



Revisión bibliográfica APUNTES SOBRE EL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz). TENDENCIAS ACTUALES

Review

Notes about cassava crop (*Manihot esculenta* Crantz). An update

Lorenzo Suárez Guerra[✉] y Víctor R. Mederos Vega

ABSTRACT. The cassava is a basic food for many rural families of low resources; it has constituted a valuable food from times of the aboriginal ones, a lot before the arrival of the Spaniards forming part of the selection of roots and tubers that the cubans commonly denominate *viandas*. In this work the main aspect of this kind of cultivation are approached as for their importance, botanical characteristics, planting time, commercial clones, as well as propagation forms and the experiences achieved in seed dissemination and/or varieties.

RESUMEN. La yuca es un alimento básico para muchas familias campesinas de escasos recursos, ha constituido un valioso alimento desde la época de los aborígenes, mucho antes de la llegada de los españoles formando parte del surtido de raíces y tubérculos que los cubanos comúnmente denominamos *viandas*. En el presente trabajo se abordan los aspectos principales de este cultivo en cuanto a su importancia, características botánicas, época de plantación, clones comerciales, así como las principales formas de propagación y breve panorámica sobre las tendencias actuales de diseminar la semilla agámica.

Key words: cassava, *Manihot esculenta*, propagation, seed

Palabras clave: yuca, *Manihot esculenta*, propagación, semilla

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es la cuarta fuente de calorías para alrededor de 500 millones de personas, después del arroz, el azúcar y el maíz, en lo referente a cantidad de calorías producidas, se cultiva fundamentalmente en los trópicos y en terrenos considerados marginales, infértiles, ácidos y con largos períodos de sequía. Esta raíz rústica no solo es un alimento básico para muchas familias campesinas de escasos recursos, ha constituido un valioso alimento desde la época de los aborígenes, mucho antes de la llegada de los españoles (1).

La producción mundial de yuca en el 2006 se situó alrededor de 203 millones de toneladas de raíces frescas y un rendimiento mundial promedio de 10.9 t.ha⁻¹; en Cuba en el mismo año la producción alcanzó 585 000 toneladas de raíces frescas y un rendimiento de 4,7 t.ha⁻¹, el que se encontró por debajo del rendimiento promedio mundial (2).

Los agricultores han perpetuado el cultivo de la yuca mediante la propagación vegetativa utilizando semillas asexuales (estacas o pedazos de tallos) en plantaciones repetidas lo que constituye un riesgo, debido a que es posible diseminar plagas y enfermedades, principalmente organismos sistémicos (virus y micoplasmas) (3), constituyendo una de las principales limitantes en los rendimientos y la expansión del cultivo (4).

Es por ello, que el siguiente trabajo pretende abordar las características botánicas, nuevas variedades y principales formas de propagación de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), además se hace énfasis en la taxonomía, el origen y distribución geográfica.

TAXONOMÍA

La yuca pertenece al reino Vegetal, División *Spermatophyta*, Subdivisión *Angiospermae* y a la Clase *Dicotyledoneae*. Se encuentra ubicada en el Orden *Euphorbiales*, Familia *Euphorbiaceae*, Tribu *Manihotae* a la que pertenece el género *Manihot*.

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Esta familia constituida por unas 2700 especies se caracteriza por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuesto por células

M.Sc. Lorenzo Suárez Guerra, Investigador Agregado del departamento de Genética y Mejoramiento, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700; Dr.C. Víctor R Mederos Vega, Investigador Auxiliar, Vicedirector de Biotecnología, Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Apdo. 6, Santo Domingo, Villa Clara, CP 53000. Cuba

✉ lguerra@inca.edu.cu

secretoras llamadas galactocitos. Esto es lo que produce la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia. También representan a esta familia numerosas malezas, plantas ornamentales y otras de valor medicinal. Un género muy importante de esta familia lo constituye *Manihot*, que solo se encuentra en las Américas. Se han descrito alrededor de 98 especies asignadas a este género, de las que solo la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene relevancia económica y es cultivada.

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Crantz, en 1766. Posteriormente, fue clasificada (Pohl, 1827 y Pax, 1910) como dos especies diferentes, dependiendo si se trataba de yuca amarga *M. utilissima* o dulce *M. aipi*. Finalmente se propone que la especie *M. esculenta* sea dividida en tres subespecies: *M. esculenta*, *M. flavellifolia* y *M. peruviana*. Sugiriendo que estas dos últimas subespecies son formas silvestres de la versión cultivada *M. esculenta* subespecie *esculenta* (5).

Acerca del origen de la yuca la más antigua y hasta ahora más sostenida hipótesis se atribuye al botánico y geógrafo de plantas De Candolle en 1967 quien basado en la abundancia de especies silvestres en la parte noroeste del Brasil y evidencias que muestran la antigüedad del cultivo de la yuca en dicha región, propuso que esta fue meramente cultivada allí. También se considera que la yuca fue cultivada por primera vez en Brasil, Venezuela o Centro América. Numerosas evidencias apuntan a que el área de domesticación de la yuca comprende una vasta región desde México hasta Brasil. Esta especie se habría cultivado desde hace 5000 años (6).

