte y la desinfección, para evitar su deshidratación.
- **Incorporación de enmiendas orgánicas:** para favorecer el prendimiento de la miniestaca en el sitio definitivo de siembra se debe incorporar materia orgánica compostada para mejorar su nutrición y adicionar micorrizas arbusculares. Para la selección y aplicación de un fertilizante de síntesis química, se debe contar con el resultado de un análisis de suelos.
- **Siembra de las miniestacas:** la siembra de la miniestaca debe hacerse horizontalmente, a una profundidad de 3-5 cm, con la yema orientada hacia la superficie.

La miniestaca debe cubrirse con suelo para evitar su deshidratación.

- **Riego suplementario:** una vez sembrada la miniestaca, se debe garantizar el suministro de agua inmediatamente y en lo posible durante el primer mes después de la siembra, ya que, el agua cumple un papel muy importante para que la nueva planta se desarrolle adecuadamente y se logre su establecimiento. Para lo anterior, se recomienda realizar la siembra en época de lluvias o suministrar agua a través de sistemas de riego por goteo o por aspersión de baja descarga.
- **Nutrición:** la fertilización química se requiere para reponer los nutrientes que el reducido tamaño de la miniestaca no logra suplir, para lo cual se recomienda la aplicación de fertilizante fraccionado en dos aplicaciones: una a los 30 y otra a los 45 días después de la siembra. El tipo y fuente de fertilizante por aplicar dependerá de los resultados del análisis de fertilidad del suelo y de los requerimientos nutricionales del cultivo. Para realizar un plan de fertilización adecuado, se recomienda emplear la extracción de nutrientes de referencia del cultivo de yuca por cada tonelada de raíces frescas, así: 4,42 kg de nitrógeno, 0,67 kg de fósforo, 3,58 kg de potasio, 1,36 kg de calcio, 0,82 kg de magnesio y 0,42 kg de azufre.

Una vez realizada la siembra de las miniestacas, se continúa con el sostenimiento del cultivo y el manejo agronómico convencionales para un sistema de producción comercial de yuca.

Conclusiones

El uso de semilla de calidad es un factor indispensable para mejorar la productividad del cultivo de yuca.

La multiplicación acelerada de material vegetal de yuca por medio de los túneles permite incrementar la tasa de multiplicación de las categorías básica, registrada y certificada.

El diseño de túneles de multiplicación rápida en tubos PVC o tubo galvanizado permite crear un modelo de propagación local de semilla en zonas rurales y debe estar basado en el conocimiento de la trazabilidad de la semilla de yuca en las categorías de campo según la resolución del ICA.

El uso de la técnica de propagación de material de siembra de yuca de calidad por miniestacas directamente en campo ofrece una mejor tasa de propagación de la yuca.

Referencias

- Álvarez, E., & Llano, R. (2002). Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control. En B. Ospina, & H. Ceballos (Eds.), *La yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano para la Investigación y el Desarrollo de la Yuca; Proyecto IP-3 de Mejoramiento de Yuca, Cali, CO. p. 131-147. (Publicación CIAT no. 327). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37152>
- Álvarez, E., Pardo, J. M., Mejía, J. F., Santos de Oliveira, S. A., Zacher, M., Cardozo, L., & Gómez, Y. (2015). *Manejo del 'cuero de sapo', enfermedad limitante de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 12 p. (Publicación CIAT No. 405). https://www.researchgate.net/publication/303518732_Manejo_del_'cuero_de_sapo'_enfermedad_limitante_de_la_yuca
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 29.
- Ceballos, H., & De la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 16-31). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Espitia Montes, A. A., Pérez Cantero, S. P., Támara Morelos, R. E., Araújo Vásquez, H. A., García Peña, J. A., Rosero Alpala, E. A., Regino Hernández, S. M., Luna Castellanos, L. L., García Herazo, J. L., Martínez Figueroa, R. R., & De La Ossa Albis, V. A. (2022). *Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano*.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405675>

