

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 Negrita	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 élitales 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.

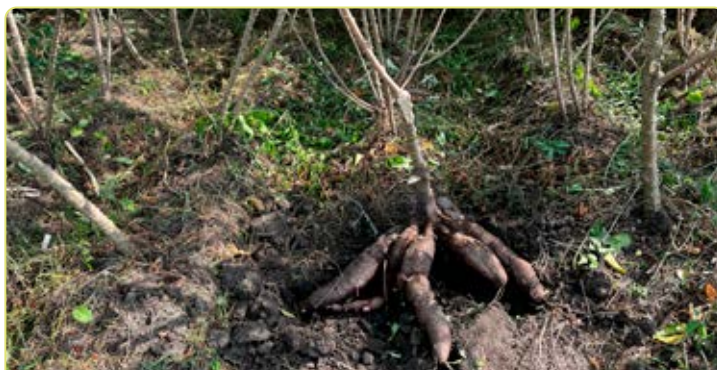


Figura 1.4. Selección positiva de la semilla de yuca haciendo la cosecha de la planta completa para identificar la ausencia de síntomas de cuero de sapo.

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.