



Guías para la regeneración de germoplasma

Yuca

María Alexandra Jorge^{1,2}

¹Bioversity International, Roma, Italia

²International Livestock Research Institute (ILRI), Addis Abeba, Etiopía



Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es la única especie domesticada de este género, que incluye 98 especies y pertenece a la familia de las Euforbiáceas. Se empezó a domesticar hace 7000 años (Allem 2002) en las tierras bajas de América del Sur, probablemente en la cuenca del Amazonas. Fue introducida a África por los portugueses en el Siglo XVI y a Asia en el Siglo XVIII (Hillocks 2002; Onwueme, 2002); hoy se encuentra en todo el

mundo tropical y subtropical. Es una planta perenne muy resistente que puede sobrevivir en zonas con frecuentes sequías y en suelos infértiles en los que no crecerían cereales u otros cultivos.

La yuca cultivada se propaga vegetativamente en sistemas de producción, a partir de cortes nodales (estacas), mientras que las especies silvestres se propagan por semilla, en ambientes naturales. Es también una especie monoica, predominantemente alógama con semilla viable en los genotipos que florecen. Los programas de mejoramiento usan la polinización controlada y la producción de semilla para desarrollar nuevas variedades. También se pueden coleccionar poblaciones de semilla en colecciones de yuca en campo para almacenarlas y conservarlas como fuentes futuras de información genética.

La mayoría de los tipos silvestres son perennes y difíciles de regenerar por estacas, lo cual hace que sean más difíciles de regenerar en bancos de germoplasma en campo que las razas cultivadas (*M. esculenta*). La yuca se conserva principalmente como plantas vivas en bancos de germoplasma en campo, pero también se puede conservar en forma de semilla, plantas *in vitro* o criopreservarse. La colección mundial incluye alrededor de 20,000 accesiones; las colecciones más grandes están en CIAT (Colombia), EMBRAPA (Brasil), IITA (Nigeria), Ghana e India (Ng y Ng 2002).

Esta guía ofrece información para la regeneración de colecciones en campo de la especie cultivada.

Selección del ambiente y la época de siembra

Condiciones climáticas

- La yuca se desarrolla bien entre los 30°N y los 30°S en áreas en las que la pluviosidad anual es superior a los 750 mm, con temperaturas por encima de 18°C y en altitudes de bajas a medias (por debajo de los 1500–2000 msnm)
- Es sensible a las heladas pero tolerante a largos períodos de sequía, y a suelos infértiles con un pH bajo y un alto contenido de aluminio.

Época de siembra

- Si se dispone de riego o se cuenta con un patrón de lluvias bien distribuido, se puede sembrar en cualquier época del año, preferiblemente al inicio de la estación cálida (el crecimiento disminuye durante la estación fría).
- En sitios donde la lluvia es estacional y no hay disponibilidad de riego, posponga la siembra hasta que pueda contar con un patrón de lluvias estable.

Preparación para la regeneración

Cuándo regenerar

- La yuca tiene un ciclo de cultivo de entre 9 y 24 meses, dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales.
- Es mejor regenerar entre los 18 y 24 meses después del establecimiento, cuando todas las plantas hayan completado su ciclo de crecimiento, para evitar el volcamiento por desarrollo excesivo y la acumulación de plagas y enfermedades.

Preparación del material de siembra

- Seleccione plantas sanas durante el cultivo anterior y corte las estacas antes de que la planta empiece a perder sus hojas, cuando todavía se puedan identificar síntomas de la presencia de plagas y enfermedades foliares (especialmente virus). Inspeccione también si las raíces presentan síntomas.
- Seleccione la porción madura del tallo, y descarte los tallos verdes superiores y los de la parte inferior de la planta (foto 2).
- Corte las estacas en ángulo recto; éstas deben medir por lo menos 20 cm de largo y tener por lo menos de 4 a 5 nudos con yemas viables para garantizar el establecimiento del cultivo. Al cortarlas, no coloque las estacas sobre una superficie dura para evitar que los nudos se lastimen, la calidad del material se reduzca y se generen puntos de entrada de patógenos y plagas.

- Rotule los atados de estacas inmediatamente después de cortarlas con el número de accesión y la fecha de cosecha de las estacas (foto 3).
- Aplique a las estacas una mezcla de un insecticida de amplio espectro y de un fungicida (foto 4). Adicione sulfato de zinc si los suelos son escasos en este elemento.
- Asegúrese de no mezclar los genotipos.
- Maneje cuidadosamente los tallos para evitar que se pelen o lastimen.

