

# YUCA

## boletín

### informativo

Volumen 13 No. 1 Agosto 1989 ISSN 0120-1824

36711

## Descripción de Nuevos Marcadores Genéticos en Yuca

*Clair Hershey, César H. Ocampo*

Los marcadores genéticos controlan los caracteres que se pueden identificar fácilmente en distintos estados de desarrollo de la planta. Cada uno de estos estados está controlado por diferentes alelos cuya expresión recibe poca influencia del ambiente. Tales genes pueden ser una herramienta para estudiar ligamiento o sistemas de apareamiento. Algunas veces estos son determinantes de caracteres económicos.

En algunos cultivos que se han estudiado ampliamente, como el maíz o las alverjas, se conocen cientos de marcadores genéticos. En yuca solamente se han reportados tres previamente: diámetro del lóbulo de hoja (Graner, 1942), ancho (recesivo) contra angosto (dominante); color de la superficie de la raíz (Graner, 1942; Jos and Hrish, 1976), claro (recesivo) contra oscuro (dominante), y esterilidad masculina (recesivo) contra fertilidad (dominante) (Jos and Nair, 1984). Este artículo describe cinco nuevos marcadores genéticos en yuca. ➡

**Contenido**

Descripción de Nuevos Marcadores Genéticos de Yuca .....	1
La Yuca en Sistemas de Producción con Estratos Múltiples .....	11
Extracción del Calcio por <i>Phenacoccus herreni</i> y sus Principales Síntomas y Efectos en la Fotosíntesis de la Yuca .....	8
Producción de Saka Saka con Hojas de Yuca .....	11
James Cock se Retira del Liderazgo del Programa de Yuca .....	12
Proyectos de Investigación en Cuba .....	13
Picadora Mecánica de Yuca .....	14
<b>Cartelera</b>	
La Fundación Kellogg Financia Proyecto Colaborativo en Brasil .....	14
En Brasil, Reunión sobre Residuos de Yuca .....	14

**Colaboradores en este número**

*Clair Hershey, César Humberto Ocampo*, mejorador y asistente de investigación respectivamente, Programa de Yuca, CIAT.

*S. P. Ghosh, G. M. Nair, M. Prabhakar, N. G. Pillai, B. Mohan Kumar, S. Kabeerathamma, T. Ramanujam, K. S. Pillai, M. Thankappan, K. R. Lakshmi y T. K. Pal*, Central Tuber Crops Research Institute, Sreekariyam, Trivandrum, Kerala, India.

*Octavio Vargas H., Anthony C. Bellotti, Mabrouck El-Sharkawy, Ana del Pilar Hernández*, asociado de investigación, entomólogo, fisiólogo y asistente de investigación respectivamente, Programa de Yuca, CIAT.

*Aboua Firmin*, Centre Ivoirien de Recherches Technologiques (CIRT) Abidjan, Ivory Coast.

*Sergio Rodríguez*, subdirector de investigación, Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales, (INIVIT), Santo Domingo, Cuba.

*V. V. Sreenarayanan, R. Visvanathan y K. R. Swaminathan*, College of Agricultural Engineering Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.

Yuca boletín informativo es preparado por Director editorial: Jack Reeves

Coordinación: Gloria Charry

Producción: Artes Gráficas, CIAT

El contenido de Yuca boletín informativo puede reproducirse citando la fuente. Suscripción gratuita en la Oficina de Distribución de Publicaciones, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Yuca boletín informativo se publica también en inglés como *Cassava Newsletter* y en francés como *Manioc, bulletin d'information*.