García, A. (2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego*. IAH, 7, 27-36. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/o/B3BD6ED103283DDD85257A2Fo05EF-91B/%24FILE/6%2520Art.pdf&ved=2ahUKEwjzib6Yp-NuFAXVGmbAFHcVICPkQFnoECBsQAQ&usg=AO-vVaw2MNldt7C1wT2vAKlhC9zWv>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, 7 de septiembre). Resolución 3168. *Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto de mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>

López, J. (2002). Semilla vegetativa de yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Coords.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 49-75). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Nurulnihar, E., & Tan, S. L. (2012). Cassava mini-cuttings as a source of planting material. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 40(1), 145-151. https://www.researchgate.net/publication/299854418_Cassava_mini-cuttings_as_a_source_of_planting_material

- Ospina Patiño, B., & Ceballos, H. (Eds.). (2002). *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37152>
- Rodríguez-Henao, E., Garavito-Morales, L. V., Osorio-Cardona, O., Aguilera-Arango, G. A., & Cañar-Serna, D. Y. (2021). *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405057>
- Rosero Alpala, E. A., Ceballos Lascano, H., & Rodríguez Henao, E. (Eds.). (2023). *Aportes y perspectivas del mejoramiento genético de yuca en el fortalecimiento de su red de valor en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406276>
- Rosero Alpala, E. A., Ceballos, H., Calle, F., Lenis, J. I., Salazar, S., & García, J. L. (2017). *Corpoica Belloti, Corpoica Sinuana y Corpoica Ropain: nuevas variedades de yuca industrial para el Caribe seco y húmedo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11550>

Autoría

Amaury Aroldo Espitia Montes

Correo: aespitia@agrosavia.co

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

M. Sc. en Biotecnología e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como investigador máster en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA desde 1998. Cuenta con experiencia en investigación en cultivos 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, manejo integrado de estos cultivos, fisiología vegetal, recursos genéticos, investigación participativa y abonos orgánicos. Hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos de la corporación.

Adriana Bohórquez

Correo: abohorquez@cgjar.org

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2430-5269>

Bióloga con énfasis en genética de la Universidad del Valle. Ph. D. en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitomejoramiento, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Actualmente, se desempeña como Científico I Ph. D. en el Programa de Yuca de la Alianza Bioversity & CIAT. Cuenta con experiencia en investigación en el área de genética molecular, entomología y mejoramiento del cultivo de la yuca, donde ha apoyado y liderado proyectos enfocados en el descubrimiento de genes, desarrollo de herramientas de fenotipado a gran escala y el estudio de la resistencia a mosca blanca en la yuca. También ha trabajado la genotipificación e identificación varietal en yuca usando marcadores moleculares SNP. Además, ha contribuido al desarrollo, limpieza y conservación *in vitro* de variedades mejoradas, así como

también a cruzamientos de importancia en el mejoramiento de la yuca.

Elvia Amparo Rosero Alpala

Correo: eroseo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9670-3047>

Ingeniera agrónoma y máster en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitomejoramiento, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y Ph. D. de la Universidad Carolina (República Checa), que le otorgó su título en el área de anatomía y fisiología de plantas. Actualmente, se desempeña como investigadora Ph. D. asociada en el C. I. Turipaná de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en investigación en el área de mejoramiento y fisiología de cultivos, donde ha apoyado el desarrollo de variedades comerciales de yuca y batata en Colombia y ha contribuido al conocimiento de dichas especies en el contexto de ambientes subhúmedos.

Leonardo Andrés López Rebolledo

Correo: lalopezr@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9099-1957>

Ingeniero agrícola de la Universidad de Sucre. Tiene experiencia en suelos, construcciones agrícolas y sistemas de riego, y habilidades en tecnología e informática. Actualmente, trabaja como profesional de apoyo a la investigación, adscrito a la Red de Innovación de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de AGROSAVIA, en el C. I. Turipaná, unidad local El Carmen de Bolívar.

Carlos Dorado Valencia

Correo: cdorado@cgiar.org

Técnico profesional en Administración de Negocios del CEO-Palmira, ocho semestres de Agronomía en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Cuenta con 35 años de experiencia en temas de cultivo de la yuca, multiplicación de semilla, cruzamientos, evaluación de enfermedades, transferencia de *in vitro* a suelo y manejo de sustratos.