Selección y preparación del campo

- El suelo de las parcelas debe ser uniforme en cuanto a fertilidad, textura (ligera), profundidad (profundos) y drenaje (bien drenados); en lo posible, las parcelas deben estar libres de malezas.
- Evite los suelos pedregosos, arcillosos o con tendencia a inundarse.
- En suelos arenosos, utilice labranza mínima para conservar la materia orgánica y la humedad, y para reducir la erosión del suelo.
- En suelos poco profundos o duros, aumente el volumen por planta de la capa superior para favorecer el establecimiento.
- En suelos con mal drenaje, construya caballones o montículos para reducir el estancamiento del agua.
- Deje que el cultivo “viejo” y el recién sembrado coexistan durante por lo menos 6 meses, para que en caso de que algunos materiales no germinen, se puedan volver a sembrar estacas de ellos y se mantenga una provisión constante de material de siembra para los programas de investigación.
- Cerque y asegure la parcela contra robo, vandalismo y daño ocasionado por animales.

Método de regeneración

Distribución espacial de las parcelas, y densidad y distancia de siembra

El tamaño y la distribución espacial de las parcelas dependerán del tamaño y el objetivo de la colección, de la disponibilidad de terreno, y de la demanda de material de siembra.

- Agrupe el germoplasma de acuerdo con su vigor, tamaño de planta, hábito de ramificación y tendencia al volcamiento; clasifíquelo en por lo menos tres grupos: vigor alto, intermedio o bajo.
- Deje una distancia de 2.2, 1.5 y 1.0 m entre parcelas para los grupos de vigor alto, intermedio o bajo, respectivamente, para evitar mezclar los materiales de siembra durante la cosecha.
- Siembre a una distancia entre plantas de 1.0 a 1.5 m si las evaluaciones se van a hacer simultáneamente, o a una densidad mayor si la colección es sólo para el mantenimiento del germoplasma (0.75 a 1.0 m entre plantas y 1.0 m entre hileras) para minimizar el desarrollo de malezas y el requerimiento de área.
- Mantenga como mínimo cinco plantas por accesión (lo óptimo es diez) para asegurar una adecuada supervivencia y provisión de material de siembra de los genotipos débiles.

Método de siembra

- Siembre las estacas directamente en la tierra (de manera que quede cubierta la mitad o un tercio de la estaca) o en caballones o montículos, en forma vertical o inclinada, o incluso entiérrelas horizontalmente 5 cm por debajo de la superficie del suelo (foto 5). Aproveche la pericia de los productores locales de yuca.

- Identifique las parcelas cuidadosamente, colocando una etiqueta de plástico en la primera planta de la hilera izquierda de la parcela. Coloque otro letrero plástico, metálico o de madera fina enfrente de la parcela.
- Elabore un mapa de la colección en el campo inmediatamente después de la siembra, ubicando cada accesión e incluyendo tanto los números de las parcelas como los números de las accesiones.
- Para reemplazar las plantas faltantes, siembre nuevas estacas 1 mes después de la siembra inicial.

Manejo del cultivo

Fertilización

- Por lo general, no se requiere fertilización cuando el único objetivo es el mantenimiento de germoplasma. Sin embargo, si es necesario adicione estiércol (como boñiga o gallinaza) durante la preparación del terreno.
- Con base en el análisis de suelo y aproximadamente a las 8 semanas de la siembra, aplique N-P-K (15:15:15) alrededor de la planta, sin que el fertilizante entre en contacto con los tallos o las hojas.

Control de malezas

- Realice un adecuado control de malezas antes de la emergencia, arando y rastrillando el suelo o aplicando un herbicida de acción preemergente antes de la siembra. Después de la emergencia, controle las malezas con aplicaciones de herbicida, con una grada para desyerbar entre surcos o haciendo limpieza manual.
- Elimine las malezas cuantas veces sea necesario para evitar la competencia entre plantas. Dependiendo del ambiente, con frecuencia habrá que desmalezar cuatro veces por ciclo de cultivo.
- Los momentos críticos se presentan en los 4 primeros meses del cultivo o hasta que las hojas hayan formado un dosel y supriman el crecimiento de las malezas.

Riego

- El suelo debe estar húmedo durante la siembra; de lo contrario se debe aplicar riego.
- Si no se puede regar, es importante sembrar la colección al inicio del período lluvioso.