## Materiales y métodos

En 1987 y 1988 la sección de mejoramiento del Programa de Yuca del CIAT estudió diferentes caracteres para determinar si sus patrones de segregación eran consistentes con genes simples heredados. Aquellos que mostraban dos estados diferentes, y aparentemente tenían poca influencia ambiental, se preseleccionaron para estudios genéticos más detallados. Los caracteres que se estudiaron, y los dos estados contrastantes fueron: producción de clorofila (normal contra albino); hábito de crecimiento del tallo (recto contra zigzag); color del colénquima del tallo (verde claro contra verde oscuro); color del parénquima de la raíz (blanco contra amarillo); y forma del lóbulo de la hoja (pandurado contra entero) (figura 1). En todos los casos, las plantas estudiadas fueron la progenie de primera generación (F<sub>1</sub>) de clones padres altamente heterocigotos.

La hipótesis formulada para la herencia de caracteres individuales se desarrolló con base en evidencias empíricas, y posteriormente se escogieron cruces que la comprobaran. El análisis estadístico de los resultados fue (chi)<sup>2</sup>, para determinar si las razones de la segregación diferían significativamente de aquellos en los cuales la hipótesis se formuló para un patrón de herencia monogénica.

## Resultados y discusión

### Producción de clorofila

El clon CG 165-7 cuando se autopolinizaba, producía progenie a una razón de 3:1 (normal:albino). Los otros cruces resultaron en plántulas normales. Se concluye que el albinismo es el resultado de un gen simple recesivo. Los autores proponen que el nombre del locus sea "A". Así, las plántulas albinas tienen genotipo aa (homocigoto recesivo), y las plantas normales son "Aa" o "AA". El clon CG 165-7 es un portador heterocigoto del alelo para albinismo (cuadro 1).

## Hábito de crecimiento del tallo

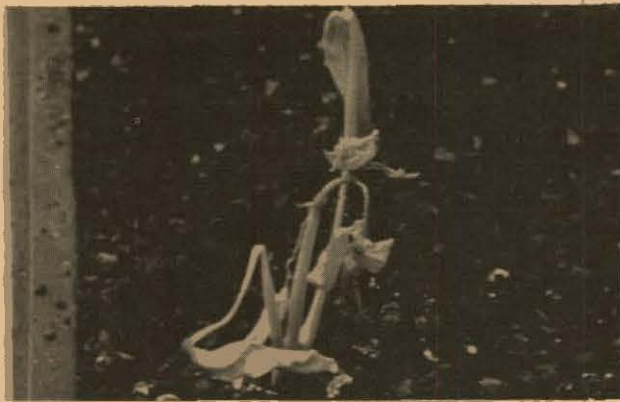
En la colección de germoplasma del CIAT solamente se han registrado tres clones poseedores de tallo con hábito de crecimiento en zigzag. De éstos, sólo MVen 217 ha producido suficiente semilla para realizar estudios genéticos. La progenie resultante de autopolimización de este clon presentó tallos en zigzag y los otros cruces produjeron tallos rectos (cuadro 2). Hay una fuerte evidencia que sugiere que un gen recesivo simple controla el tallo en forma de zigzag. El nombre propuesto para este locus es "Z". Así, el genotipo de MVen 217 es "zz", y los otros clones cruzados con MVen 217 fueron todos "ZZ".

Este carácter es especialmente interesante en yuca ya que es el único marcador genético inocuo expresado a nivel de plántula hasta ahora identificado. Un uso práctico de este gen sería estudiar polinización cruzada contra tasas de autofertilización en una situación dada de polinización abierta.

### Color del colénquima del tallo

El colénquima del tallo se puede observar fácilmente removiendo la epidermis externa de un tallo maduro. Los colores externos más comunes de los tallos de la yuca son el resultado de las cuatro combinaciones posibles de café claro u oscuro de la epidermis, y verde claro u oscuro del colénquima.