También tiene experiencia en procesos de transferencia de tecnologías de bajo costo a agricultores, desarrollo de tecnologías a bajo costo en manos de productores y escuela rural y desarrollo e implementación de la metodología de propagación mediante túneles a nivel local e internacional.

Roosevelt Humberto Escobar Pérez

Correo: r.escobar@cgiar.org

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4661-6199>

Licenciado en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali, Maestría en Ciencia con énfasis en Conservación de Recursos Fitogenéticos Neotropicales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y candidato a doctor de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Actualmente se desempeña con Investigador Senior en el Área de Cultivos para la nutrición y la salud de Alianza Bioersity International y el CIAT, en su sede central ubicada en Palmira, Valle del Cauca. Es docente universitario y cuenta con experiencia de 34 años en uso e implementación de técnicas de cultivo de tejidos, crioconservación, inducción de poliploidía/mutaciones con agentes químicos, transferencia de tecnología y enseñanza de la ciencia y biotecnología, entre otras. Es el creador de la metodología de los túneles para la propagación de yuca.

Ricardo Enrique Támara Morelos

Correo: rtamara@agrosavia.co

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

Magíster 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 más-ter. 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.

Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Correo: lmontejo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6025-6337>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Desde antes de iniciar su carrera se ha dedicado a investigar y profundizar en sistemas agrícolas y su relación con la sostenibilidad ambiental. Los recursos hídricos son su principal área de interés, en la que ha desarrollado trabajos importantes para comprender la relación medioambiental, los recursos naturales y los sistemas agropecuarios. También ha trabajado, con resultados sobresalientes, en administración agropecuaria, horticultura, instalación de sistemas de riego, mantenimiento e instalación de invernaderos, fertilizantes y fertirriego, y supervisión y logística para empresas del sector agropecuario.

Sol Mara Regino Hernández

Correo: sregino@agrosavia.co

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

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como profesional de apoyo a la investigación y hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos del Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA. Cuenta con 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.

Jazmín Vanessa Pérez Pazos

Correo: jvperez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1889-8248>

Bióloga de la Universidad de Nariño y magíster en Ciencias-Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 2015 está vinculada a AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación. Cuenta con doce años de experiencia en el campo de la investigación en el área de genética molecular y metagenómica de microorganismos asociados a enfermedades en cacao; además, ha trabajado en manejo de datos genómicos y análisis de microbiota ruminal en bovinos. Tiene experiencia en micropropagación vegetal de batata, yuca y plátano, en manejo de bases de datos, en diseño y análisis estadístico de experimentos de invernadero y vivero en batata, ñame y yuca, y ha escrito artículos científicos y de divulgación.

Deimer Alberto Fuentes Cassiani

Correo: deimerfuentes10@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0850-8074>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Su experiencia se enfoca en la investigación y extensión agrícola, y en la capacitación de agricultores para mejorar la producción y rentabilidad de cultivos de frutales, cereales, raíces y tubérculos. En el C. I. Turipaná de AGROSAVIA, realizó investigación en multiplicación rápida de semillas de yuca en túneles para obtener semillas de calidad, implementando sistemas de riego por nebulización dentro del túnel.

Jorge Luis García Herazo

Correo: jgarciah@agrosavia.co

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

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2015 está vinculado al C. I. Turipaná de AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación, adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos. Cuenta con experiencia en establecimiento de experimentos de investigación agrícola

en cultivos de ñame, yuca y batata, encaminados a la obtención de genotipos potenciales para nuevas variedades a través de mejoramiento genético convencional.