Poda

- Poda las plantas 9 meses después de la siembra cuando esté usando densidades altas o si el crecimiento es excesivo.
- Tenga en cuenta que la poda genera heridas por donde pueden penetrar plagas y patógenos, y que los instrumentos de poda y la ropa de los trabajadores pueden trasladar infecciones de una parcela a otra.
- Para destruir bacterias y virus en la superficie de los instrumentos de poda, desinfectelos con una solución de detergente antes de iniciar la poda en otra parcela.

Rotación

- Para cada ciclo de regeneración, siembre el germoplasma en una nueva área.
- Siembre gramíneas o leguminosas entre ciclos de regeneración para romper el ciclo de ciertos patógenos de la raíz y evitar la degradación del suelo.

Plagas y enfermedades comunes

América tiene la mayor diversidad de plagas que atacan la yuca, seguida por África y Asia. El daño ocasionado en África es alto debido a la ausencia de depredadores naturales de estas plagas. El daño es mayor durante los períodos secos o en las regiones áridas con poca pluviosidad o con un patrón irregular de lluvias.

El ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*) (América y África) y el piojo harinoso (*Phenacoccus manihoti* y *P. herreni*) son la causa del mayor daño en África; la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis* y *A. aepim*), el gusano cachón (*Erinnyis ello*), el barrenador del tallo (*Chilomina clarkei*), los minadores (*Sternocaelus manihoti* y *Tropidozineus fulveolus*), los trips (*Frankliniella williamsi*) y los chinches de encaje (*Vatiga manihoti*, *V. illudens* y *Amblydtira machalana*) son las principales plagas de la yuca en América; las escamas (*Aonidomytilus albus*), las termitas y los saltamontes están ampliamente distribuidos en todas las regiones productoras de yuca.

Entre las principales enfermedades de la yuca podemos citar el complejo del 'mosaico de la yuca' (cassava mosaic disease, CMD), causado por los virus del mosaico africano de la yuca (*African cassava mosaic virus*, ACMV), del mosaico del África oriental de la yuca (*East African cassava mosaic virus*, EACMV), y del mosaico surafricano de la yuca (*South African cassava mosaic virus*, SACMV); y el Virus del rayado pardo de la yuca (*Cassava brown streak virus*, CBSV) en África. En América del Sur, las principales enfermedades virales son causadas por el Virus del mosaico común de la yuca (*Cassava common mosaic virus*, CsCMV), y por el Virus del cuero de sapo de la yuca (*Cassava frogskin virus*, CFSV). Las enfermedades como la bacteriosis o el añublo vascular de la yuca (*Cassava bacterial blight*, CBB), la antracnosis de la yuca y la pudrición de la raíz, causadas por hongos, son de importancia mundial.

Contacte a su especialista en sanidad vegetal para que identifique los síntomas y recomiende las medidas de control apropiadas.

Control de plagas y enfermedades

- Seleccione material de siembra sano. No utilice estacas de plantas que muestren hojas cloróticas, muerte degenerativa del ápice del brote, o manchas o veteados en el tallo.
- Trate las estacas con plaguicidas y fungicidas antes de la siembra, al igual que las plantas durante el ciclo de cultivo, si es necesario.
- Durante el ciclo de cultivo, elimine y queme con regularidad las plantas enfermas (siempre y cuando no comprometa la supervivencia de una accesión en particular).
- Después de la cosecha, destruya las raíces y los tallos descartados porque presentan síntomas de enfermedades o están infestados de plagas.
- En lo posible utilice los enemigos naturales de las plagas de la yuca. Complemente aplicando los plaguicidas apropiados y cuando sea necesario.
- Elimine las malezas con regularidad.

Cosecha

- Coseche las estacas al final del ciclo de cultivo (esta guía no hace referencia a la cosecha de raíces o semilla), generalmente entre los 12 y los 18 meses después de la siembra, dependiendo de los cultivares y las condiciones ambientales. En algunos ambientes se habrán caído todas las hojas, pero en otros el follaje permanece hasta la madurez de la planta.
- Rotule cuidadosamente las estacas de cada parcela.

Manejo poscosecha

- Almacene las estacas en un sitio fresco, con sombrío y bien ventilado hasta el momento de la siembra. Mantenga material de siembra adicional hasta que la colección se haya establecido, en caso de que sea necesario volver a sembrar una accesión.
- Asegúrese de no lastimar las estacas durante la cosecha y su manejo posterior.
- Prolongue el tiempo de almacenamiento (no recomendado para las colecciones) usando estacas más largas tratadas con un plaguicida, en un ambiente con una humedad relativa de 70 a 80% y una temperatura entre 20 y 23°C.
- También se pueden almacenar las estacas enterradas en el suelo (igualmente no se recomienda para las colecciones) durante varios meses con la parte basal hacia abajo u horizontalmente, y con riego frecuente para evitar la deshidratación excesiva.
- Las estacas se conservan bien durante semanas en bolsas de polietileno en áreas más secas o durante períodos secos.