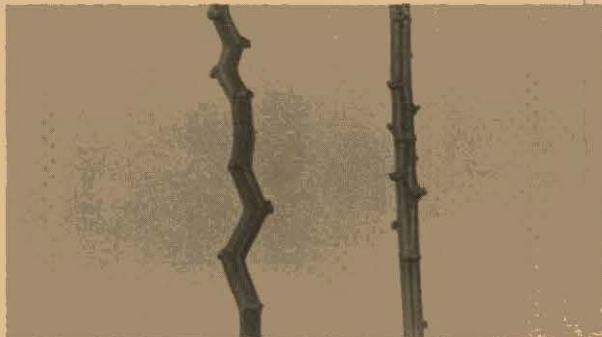
De observaciones preliminares de los datos de varios cruces, los autores desarrollaron la hipótesis de que el color del colénquima del tallo lo controla un gen simple, con verde claro dominante a verde oscuro. Los análisis de (chi)<sup>2</sup> en el cuadro 3 confirman la hipótesis. Los autores proponen llamar este locus "G". Plantas con colénquima verde claro tienen como genotipos "Gg", o "GG", y aquellas con verde oscuro lo tienen "gg".



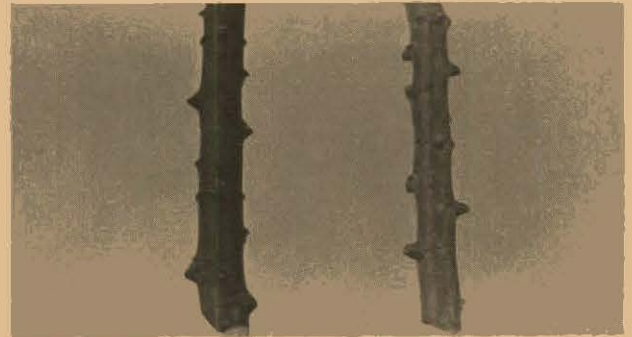
Producción de clorofila: Izquierda plántula albina, contra plántula normal.



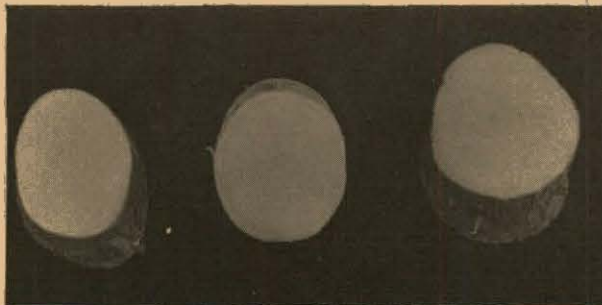
Color del colénquima del tallo: Izquierda verde oscuro, contra verde claro.



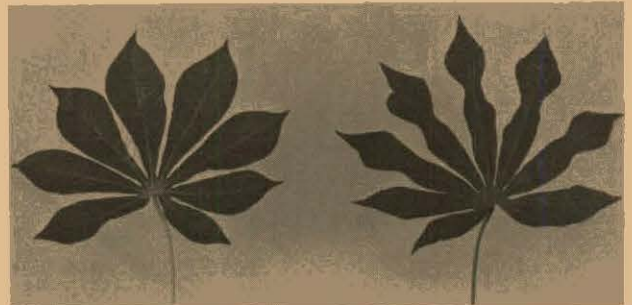
Hábito de crecimiento del tallo: Izquierda entrenado en zig zag, contra entrenado recto.



Color del colénquima del tallo: Izquierda verde oscuro, contra verde claro.



Color del parénquima del almacenamiento de la raíz engrosada: De izquierda a derecha blanco, amarillo claro, amarillo intenso.



Forma del lóbulo de la hoja: Izquierda lóbulo foliar normal, contra lóbulo pandurado.

Figura 1. Fenotipos contrastantes de los marcadores genéticos estudiados.

Cuadro 1. Cruces utilizados para estudiar la heredabilidad de plantas albinas en yuca.