La yuca podría ubicarse en una categoría que Harlan (1971) (7) llama cultivos «no-céntricos», es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en un área muy amplia.

PRODUCCIÓN MUNDIAL

La producción mundial de yuca se sitúa alrededor de 203 millones de toneladas de raíces frescas y un rendimiento promedio $10.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2). La mitad de las hectáreas x áreas dedicadas al cultivo de la yuca se encuentran en África, un 30% en Asia y el 20% restante en América Latina (8).

En Cuba, se destinan para la plantación de este cultivo más de 100 mil hectáreas con rendimientos que oscilan entre 4 y $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (1), en los últimos años se trabaja por lograr la plantación de 13,42 ha por cada mil habitantes (9). Según FAO (2006) (2), la producción nacional en el año 2005 fue de 585 000 toneladas de raíces frescas y un rendimiento de $4,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, encontrándose por debajo del rendimiento promedio mundial ($10.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

IMPORTANCIA ECONÓMICA. VALOR NUTRITIVO DE LAS RAÍCES

La yuca catalogada como la más importante dentro de este grupo de plantas de interés económico (raíces y tubérculos), tiene su principal valor económico en su órgano de reserva o almacenamiento de energía, las raíces, teniendo diversos usos en la alimentación humana y animal, aunque su follaje se aprovecha para alimentación animal en algunas zonas rurales y, en África, se utiliza como verdura fresca para consumo humano (10).

Este producto se dirige fundamentalmente a cuatro mercados según los usos principales del mismo: como raíz fresca y procesada para consumo humano; como insumo en la industria alimenticia procesada para producir harina seca (Tabla I); como materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia. Según las estimaciones en América Latina y el Caribe, la expansión de la producción ha dado un impulso a la utilización de la yuca tanto para el consumo humano como para concentrado animal, especialmente en el Paraguay, Colombia y Brasil. En este último país el consumo humano se vio posteriormente estimulado por la inclusión obligatoria de la harina de yuca en la harina de trigo, iniciativa emprendida por el gobierno para reducir la dependencia del país a las importaciones de trigo.

El producto industrial más importante elaborado a base de yuca es el almidón, que se usa en las industrias alimenticia y textil y en la fabricación de papeles y adhesivos, aunque también tiene potencial en la producción de dextrosa y múltiples derivados, sin contar con su potencial para producir alcohol, como se ha hecho en Brasil para sustituir petróleo (10).

Las propiedades de claridad y baja retrogradación del almidón de yuca hacen que se pueda utilizar en muchos productos alimenticios. Sus características orgánicas se asemejan bastante al almidón del maíz.

Tabla I. Composición química de la harina de yuca de la raíz completa y de la raíz sin cáscara (base seca)

Componentes	Contenidos (%)	
	Raíz con cáscara	Raíz sin cáscara
Materia seca	100.00	100.00
Carbohidratos disponibles	83.80	92.40
Proteína cruda	3.05	1.56
Ceniza	2.45	2.00
Hemicelulosa	1.16	1.45
Extracto etero	1.04	0.88

Fuente: Ceballos, H.; 2004

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Cuando describimos una planta (Figura 1), toda la descripción botánica se basa en el análisis de caracteres morfológicos que, cuando son constantes, permiten tipificar a la especie, pero la expresión puede estar influenciada por el ambiente y proporcionar la impresión errónea de muchas de las variables morfológicas.

A) follaje



B) raíces



Figura 1. Características morfológicas de una planta de yuca (*Manihot esculenta*)

El efecto de interacción variedad por ambiente es muy notable en el caso de la yuca, y resulta, por ejemplo, en que la arquitectura típica de una determinada variedad, en un ambiente específico, cambie drásticamente cuando la misma variedad es plantada en otra localidad. Esta interacción variedad por ambiente dificulta la descripción morfológica de la especie, así como la descripción varietal.

La yuca es un arbusto perenne, leñoso, de tamaño variable y

fotoperíodo corto (11). Es monoica, de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre uno y cinco metros, aunque la altura máxima generalmente no excede los tres metros.

EL TALLO

Los tallos son particularmente importantes en la yuca, pues son el medio que se utiliza para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie. Porciones lignificadas del tallo, comúnmente llamadas estacas o cangres, sirven como material de plantación para la producción comercial del cultivo.

El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de dos a seis centímetros (cm). Se pueden observar tres colores básicos de tallo maduro: gris-plateado, morado y amarillo verdoso. Tanto el diámetro como el color de los tallos varía significativamente con la edad de la planta y, obviamente, con la variedad. Los tallos están formados por la alternación de nudos y entrenudos. En las partes más viejas se observan unas protuberancias que marcan en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. El nudo es el punto en el que una hoja se une al tallo, y el entrenudo es la porción del tallo comprendida entre dos nudos sucesivos. En el nudo se insertan el pecíolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales. El largo de los entrenudos en el tallo principal es muy variable y no solo depende de la variedad, también está influenciado por factores como la edad de la planta, la ocurrencia de una sequía, un ataque severo de trips en las yemas axilares y fertilidad disponible para la planta. El tallo es un registro perdurable de la historia del desarrollo de la planta que permite deducir las condiciones y eventos que lo influyeron.