Monitoreo de la identidad de la accesión

- Asegúrese de que las variedades sean las descritas originalmente. Cuando las plantas alcancen la madurez, compárelas con la última lista de descriptores (Fukuda *et al.* 1998) (o con la lista recopilada cuando las accesiones fueron descritas originalmente) y, si las hay, con las fotografías de las accesiones.
- Con regularidad revise que no se hayan mezclado debido a errores en el manejo: busque características uniformes como el color de las hojas apicales jóvenes (expandidas o no expandidas), del peciolo, de la corteza, de los tallos externos, así como de la pulpa, la corteza y las raíces; los tipos de floración y ramificación; la pubescencia de las hojas jóvenes; la forma del lóbulo central; la distancia entre nudos; y la textura del pedúnculo de las raíces de almacenamiento y de la superficie de la raíz.

Registro de la información durante la regeneración

- Nombre y datos georreferenciados o mapa del sitio donde se realizó la regeneración
- Nombre del colaborador
- Referencia del campo y la parcela
- Número de la accesión; identificación de la población
- Origen de las estacas
- Número de la generación, de la multiplicación previa, o de la regeneración (si no se conoce la generación) desde que se adquirió el germoplasma
- Preparación del material de siembra (tratamientos previos)
- Método, fecha y densidad de siembra
- Distribución espacial de las parcelas
- Detalles del manejo en campo (riego, fertilización, control de malezas, control de plagas y enfermedades, estreses registrados, otros)
- Condiciones ambientales (altitud, precipitación, temperatura, tipo de suelo y otras)
- Número de plantas establecidas
- Días desde la siembra hasta la floración (Observación: este dato es importante solamente si se va a coleccionar semilla)
- Fecha y método de cosecha
- Número de plantas cosechadas

- Cantidad de estacas cosechadas
- Evaluación agronómica; registro de las características agromorfológicas
- Comparación con los materiales de referencia (registre todos los números de identificación o referencia de cualquier muestra tomada de la parcela de regeneración)
- Cualquier evaluación realizada durante la cosecha
- Tratamientos poscosecha (describa cualquier procedimiento relevante)
- Otros

Referencias y lecturas adicionales

- Adekunle AA, Dixon A, Ojurongbe J, Liona P, Muthada L, Adisa S. 2004. Growing Cassava Commercially in Nigeria. USAID, ICS-Nigeria and IITA. 22pp. Disponible en: <http://www.cassavabiz.org/agroenterprise/ent%20images/casava%20illust%20guid%20book.pdf>. Vínculo activo el 15 de septiembre de 2008.
- Allem AC. 2002. The origins and taxonomy of cassava. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 1–16.
- Alves AC. 2002. Cassava botany and physiology. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 67–89.
- Bellotti AC. 2002. Arthropod pests. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 209–235.
- Calvert LA, Thresh JM. 2002. The viruses and virus diseases of cassava. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 236–260.
- Cock JH. 1985. Cassava: physiological basis. En: Cock JH, Reyes JA, editores. Cassava: Research, Production and Utilization. UNDP/CIAT. pp. 33–62.
- De Goes M, Sias-Costa CIR, Guedes AC, Morales EAV, Second G. 1999. Cassava – a Brazilian model for the field maintenance of germplasm. En: Engelman F, editor. Management of field and *in vitro* germplasm collections. IPGRI, Roma, Italia. pp. 10–12.
- FAO. 2004. Production Year Book. FAO, Roma, Italia.
- Fukuda WMG, Guevara CL. 1998. Descriptores morfológicos e agronómicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). EMBRAPA-CNPMP Documentos 78, EMBRAPA-CNPMP, Cruz das Almas, Brasil. 38 pp.
- Fukuda WMG, Costa IRS, Silva SO. 2005. Manejo e conservação de recursos genéticos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica 74. 4 pp.
- Fukuda WMG, Costa IRS, Vilarinhos AD, Oliveira RP. 1996. Banco de germoplasma de mandioca: Manejo, Conservação e Caracterização. EMBRAPA-CNPMP Documentos 68, EMBRAPA-CNPMP, Cruz das Almas, Brasil. 103 pp.
- Hillocks RJ. 2002. Cassava in Africa. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 41–54.
- Iglesias CA. 1999. Field maintenance of cassava germplasm. En: Engelman F, editor. Management of field and *in vitro* germplasm collections, IPGRI, Roma, Italia. pp. 5–9.
- INIA. 2005. Descriptor de yuca (*Manihot esculenta*). Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología, PRONIRGEB, INIA, Lima, Perú. 52p.