Hernando Alberto Araujo Vásquez

Correo: haraujo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3679-3973>

Ingeniero agrónomo con maestría en Ciencias Agronómicas, con énfasis en fitomejoramiento. Cuenta con conocimientos en estadística aplicada al sector agrícola, así como en conservación, manejo y caracterización de recursos fitogenéticos. Tiene una trayectoria de siete años en investigación agrícola, innovación y desarrollo tecnológico, y vinculación de conocimientos y tecnologías, especialmente en raíces tuberosas (batata), hortalizas de clima cálido (berenjena y ahuyama), cultivos transitorios (maíz, algodón, frijol y tabaco) y cultivos permanentes (aguacate). Es investigador máster de AGROSAVIA.

Eberto Rodríguez Henao

Correo: erodriguezh@agrosavia.co

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

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

Germán Andrés Aguilera Arango

Correo: gaguilera@agrosavia.co

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

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

Lina Vanessa Garavito Morales

Correo: lgaravito@agrosavia.co

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

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

Anexo 1. Cotización bienes y servicios requeridos para establecimiento de túnel en tubo PVC y en tubo galvanizado (precios año 2023)

a. Túnel en tubo PVC - Materiales estructura

ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubo galvanizado 1" x 6 m	Unidad	4	\$ 52.000	\$ 208.000
Tubo galvanizado ¾" x 6 m nacional	unidad	11	\$ 50.000	\$ 550.000
Tubo PVC de 13.5 de 1" x 6 m	Unidad	23	\$ 45.000	\$ 1.035.000
Tubo PVC de 13.5 de ¾ x 6 m	Unidad	22	\$ 30.000	\$ 660.000
Codo PVC presión ¾"	Unidad	13	\$ 1.000	\$ 13.000
Codo PVC presión 1	Unidad	4	\$ 2.800	\$ 11.200
Tee presión 1" nacional	Unidad	4	\$ 3.500	\$ 14.000
Limpiador PVC (fco. x 1/4 gal)	unidad	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Pegante PVC (fco. x 1/8 gal) nacional	Unidad	1	\$ 55.000	\$ 55.000
Tubo sanitario 3" x 6 m	Metro	1	\$ 31.000	\$ 31.000
Plástico invernadero cal 6 x 7 m	metro	15	\$ 42.000	\$ 630.000

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Malla antiáfidos (rll. 3 m x 50 m) nacional	metro	30	\$ 26.667	\$ 800.000
Amarre plástico de 50cm cl 7,2 blanco (pqte. x 100 ud.)	Bolsa x 100	10	\$ 155.000	\$ 1.550.000
Amarre plástico de 20 cm cl 3,6 negro (pqte. x 100 und)	Bolsa x 100	10	\$ 100.000	\$ 1.000.000
Bisagra 3"	Unidad	3	\$ 3.800	\$ 11.400
Broca metal 5/32" nacional	Unidad	5	\$ 5.500	\$ 27.500
Manguera de nivel de 5/16" nacional	Metro	15	\$ 1.700	\$ 25.500
Nivel torpedo de 9" nacional	Unidad	2	\$ 22.000	\$ 44.000
Tornillo autoperforante ½"	Unidad	100	\$ 200	\$ 20.000
Portacandado cromado redondo 3" 3 pg	Unidad	2	\$ 35.000	\$ 70.000

Mesas y soportes internos

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tabla madera plástica de 12 cm x 4cm x 300 cm	Tabla	72	\$ 72.300	\$ 5.205.600
Madera plástica 8 cm x 8 cm x 60 cm	Trozo	38	\$ 23.250	\$ 883.500
Madera plástica de 8 cm x 8 cm x 120 cm	Trozo	32	\$ 38.250	\$ 1.224.000
Madera plástica de 8 cm x 8 cm x 100 cm	Trozo	92	\$ 33.250	\$ 3.059.000
Madera plástica de 8 cm x 8 cm x 80 cm	Trozo	32	\$ 28.200	\$ 902.400
Arena gruesa	m³	2	\$ 160.000	\$ 320.000
Malla geotextil nt 2000	m	15	\$ 53.000	\$ 795.000
Broca madera ½" nacional	Unidad	2	\$ 15.000	\$ 30.000