El centro del tallo está ocupado por una médula prominente, compuesta de células parenquimatosas. A medida que el diámetro del tallo aumenta, se

acumulan grandes cantidades de xilema que le dan al tallo maduro una consistencia leñosa, al generar el súber o corcho en remplazo de la epidermis.

LAS HOJAS

Las hojas son los órganos en los cuales ocurre, principalmente, la fotosíntesis que permite la transformación de la energía radiante en energía química. Las hojas son caducas, es decir, envejecen, mueren y se desprenden de la planta a medida que esta se desarrolla. El número total de hojas producidas por la planta, su longevidad y capacidad fotosintética son características varietales, profundamente influidas por las condiciones ambientales.

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general impar, oscilando entre tres y nueve. Los lóbulos miden entre 4 y 20 cm de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho; los centrales son de mayor tamaño que los laterales.

El tamaño de la hoja es una característica típica de cada cultivar, aunque depende mucho de las condiciones ambientales. Las hojas producidas en los primeros tres a cuatro meses de vida de la planta son más grandes que las producidas luego del cuarto mes.

El color de las hojas también es una característica varietal, pero que puede variar con la edad de la planta. Las hojas maduras pueden ser desde púrpura, verde oscuro, hasta verde claro. El pecíolo de la hoja puede tener una longitud entre 9 y 20 cm, es delgado y de pigmentación variable de verde a morada.

Las hojas al igual que las raíces, tienen importantes usos. En el continente africano, estas son procesadas y utilizadas en el consumo humano, ya que tienen un alto valor nutricional (Tabla II) con niveles elevados de proteína (18-22 %) en base seca (12).

Tabla II. Concentración de elementos minerales en hojas y raíces de yuca

Elemento	Concentración en hojas (mg/100g peso seco)		Concentración en raíces (mg/100g peso seco)	
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
Fe	94.4	37.8	9.6	2.49
Mn	67.9	10.5	1.2	1.00
B	66.1	7.7	2.4	0.51
Cu	7.3	0.60	2.2	0.35
Zn	51.6	11.8	6.4	1.35
Ca	12324	1761	590	120
Mg	7198	888	1153	147
Na	11.4	3.0	66.4	27
K	10109	903	8903	882
P	3071	234	1284	113
S	2714	145	273	40

Fuente: Ceballos y Cruz, 2004

INFLORESCENCIA

La inflorescencia puede ser una panícula, un racimo o una combinación de los dos. Las flores tienen cinco sépalos y 10 estambres.

Como todas las del género *Manihot*, la yuca es una planta monoica, es decir, con flores unisexuales masculinas y femeninas en una bráctea primaria y una bractéola, dentro de una misma planta. Aunque no todos los cultivares florecen, las que lo hacen presentan protoginia, lo cual favorece la exogamia (13), de ahí su alta tasa de heterosis. La estructura básica del arreglo de las flores es el racimo, las flores femeninas ocupan las posiciones basales y las masculinas las distales. Estas últimas son más pequeñas y generalmente más numerosas que las femeninas.

Las inflorescencias se forman a partir de yemas en el punto de inserción de las ramificaciones reproductoras. Ocasionalmente estas se desarrollan a partir de las yemas, en las axilas de las hojas de la parte superior de la planta.

La flor masculina es esférica, con diámetro de aproximadamente 0.5 cm. Presenta un pedicelo recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es más grueso y largo. La flor femenina es ligeramente más grande que la masculina, sobre todo en su eje longitudinal.

Ambas no presentan ni cáliz ni corola, sino una estructura indefinida llamada perianto, compuesto de cinco tépalos (algo intermedio a los sépalos y pétalos en las flores completas). Los tépalos pueden ser amarillos, rojizos o morados.

FRUTO

El fruto es una capsula de 1 a 2 cm de diámetro, aristado (seis aristas longitudinales, estrechas y prominentes), dehiscente y semicircular.

Al madurar la semilla, el epicarpo y el mesocarpo se secan. El endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco, para liberar y dispersar, a cierta distancia, las semillas.

SEMILLA

Es el medio de reproducción sexual de la planta. Esta tiene un importante papel en el mejoramiento de la especie ya que se pueden obtener nuevos genotipos genéticamente superiores. Esta es ovoide-elipsoidal y mide alrededor de 1 cm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color negruzco con moteado gris.

RAÍZ

Las raíces son fibrosas, tiempo después una parte de ellas se agranda, debido a la acumulación de almidón, y se denominan tuberosas. Este tipo de raíz es morfológica y anatómicamente igual a las raíces fibrosas; la diferencia radica en el cambio de la dirección del crecimiento, de longitud radial, cuando se inicia la acumulación de almidones (1).

Si la planta proviene de semilla sexual se desarrolla una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden, si proviene de estacas, las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca y las yemas de la estaca que están bajo la tierra. El número de estas se determina, en la mayoría de los casos, en la primera etapa de crecimiento de la planta.