Cruce	Fenotipo de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)		Tasa esperada	(chi) <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Normal	Albino		
CG 165-7 (X)	Normal	Normal	Aa	Aa	55	21	3:1	0.28
CM 523-7 (X)	Normal	Normal	AA	AA	22	0	1:0	0.00
CG 165-7 x CM 523-7	Normal	Normal	Aa	AA	60	0	1:0	0.00
CM 523-7 x CG 165-7	Normal	Normal	AA	Aa	31	0	1:0	0.00

**Cuadro 2.** Cruces utilizados para estudiar la heredabilidad del hábito de crecimiento del tallo.

Cruce	Fenotipo de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)		Tasa esperada	(chi) <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Recto	Zigzag		
Mbra 12 (X)	Recto	Recto	ZZ	ZZ	4	0	1:0	0.00
MVen 217 (X)	Zigzag	Zigzag	zz	zz	0	17	0:1	0.00
Mbra 12 x MVen 217	Recto	Recto	ZZ	zz	18	0	1:0	0.00
MVen 217 (O.P.)	Zigzag	?	zz	?	71	6	?	—

**Cuadro 3.** Muestra de cruces (de un total de 67) utilizados para estudiar la heredabilidad del color del colénquima del tallo.

Cruce	Fenotipo de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)		Tasa esperada	(chi) <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Claro	Oscuro		
MCol 948C (X)	Claro	Claro	Gg	Gg	43	15	3:1	0.02
MCol 948C x CM 847-11	Claro	Claro	Gg	GG	45	0	1:0	0.00
CG 165-7 (X)	Oscuro	Oscuro	gg	gg	0	26	0:1	0.00
CG 165-7 x CM 523-7	Oscuro	Claro	gg	Gg	30	25	1:1	0.45
CM 847-11 x CM 922-2	Claro	Oscuro	GG	gg	36	0	1:0	0.00

## Color del parénquima de la raíz

En la fase inicial de este estudio, las observaciones sobre el color del parénquima de la raíz se dividieron en sólo dos clases: amarillo y blanco. Los datos que se obtuvieron en varios cruces se usaron para formular la hipótesis del control del gen simple para el carácter, con amarillo dominante a blanco (cuadro 4).

Sin embargo, en alguna de la progenie segregante se observó que había una aparente segregación en tres clases diferentes: blanco, amarillo claro, y amarillo intenso. Por esto algunos de los cruces aún disponibles en el campo al terminar el estudio, se reevaluaron y las plantas se clasificaron en tres grupos en lugar de dos. Los patrones de segregación sugirieron que el gen podría mostrar un efecto de dosificación, donde el homocigoto dominante muestra un amarillo intenso, el heterocigoto un amarillo claro, y el homocigoto recesivo es blanco (cuadro 5).

Los autores proponen el nombre "Y" para este locus. Así, los genotipos "YY", "Yy", y "yy" dan los fenotipos amarillo intenso, amarillo claro, y blanco, respectivamente.

De los marcadores estudiados, el color del parénquima es uno de los de mayor importancia económica obvia. En algunos mercados las raíces de parénquima amarilla son las preferidas. El componente amarillo de las raíces es el caróteno, un precursor de la vitamina A, nutrimento que necesita mayor atención por parte de los nutricionistas a causa de su deficiencia en grandes sectores de la población tropical. El hecho de conocer la genética de este carácter puede ser de gran ayuda para el fitomejorador en el momento de seleccionar los parentales apropiados.

## Forma del lóbulo de la hoja

De los clones utilizados como padres, solamente el CG 406-1 mostró el carácter pandurado de la hoja. Todos los otros tienen hojas anchas, no pandura-

das, presumiblemente homocigotas recesivas por el ancho de la hoja (cuadro 6).

En algunos de los cruces la segregación sigue los patrones clásicos mendelianos. Al excluir los cruces en los cuales CG 403-18 es uno de los padres, se puede formular la hipótesis de que un gen simple dominante controla la forma pandurada de la hoja. Si este es el caso, entonces se puede sospechar que el clon CG 413-18 tiene el gen dominante, pero su expresión está enmascarada por uno o más genes no alélicos, los cuales también pueden servir para enmascarar la expresión del gen en alguna proporción en la progenie.