Equipos y accesorios

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Taladro percutor 1/2 inalámbrico	Unidad	1	\$ 890.000	\$ 890.000
Pulidora 4 1/2" 750 w 12.000 rpm ref. dwe4010-b3	Unidad	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Disco abrasivo corte metal 4 1/2" x 1/16			\$ 4.500	\$ -
Cortafrio de 8" nacional	Unidad	1	\$ 55.000	\$ 55.000
Remachadora 10"	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Remaches pop 5/32 x 5/8 x (cja. x 500 ud.)	Unidad	60	\$ 55.000	\$ 3.300.000
Flexómetro 10 m nacional	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Bisturí industrial nacional	Unidad	1	\$ 9.000	\$ 9.000
Cuchilla para bisturí industrial (cja. x 10 ud.) nacional	Caja	1	\$ 4.000	\$ 4.000
Tijera cortadora de tubo PVC	Unidad	1	\$ 95.000	\$ 95.000
Machuelo 4 x 0.7" x (pqte. x 3 ud.) nacional	Juego/set	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Tornillo 2" para drywall	Bolsa x 100	2	\$ 150	\$ 300
Tornillo 2 1/2" para drywall	Bolsa x 100	2	\$ 250	\$ 500

Materiales de nebulizadores para el túnel

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Conector de doble espigo roscado para microtubo 6 mm	Unidad	33	\$ 350	\$ 11.550
Llave de paso PVC de ½" nacional	Unidad	6	\$ 8.000	\$ 48.000
Microtubo de 6 mm nacional	metro	33	\$ 1.200	\$ 39.600
Nebulizador 4 salidas nacional	Unidad	33	\$ 20.000	\$ 660.000
Tubo PVC presión Rde 13,5 de 1" nacional	Unidad	2	\$ 45.000	\$ 90.000
Tubo PVC presión Rde 13,5 de ½" nacional	Unidad	5	\$ 15.000	\$ 75.000
Buje de reducción 1" a ½"	Unidad	3	\$ 1.500	\$ 4.500
Tee PVC presión de 1"	Unidad	3	\$ 3.500	\$ 10.500
Unión PVC presión de ½"	Unidad	2	\$ 500	\$ 1.000
Unión PVC presión de 1"	Unidad	2	\$ 1.500	\$ 3.000
Llave de paso lisa PVC presión de ½" nacional	Unidad	6	\$ 4.000	\$ 24.000
Codo PVC presión ½"	Unidad	4	\$ 600	\$ 2.400

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Codo PVC presión 1"	Unidad	3	\$ 1.800	\$ 5.400
Llave de paso lisa PVC presión de 1" nacional	Unidad	2	\$ 9.000	\$ 18.000
Tanque 2.000 litros	Unidad	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Válvula flotadora de ½" nacional	Unidad	1	\$ 28.500	\$ 28.500
Filtro de disco sencillo rosca macho de 1" y 120 mesh	Unidad	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Adaptador hembra PVC presión 1"	Unidad	4	\$ 1.800	\$ 7.200
Adaptador macho PVC presión 1"	Unidad	4	\$ 1.700	\$ 6.800
Unión universal PVC presión lisa 1" nacional	Unidad	4	\$ 11.000	\$ 44.000
Silicona transparente (fco. x 280 ml)	Tubo	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Cinta teflón (rll. 3/4 mm x 15 m)	Rollo	4	\$ 4.000	\$ 16.000
Alambre cobre eléctrico N.º 10 (rll. x 100 m)	Metro	1	\$ 390.000	\$ 390.000
Breaker bipolar 20 A enchufable nacional	Uni	2	\$ 11.500	\$ 23.000
Cinta aislante 33 3m	Rollo	1	\$ 36.000	\$ 36.000
Electrobomba de presión de 1 hp salida y entrada de 1"	Unidad	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Caja eléctrica para 2 circuitos nacional	Unidad	1	\$ 34.000	\$ 34.000
Tubo PVC presión Rde 13,5 de 1" nacional	Unidad	1	\$ 26.500	\$ 26.500
Codo PVC presión 1"	Unidad	1	\$ 1.800	\$ 1.800
Tubo conduit PVC 1/2 nacional	Unidad	1	\$ 4.000	\$ 4.000