CLONES COMERCIALES

Los clones incluidos en el Registro Oficial de Variedades y autorizados para plantar en el país son: Señorita, CMC-40, CEMSA 74-725, CEMSA 74-6329 e INIVIT Y 93-4. Además, los clones: Selección Holguín, Enana Rosada y Jagüey Dulce que constituyen ecotipos locales para la región oriental.

Para producir yuca los 12 meses del año debe ponerse en práctica la estrategia clonal mostrada en la Tabla III.

Como resultado del Programa de Investigaciones de Mejoramiento Genético del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el INIVIT, se obtuvieron 13 cultivares que se caracterizaron según la Lista de Descriptores desarrollada por el Instituto a partir de los recomendados por el IBPGR (Consejo Internacional para los Recursos Fitogenéticos) y el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), con el propósito de facilitar la evaluación del comportamiento de estos. Dentro de ellos se encuentran: INIVIT Y-98-1, INIVIT Y-98-2 e INIVIT Y-98-3 (14).

Tabla III. Estrategia Clonal (INIVIT, 2004) (14)

Clones	Época óptima de plantación	Ciclo de cosecha
'CMC-40'	noviembre-diciembre	julio-octubre (8-11 meses)
'INIVIT Y-93-4'		
'CEMSA 74-725'	noviembre-febrero	octubre-diciembre (11-15 meses)
'CEMSA 74-6329'		
'Señorita'	noviembre-febrero	diciembre-junio (13-18 meses)
'CEMSA 74-6329'	noviembre-diciembre	Durante todo el año (julio-junio)

A esta estrategia podrán incorporarse los ecotipos locales aprobados, en dependencia de su ciclo de cosecha

PLANTACIÓN

1. Época de plantación

Época óptima (noviembre-15 febrero), no obstante puede plantarse durante todo febrero, marzo, abril y para la región oriental se incluye el mes de junio.

Plantando en fecha óptima se garantizan dos objetivos fundamentales:

- ⇒ Cerrar plantaciones antes de inicio de las lluvias.
- ⇒ Las plantaciones presentan un buen desarrollo vegetativo en el momento de mayor incidencia de plagas, amortiguando las pérdidas por esta causa.

2. Distancia de plantación

La distancia de plantación está en función de factores como el hábito de crecimiento del clon y la fertilidad del suelo, entre otros (Tabla IV).

Tabla IV. Distancia de plantación según el hábito de crecimiento del clon a plantar

Clon	Camellón (m)	Narigón (m)
Erecto	0.90	0.90
	1.20-1.40	0.70
Ramificado	0.90	1.0-1.10
	1.20-1.40	1.80-0.90

Para el caso de regiones con suelos poco fértiles se emplean distancias de 0,90 m de narigón para clones ramificados.

3. Formas de plantación

La plantación se realizará colocando la estaca en forma inclinada u horizontal.

- a) *Forma inclinada*: La estaca quedará formando un ángulo de

45° con el suelo y se dejará una sola yema que se tatará con los aporques posteriores. Velar que no queden las yemas invertidas, pues se retarda la brotación.

- b) *Forma horizontal*: Favorece la plantación mecanizada y permite el uso de herbicidas pre emergentes.

4. Métodos de plantación

Manual: La plantación se hace a mano colocando la estaca en el surco.

Mecanizada: Se usa tractor preferentemente con la máquina de TR-4M o similares y con un mínimo de costo usamos también cuando sea necesario la tracción animal.

5. Profundidad de plantación

En la profundidad de plantación tiene que ver mucho el tipo de suelo, si es arenoso la estaca se planta más profunda que si es arcilloso, pesado y húmedo o si es seco o con riego por lo general la estaca se planta a una profundidad de 5-8 cm.

FORMAS DE PROPAGACIÓN

Los agricultores han perpetuado el cultivo de la yuca mediante la propagación vegetativa utilizando semillas asexuales (estacas o pedazos de tallos) en plantaciones repetidas lo que constituye un riesgo, debido a que es posible diseminar plagas y enfermedades, principalmente organismos sistémicos (virus y micoplasmas) (3), constituyendo una de las principales limitantes en los rendimientos y la expansión del cultivo (4).

Se puede propagar también, de forma sexual a partir de semilla verdadera (semilla sexual botánica),

pero esta tiene el inconveniente de segregación, ya que esta especie es heterocigótica y alógama (15).

Otra vía la constituye, la aplicación de las técnicas de cultivo *in vitro* o propagación clonal *in vitro* la cual ha sido motivo de frecuentes estudios y ha alcanzado importantes logros (16, 17).

Las técnicas de cultivo *in vitro* se basan en el aislamiento de una porción de tejido de la planta, cultivada bajo condiciones asépticas, en un medio de cultivo de composición definida, que ofrece múltiples ventajas, entre ellas, se recupera el vigor y la productividad de las plantas, y a su vez, contribuye a la producción de semilla de alta calidad, libre de virus y de cualquier otro patógeno (3, 18).