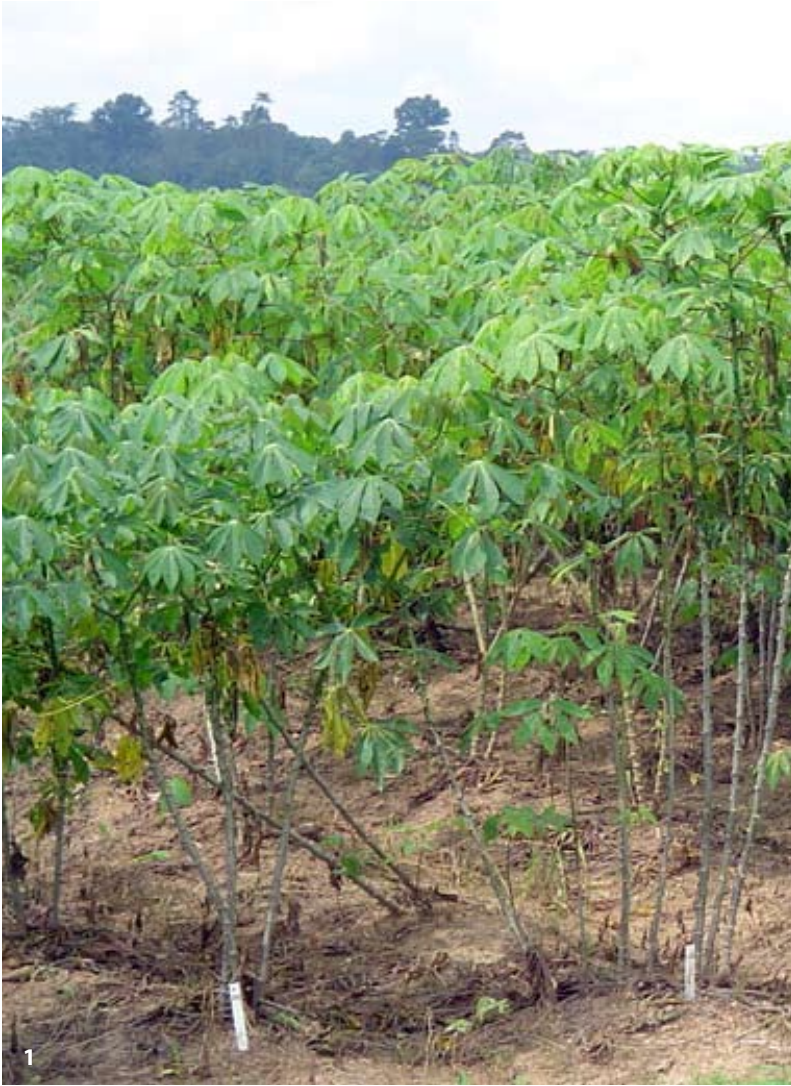
- Lelhner D. 2002. Agronomy and cropping systems. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 91–113.
- Ng NQ, Ng SYC. 2002. Genetic resources and conservation. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 167-177.
- Onwueme IC. 2002. Cassava in Asia and the Pacific. En: Hillocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC, editores. *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido. pp. 55–66.

Reconocimientos

Agradecemos las valiosas contribuciones y sugerencias de Dominique Dumet, Soyode Folarin y Olaniyi Oyatomi del International Institute for Tropical Agriculture (IITA) de Nigeria; de Llerme Ríos Lobo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Perú; de Wania Fukuda de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Brasil, y de Francisco Morales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia. El contenido científico de esta guía fue revisado por Quat Ng y Clair Hershey, consultores privados de Malasia y EE.UU, respectivamente.

Cómo citar esta publicación

Jorge M.A. 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: yuca. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. *Crop specific regeneration guidelines* [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 10 pp.



1



2



3



4



5

1 Plantas de yuca maduras en un banco en campo.

Banco de germoplasma del IITA

2 Estacas de yuca de buena calidad para la siembra.

Banco de germoplasma del IITA

3 Ordenamiento de estacas de yuca para rotulado.

INIA, Perú – LI. Ríos

4 Rotulado y desinfección de estacas de yuca.

INIA, Perú – LI. Ríos

5 Siembra de estacas de yuca en caballones.

INIA, Perú – LI. Ríos