Sustratos y materiales de manejo de esquejes producidos

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bandejas de germinación	Unidad	100	\$ 10.000	\$ 1.000.000
Aluvión	m³	1	\$ 400.000	\$ 400.000

Mano de obra para instalación

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Estructura	Jornal	12	\$ 50.000,00	\$ 600.000,00
Mesas y sustrato	Jornal	8	\$ 50.000,00	\$ 400.000,00
Sistema de riego	Jornal	6	\$ 50.000,00	\$ 300.000,00
Total				\$ 1.300.000,00

b. Túnel en tubo galvanizado

Materiales estructura túnel

Estructura				
Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Arco metálico tubo calibre 14 reforzado con varilla de 1/2"	Unidad	2	\$ 650.000,00	\$ 1.300.000,00
Arco metálico de 3,5 m diámetro tubo calibre 14	Unidad	2	\$ 700.000,00	\$ 1.400.000,00
Plástico calibre 7*6 m	m	15	\$ 20.000,00	\$ 300.000,00
Malla antitrips 4 m	m	30	\$ 15.000,00	\$ 450.000,00
Guaya acerada de 1/8	m	600	\$ 600,00	\$ 360.000,00

Estructura				
Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Policien 4 mm	m	100	\$ 2.500,00	\$ 250.000,00
Cemento	Bulto	2	\$ 42.900,00	\$ 85.800,00
Arena	m³	0,5	\$ 45.000,00	\$ 22.500,00
Gravilla	m³	0,5	\$ 130.000,00	\$ 65.000,00
Perros guaya 1/8	Unidad	50	\$ 800,00	\$ 40.000,00
Tornillos golosos 2"	Unidad	250	\$ 250,00	\$ 62.500,00
Tubo base arcos calibre 14 con varilla	Unidad	8	\$ 80.000,00	\$ 640.000,00
Puerta tubo cal 14 de 1" metálico	Unidad	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
Tubos de calibre 14 de 1" metálico	m	12	\$ 80.000,00	\$ 960.000,00
Varilla de 1/2" corrugada * 6 m	Unidad	4	\$ 45.000,00	\$ 180.000,00
Total			\$ 6.365.800,00	

Materiales para mesas y sustratos

Mesas y sustrato				
Caja para dos breakers	Unidad	1	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00
Breakers 20 A	Unidad	2	\$ 20.000,00	\$ 40.000,00
Tornillos de 3" x 1/2"	Unidad	18	\$ 3.000,00	\$ 54.000,00

Mesas y sustrato				
Abrazaderas extralargas	Unidad	300	\$ 500,00	\$ 150.000,00
Abrazaderas largas blancas	Unidad	400	\$ 400,00	\$ 160.000,00
Poste madera plástica 0,8 m x 0,8 m x 1 m	Unidad	38	\$ 31.000,00	\$ 1.178.000,00
Poste madera plástica 0,8 m x 0,8 m x 0,6 m	Unidad	20	\$ 22.000,00	\$ 440.000,00
Poste madera plástica 0,8 m x 0,8 m x 1,2 m	Unidad	16	\$ 34.000,00	\$ 544.000,00
Poste madera plástica 0,8m*0,8m*0,8m	Unidad	26	\$ 26.000,00	\$ 676.000,00
Tabla 0,12 m x 0,3 m x 3 m	Unidad	50	\$ 71.500,00	\$ 3.575.000,00
Tabla 0,10 m x 0,3 m x 3 m	Unidad	2	\$ 70.500,00	\$ 141.000,00
Tabla 0,12 m x 0,3 m x 2 m	Unidad	12	\$ 50.000,00	\$ 600.000,00
Tabla 0,12 x 0,3 x 1 m	Unidad	6	\$ 30.000,00	\$ 180.000,00
Bandejas de germinación	UNIDAD	60	\$ 7.000,00	\$ 420.000,00
Cascarilla de arroz	paca	2	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00
Total			\$ 8.323.000,00	