De forma general se han desarrollado varias vías para realizar la propagación clonal *in vitro*, entre las que se encuentran el cultivo de meristemos, ápices o yemas axilares y embriones sexuales, la microinjertación, la organogénesis y la embriogénesis somática (1, 19).

CULTIVO *In Vitro* DE LA YUCA

Los primeros reportes de la aplicación de técnicas biotecnológicas en el cultivo de la yuca se remiten a principios de la década del 70 y hasta la fecha se han logrado importantes avances, entre los que se pueden citar:

- ✱ Cultivo de callos

La formación de callos y la organogénesis en yuca fue reportada por Tilquin en el año 1979 mediante el cultivo de entrenudos y observó la formación de protuberancias de color verde sobre los callos que se diferenciaban a estructuras similares a hojas. En estudios sobre el desarrollo de callos de yuca (20, 21) utilizando diferentes auxinas y otros compuestos en el medio basal de Murashige y Skoog (MS) (1962), concluyeron que las auxinas y citoquininas son requeridas para el crecimiento de callos y la formación de raíces (22).

✿ Micropropagación y saneamiento

Mediante la propagación *in vitro* se puede evitar que los clones, ya probados respecto a la presencia de organismos patógenos, se contaminen de nuevo por acción de los insectos, el aire, el agua y otros organismos patógenos transportados por el suelo (16). La metodología de saneamiento de clones de yuca, consiste en un proceso de termoterapia seguido del cultivo de meristemos, que ha permitido realizar con éxito el saneamiento masivo de clones de yuca infectados o con sospechas de infección (23).

En la literatura aparece una serie de autores que vinculan la termoterapia, la quimioterapia y el cultivo de meristemos con el saneamiento de virus en el cultivo de la yuca (16, 24, 25 y 26).

✿ Micropropagación mediante cultivo de un solo nudo

La técnica más simple de micropropagación *in vitro* de la yuca es el cultivo de segmentos nodales obtenidos de plántulas derivadas de puntas meristemáticas (16, 27).

La obtención de plantas a partir de meristemos apicales de yuca se logró sobre el medio de Murashige y Skoog (1962), suplementado con BAP, ANA y AG3 (28). En 1984 se reporta un método *in vitro* para la propagación clonal de plantas de yuca, donde se utilizó ápices meristemáticos como fuente de inóculo primario y el empleo de segmentos de brotes jóvenes con el propósito de multiplicar en gran escala sobre el medio de Murashige y Skoog (1962) suplementado por ANA (1 mg/L), Kinetina (0,2 mg/L) y AG3 (0,5 mg/L) (29).

Una explicación detallada de la propagación clonal *in vitro* por cultivo de meristemos fue reportada por Roca, quien señala la importancia de esta técnica como fundamento de la multiplicación acelerada de individuos libres de virus y otras enfermedades e insectos (30).

✿ Micropropagación mediante cultivo de brotes múltiples

Los requerimientos para lograr una multiplicación rápida de clones élitos se pueden satisfacer mediante la inducción del cultivo de brotes múltiples o «roseta» iniciados con puntas meristemáticas. El método consiste en la adición de una dosis alta (1.0-5.0 mg/L) de BAP que rompe la dominancia apical y da origen a un cultivo en «roseta», cuya transferencia a un medio libre de BAP, pero enriquecido con AG3 promueve el crecimiento de yemas axilares que forman de 10-20 brotes por cultivo (16).

Mireles y Páez en 1984, lograron la inducción de «roseta» a partir de ápices caulinares de diferentes tamaños del clon 'UCV-2578', utilizando el medio de cultivo MS (1962) suplementado con ANA y BAP, y la formación de estas estructuras se observó a la séptima semana de cultivo. Además, con la finalidad de incrementar la tasa de multiplicación *in vitro* de la yuca se realizó un estudio de seis medios de cultivo en estado sólido y líquido, utilizando combinaciones de hormonas y vitaminas, concluyendo que incluir como hormona solo el BAP en los medios de cultivo iniciales fue beneficioso para la mejor formación de las «rosetas» y el desarrollo de los brotes foliares (31).

✿ Micropropagación por embriogénesis somática

El primer reporte, encontrado en la literatura, sobre embriogénesis somática en yuca fue realizado por Stamp y Henshaw en 1982, utilizando pedazos de cotiledones de semillas maduras cultivados en un medio básico de Murashige y Skoog (MS) (1962) suplementado con 2,4D y BAP (32).

Estudios anatómicos y morfológicos demostraron que los embriones se desarrollaron de forma similar en semillas maduras y explantes foliares clonales de yuca (33, 34). En Cuba, se puso a punto un protocolo para la obtención de embriones somáticos a partir de hojas

inmaduras (35), así como la obtención de embriones somáticos a partir de yemas axilares (1).

Y DESPUÉS... ¿CÓMO DISEMINAR LAS SEMILLAS DE YUCA?

En las actuales condiciones de la agricultura cubana, caracterizadas por una baja disponibilidad de insumos químicos y energéticos, el aumento de la diversidad genética de los cultivos manejados por los campesinos, es una alternativa importante para la solución de problemas como bajos rendimientos y afectaciones por plagas y enfermedades (36).

En Cuba, se han realizado muchos esfuerzos para alcanzar altos rendimientos en cultivos tropicales de importancia como la yuca, la malanga y los bananos, los cuales poseen altos potenciales de rendimiento y por tanto, representan una garantía en cuanto a la alimentación de la población, ya que son de mucha demanda por la población rural cubana, que ha mantenido una cierta diversidad en los mismos, pero no poseen los recursos para la obtención y multiplicación de una semilla de calidad, por lo que muchos cultivares locales se han perdido y los rendimientos han ido decreciendo a causa del envejecimiento de la semilla unido a la influencia de las enfermedades y plagas que se han ido acumulando en el material de plantación empleado (37).

Los argumentos anteriores apuntan hacia la necesidad de desarrollar estrategias descentralizadas (entiéndase por descentralización la acción de tomar decisiones a nivel local) en el manejo de las semillas que estimule el acceso de variedades, la innovación, experimentación y colaboración entre agricultores y fitomejoradores para el desarrollo de este cultivo en diferentes condiciones edafoclimáticas, una de las vías del fortalecimiento de los sistemas locales de semillas (38).

El sistema formal de semillas es aquel donde los recursos fitogenéticos son manejados fundamentalmente por científicos e instituciones públicas y privadas. Este sistema centralizado ha traído, hasta el momento, muy poca ventaja para las comunidades agrícolas y la adopción de variedades ha sido poco exitosa (39).

Aun cuando el sistema formal de semilla tiene la capacidad de seleccionar, introducir, generar y evaluar materiales genéticos a través de sus redes de estaciones experimentales, universidades e institutos de investigación, este sistema continúa presentando dificultades en diseminar variedades mejoradas (40); en ocasiones las variedades procedentes de los programas convencionales resultan vulnerables al ataque de plagas y enfermedades, en ciertos ambientes específicos caracterizados por el empleo de bajos niveles de agroquímicos (41).

Por el contrario, los sistemas locales de semillas son aquellos en los que los campesinos, como principales actores en el manejo de los recursos fitogenéticos, conservan, producen, seleccionan e intercambian semillas, tanto de variedades mejoradas como locales de diferentes cultivos agrícolas (42). A partir de lo anterior, resulta necesario entender y sistematizar los cambios que se establecen en relación con el manejo y la conservación del cultivo en comunidades tradicionales a partir del proceso masivo de selección participativa de variedades en la profundización de los criterios y niveles de adopción para el fortalecimiento de los sistemas locales de semillas (40).

Las ferias de diversidad, en sus diferentes modalidades, comienzan en nuestro país desde 1999, inicialmente en el cultivo del maíz, surgen en Cuba como parte del proyecto cubano de Fitomejoramiento Participativo, con sede en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y auspiciado por IDCR, la Embajada de Canadá en Cuba y el Ministerio de Educación Superior, buscando el

fortalecimiento de los sistemas locales de agrobiodiversidad a través de la participación campesina, con el objetivo principal de facilitar el flujo de semillas de los institutos científicos hacia el agricultor y viceversa (43); estas son, además, un mecanismo interesante para la integración armoniosa de los conocimientos y habilidades de los agricultores y de los fitomejoradores en la búsqueda de soluciones prácticas a las necesidades en materia de especies y variedades (44, 45), hasta la fecha son numerosas las ferias realizadas, principalmente en cultivos autógamos, pero no se descarta la necesidad futura en otros cultivos.

La primera Feria de Diversidad en el cultivo de la yuca, se realizó en la finca de Silvia y Alfaró ubicada en la localidad El Tejar, por campesinos del municipio La Palma, Pinar del Río; tuvo lugar en el marco del XIV Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gracias al Proyecto Internacional «Rescate y Producción de clones locales de yuca y malanga a través de métodos biotecnológicos», financiado por el CBN-CIAT, en estrecha relación con el proyecto de Fitomejoramiento Participativo como estrategia complementaria en Cuba y la participación vital del Partido Comunista de Cuba (PCC), la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), Ministerio de Agricultura de Cuba (MINAGRI) y el Órgano Local del Poder Popular (OLPP) (46).

En sentido general fue definida como una gran fiesta social campesina, que contribuyó al rescate de las tradiciones cubanas, además al mejoramiento del nivel de vida de nuestros campesinos, creando la base de una amplia participación de los agricultores en el proceso de selección de sus propias variedades; este interesante mecanismo facilitó la integración de los conocimientos y las habilidades de agricultores y fitomejoradores en lograr soluciones prácticas, involucrando de manera interactiva y muy dinámica a los actores de la comunidad y estimulando

significativamente fuentes prácticas de innovación local.

El desarrollo de la Feria mostró además, que estas constituyen un evento social y cultural importante en las comunidades rurales cubanas, garantizando un espacio para el trabajo educativo, ambiental y recreativo.