Materiales para sistema de riego

Sistema de riego				
Bomba de espalda blanca	Unidad	1	\$ 243.000,00	\$ 243.000,00
Manguera 1"	m	50	\$ 1.200,00	\$ 60.000,00
Motor 1 hp	Unidad	1	\$ 550.000,00	\$ 550.000,00
Manguera de 1/2"	m	50	\$ 800,00	\$ 40.000,00
Microtubo	m	15	\$ 1.250,00	\$ 18.750,00
Microaspersores 6 mm	Unidad	40	\$ 250,00	\$ 10.000,00
Púa 6 mm	Unidad	40	\$ 200,00	\$ 8.000,00
Tanque de 2000 L	Unidad	1	\$ 1.100.000,00	\$ 1.100.000,00
Filtro de anillos 1"	Unidad	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Flotador 1"	Unidad	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Kit de entrada de tanque	Unidad	2	\$ 15.000,00	\$ 30.000,00
Adaptador hembra 2"	Unidad	6	\$ 8.500,00	\$ 51.000,00
Válvula de paso 1"	Unidad	10	\$ 7.800,00	\$ 78.000,00
Inserto manguera PVC 1"	Unidad	12	\$ 4.000,00	\$ 48.000,00
Válvula de paso 1/2"	Unidad	5	\$ 4.000,00	\$ 20.000,00
Te 1"	Unidad	8	\$ 2.500,00	\$ 20.000,00
Codo de 1" PVC	Unidad	5	\$ 2.500,00	\$ 12.500,00
Tubo PVC 1"	m	12	\$ 35.000,00	\$ 420.000,00
Tubo de 1/2" PVC	m	4	\$ 25.000,00	\$ 100.000,00
Universal de 1"	Unidad	4	\$ 7.000,00	\$ 28.000,00
Adaptadores machos de 1"	Unidad	6	\$ 3.500,00	\$ 21.000,00
Adaptadores machos de 1/2"	Unidad	5	\$ 2.500,00	\$ 12.500,00
Inserto PVC manguera 1/2"	Unidad	8	\$ 2.000,00	\$ 16.000,00
Codo de 1/2"	Unidad	2	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00

Sistema de riego				
Cable eléctrico	m	200	\$ 2.600,00	\$ 520.000,00
Abrazadera metálica de 1"	Unidad	15	\$ 3.000,00	\$ 45.000,00
Abrazadera metálica de 1/2"	Unidad	10	\$ 2.500,00	\$ 25.000,00
Reducción de 1" a 1/2	Unidad	10	\$ 4.000,00	\$ 40.000,00
Tapón roscado de 1/2"	Unidad	6	\$ 2.000,00	\$ 12.000,00
Tapón roscado de 1"	Unidad	4	\$ 3.500,00	\$ 14.000,00
Total		\$ 3.646.750,00		

Mano de obra requerida para instalación

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Estructura	Jornal	12	\$ 50.000,00	\$ 600.000,00
Mesas y sustrato	Jornal	8	\$ 50.000,00	\$ 400.000,00
Sistema de riego	Jornal	6	\$ 50.000,00	\$ 300.000,00
Total			\$ 1.300.000,00	

Impresión y encuadernación.
DGP Impresores S.A.S.
Terminó de imprimirse en julio de 2024,
en Bogotá D.C., Colombia

Este manual presenta esquemas de propagación rápida de semilla de yuca en túneles de PVC, en tubo galvanizado o en campo usando miniestacas. Estas tecnologías buscan la disponibilidad de semilla de calidad de un ciclo a otro, con lo cual, en condiciones controladas, se genera una tasa de multiplicación superior a la obtenida en campo en condiciones convencionales. Así, se describe el proceso de obtención de semilla de calidad desde la indexación hasta la categoría de semilla certificada, según la normativa vigente del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Además, se detalla el paso a paso de los dos métodos, con el fin de que puedan ser replicados en diferentes condiciones. La información se entrega para fortalecer el esquema de producción de semilla de yuca de calidad en Colombia.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Distribución gratuita
Prohibida su venta