CONSIDERACIONES GENERALES

Por lo expuesto anteriormente, la yuca podría convertirse en materia prima básica de una gran variedad de productos elaborados, lo que incrementaría eficazmente la demanda de esta raíz y contribuiría a la transformación agrícola y al crecimiento económico en áreas locales marginales.

Para lograr lo antes expuesto, aun debemos mejorar la oferta y la calidad de la producción, insistir en la divulgación y adecuación de las tecnologías productivas, diseminar nuevas variedades e introducir semilla de alta calidad. Si se cumple al menos un grupo de estas recomendaciones, contribuiríamos eficazmente al programa actual cubano de seguridad alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento al colectivo de trabajadores del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), en especial a los del grupo de Biotecnología por la ayuda técnica en la confección de esta revisión bibliográfica.

REFERENCIAS

1. Mederos, V. Embriogénesis somática en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). [Tesis de Doctorado]. Centro de Bioplantas, Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, 2006. p. 5.
2. FAO. Los datos de FAOSTAT. [Consultado: 8/abril/2006]. Disponible en: <http://www.fao.org>.

3. Albarrán J.; F. y Fuchs, M. Propagación clonal rápida de variedades comerciales de yuca mediante técnicas biotecnológicas. Seminarios CENIAP 2003 Maracay, Aragua, Venezuela. [Consultado: 14 /mayo/ 2004.]. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/albaran.htm
4. Mantilla, J. E. Producción de material de yuca. En: La yuca frente al hambre del mundo tropical. La yuca frente al hambre del mundo tropical. Maracay, Venezuela: A. Montaldo (Ed.), 1996. p. 35- 55.
5. Allem, A. C. The evolutionary relationships of Brazilian *Manihot* (*Euphorbiaceae*). En: Lecture delivered at the «*Manihot* taxonomy and conservation workshop». Memories. 1995. CIAT, Cali, Colombia, 7-11 November, 15 p.
6. Simmonds, N. E. Evolution of crop plants. 3a. ed. Londres, Reino Unido y Nueva York Ed. Longman. 1976. 339 p.
7. Hershey, C. y Amaya, A. Genética, citogenética, estructura floral y técnicas de hibridación de la yuca. En: Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1983. Colombia, Cali, p. 113- 126.
8. Ceballos, H.; Lentini, Z.; Pérez, J. C. y Fregene, M. Introduction of in breeding in cassava through the productions of doubled haploids. En: International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network (6: 2004, 8- 14 March: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Abstracts: Cali, Colombia. 2004. p. 125.
9. Rodríguez, S. Situación actual y perspectivas de los cultivos varios. [Informe a la Asamblea Nacional del Poder Popular. Ministerio de la Agricultura]. Asamblea Nacional del Poder Popular, Ciudad de La Habana, 2004. 45 p.
10. Rivera, R. Radio ONU. [visita: mayo 2004]. Disponible: <http://español.weather.com>.
11. Cock, J. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. En: Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1989. Colombia, Cali, p. 240.
12. Buitrago, A. La yuca en la alimentación animal. En: Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1990. Colombia, Cali, p. 450.
13. Domínguez, C.E.; Ceballos, L.F y Fuentes C. Morfología de la planta de yuca. En: Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1983. Colombia, Cali, p. 29- 49.
14. INIVIT. Cultivo de la yuca. Instructivo Técnico. [Consultado : 15/5/ 2006] Disponible en <http://www.cubaciencia.cu/instructivos/cultivodelayuca.htm>.
15. Ceballos, H. La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. En: La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenarío. Colombia, Cali, CIAT: Eds. Ospina, B. 2002. p. 1- 13.
16. Roca, W. M. /et al./ Eliminación de virus y propagación de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones Colombia, Cali, CIAT: Eds. Roca, W. M.; Mroginski, L.A. 1991.p.403-420.
17. Fregene /et al./ Biotecnología para la yuca. En: La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Colombia, Cali, CIAT: Eds. Ospina, B.; H. Ceballos. 2002. p. 377- 405.
18. Perea, M. Sistemas de propagación clonal y obtención de plantas libres de patógenos. En: X Curso Nacional: cultivo de tejidos vegetales y sus aplicaciones en la agricultura, INIVIT: mayo- junio. 1993. p. 33- 42.
19. Medero, V. /et al./ Sistema de Inmersión Temporal para producción intensiva de material de siembra de yuca. Continente yuquero; Informativo del Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la investigación y Desarrollo de la Yuca, CLAYUCA. 2001, No3, p. 10- 11.
20. Noerhadi, E. y Widiyanto, S. N. Callus growth of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). En: International Scientific Meeting (5: 1982, 5, 12: CIAT). Proceedings Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 85-86 p.
21. López, D. Inducción de callo embriogénico friable (CEF) y regeneración de plantas de la variedad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)» MCol2215". Tesis en opción al grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Palmira, 2000. p. 75.
22. Murashige, T. y Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plantarum*, 1962, vol. 15, p. 473-497.
23. López, C. Medios de cultivo. En: Fundamentos Teórico Práctico del Cultivo de Tejidos Vegetales. Eds Cadmo, H. R y V. M. Villalobos. Roma: FAO, 1990. p. 15-19.
24. Roca W. y Jayasinghe, U. El cultivo de meristemas para el saneamiento de clones de yuca. Guía de estudio. Serie 04SC-02.05. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1982. p 47.
25. Mronginski, L. A. y Roca, W. Micropropagación: conceptos, metodología y resultados. En: Cultivo de Tejidos en la Agricultura. Fundamentos y Aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1991. p. 127.
26. Krikorian, A. D. Propagación clonal *in vitro*. En: Cultivo de tejidos en la Agricultura: Fundamentos y Aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia: Eds W.M. Roca; L. A. Mroginski, 1991. p. 95-125.
27. Jiménez, E. Generalidades del cultivo *in vitro*. En: Propagación y Mejora Genética de plantas por Biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central «Martha Abreu» de Las Villas, Santa Clara, Cuba: Eds Pérez, J. N. 1981 p. 13-24.
28. Albarrán, J.; Fuenmayor, F. y Fuchs, M. Propagación clonal rápida de variedades comerciales de yuca mediante técnicas biotecnológicas. En: Seminarios CENIAP (3: 2003) [Consultado: 13/5/ 2004]. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/albaran.htm>.
29. Roca, W. Cultivo de tejidos en yuca. Guía de estudio. Serie SE-07-80. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1980. p. 16.

30. Roca, W. y Beltrán, J. El cultivo de meristemas para la conservación de germoplasma de yuca *in vitro*. Guía de estudio. Serie 04SC-05.03. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1984. p. 44.
31. Roca W. y Jayasinghe, U. El cultivo de meristemas para el saneamiento de clones de yuca. Guía de estudio. Serie 04SC-02.05. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1982. p. 47.
32. Mireles, M. y Páez de Casares, J. Inducción de roseta en yuca, para la propagación múltiple de la planta *in vitro*. En: Avances en las investigaciones de los cultivos de Raíces y Tubérculos Tropicales en Venezuela. Venezuela: Eds Montaldo, A. 1984. p. 73-81.
33. Stamp, J. A. y Henshaw, G. G. Somatic embryogenesis in cassava. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 1982, vol. 105, p. 97-102 p.
34. Alvarenga, S. Laboratorio. Cultivo de Tejidos I. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Investigación en Biotecnología. Escuela de Biología. ITCR. 2007.
35. Medina, R. D.; Faloci, M. M.; Neffa, Solís y Mroginski, L. A. Embriogénesis somática y regeneración de plantas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de cultivares de interés para Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias del INTA*, 2003, vol. 32, no. 3, p. 143-160.
36. Medero, V. /et al./ Embriogénesis somática a partir de meristemas axilares en yuca. *Biotecnología Vegetal*, 2000, 1, p. 21-26.
37. Moreno, I. /et al./ Los niños, semillas del futuro: una experiencia en Cuba. *LEISA Revista de Agroecología*. 2004, vol. 20, no. 2, p. 35.
38. Hernández, M. M. Rescate y Producción de clones locales de yuca y malanga a través de métodos biotecnológicos. En: Informe de Etapa Proyecto Internacional «Rescate y Producción de clones locales de yuca y malanga a través de métodos biotecnológicos». Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA- CIAT). La Habana. Cuba. 2004.
39. Moreno, I.; Ríos, H. y Almekinders, C. Caracterización de los sistemas locales de arroz de La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 4, p. 49- 54.
40. Fe, C. de la y Martínez, M. El Fitomejoramiento Participativo en Cuba. Logros y Perspectivas. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 4, p. 33-40.
41. Ríos, H. Nuevas Luces del Fitomejoramiento Participativo en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 4, p. 123-134.
42. Lamin, N. G.; Miranda, S. y Ríos, H. Evaluación del impacto de la selección participativa de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 4, p. 89-94.
43. Miranda, S.; Soleri, D.; Acosta, R. y Ríos, H. Caracterización de los sistemas locales de semillas de frijol y maíz de La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 4, p. 41-49.
44. Ríos, H. y Wright, J. Primeros intentos para estimular los flujos de semillas en Cuba. *Boletín de ILEA para la Agricultura Sostenible de Bajos Insumos Externos*. 2000, vol. 15, no. 3- 4.
45. Dueñas, F /et al./ Los niños y las Ferias de Agrodiversidad, una vivencia en Cuba. *LEISA Revista de Agroecología*, 2004, vol. 20, no. 2, p. 70.
46. Montes, A. Estudio de caso: fitomejoramiento participativo en Cuba. Promoción de la biodiversidad y la seguridad alimentaria por campesinos e investigadores. Bogotá. Colombia, marzo, 2004. p. 51.
47. Suárez, L /et al./ La Feria de la Yuca (*Manihot esculenta*). Gran Fiesta Social Campesina. *Revista TEMAS*, 2008, p. 47.

Recibido: 29 de junio de 2010

Aceptado: 14 de abril de 2011

¿Cómo citar?

Suárez, Lorenzo y Mederos, Víctor. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 3, p. 27-35. ISSN 0258-5936