## Conclusiones

Los estudios reseñados dieron como resultado la descripción de cinco marcadores nuevos en yuca que controlan los siguientes caracteres: producción de clorofila de las plantas, hábito de crecimiento del tallo, color del colénquima

**Cuadro 4.** Muestra de cruces (de un total de 68) utilizados para estudiar la heredabilidad del color del parénquima de la raíz.

Cruce	Fenotipo de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)		Tasa esperada	Chi <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Amarillo	Blanco		
MCol 948C x CM 847-11	Blanco	Amarillo	yy	Yy	22	23	1:1	0.02
CM 1585-13 (X)	Amarillo	Amarillo	Yy	Yy	12	7	3:1	1.42
CM 1999-5 (X)	Amarillo	Amarillo	Yy	Yy	10	3	3:1	0.03
CM 1999-5 x CM 1585-13	Amarillo	Amarillo	Yy	Yy	33	8	3:1	0.66
MBra 12 x CG 165-7	Blanco	Blanco	yy	yy	0	33	0:1	0.00

**Cuadro 5.** Cruces utilizados para probar la hipótesis del efecto dosificador del gen Y para el color del parénquima.

Cruce	Fenotipos de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)			Tasa esperada	(chi) <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Amarillo intenso	Amarillo claro	Blanco		
CM 507-37 x CM 523-7	Amarillo	Blanco	Yy	YY	0	14	18	0:1:1	0.50
CM 430-37 x CM 996-6	Amarillo	Amarillo	Yy	Yy	14	24	14	1:2:1	0.46
CM 1585-13 x CM 1999-5	Amarillo	Amarillo	Yy	Yy	16	32	10	1:2:1	1.87

**Cuadro 6.** Muestra de cruces (de un total de 22) utilizados para estudiar la heredabilidad de la forma pandurada de la hoja.

Cruce	Fenotipo de los padres		Genotipo de los padres		Progenie (no.)		Tasa esperada	(chi) <sup>2</sup>
	♀	♂	♀	♂	Pandurado	Normal		
CG 401-6 x MCol 2016	Pandurado	Entero	Pp	pp	38	37	1:1	0.01
CG 403-18 (X)	Entero	Entero	Pp	Pp	18	164	3:1	411.50
CG 403-18 x CG 354-12	Entero	Entero	Pp	pp	4	38	1:1	27.52
CG 401-6 x Cg 501-1	Pandurado	Entero	Pp	pp	64	60	1:1	0.13
MCol 1488 x MCol 2016	Entero	Entero	pp	pp	0	70	0:1	0.00

del tallo, color del parénquima de la raíz, y forma del lóbulo de la hoja. Se han propuesto nombres para cada locus y se han descrito los fenotipos dominantes y recesivos. En el caso del color del parénquima, el gen dominante parece tener un efecto de dosificación que resulta en un color más intenso en el homocigoto, en comparación con el heterocigoto. La forma pandurada de la hoja presenta patrones de segregación poco claros, lo que sugiere efectos epistáticos de otros genes.

Los cruces recíprocos en el estudio de la herencia del albinismo en plántulas, el color del colénquima del tallo y el color del parénquima de la raíz mostraron razones de segregación idénticas en

ambas direcciones, indicando que la herencia no está influenciada por efectos citoplasmáticos.

Mientras que el CIAT ha hecho algunos estudios preliminares sobre ligación entre genes recientemente identificados, es necesario analizar más cruces. Sería igualmente importante en el futuro, estudiar en lo posible ligación de los genes marcadores con caracteres de herencia multigénica, y de importancia económica.

El CIAT ha iniciado el establecimiento de una colección de marcadores genéticos compuesta de genotipos conocidos de todos los genes marcadores descritos, con las combinaciones genotípicas

posibles para estos marcadores. Estos estarán disponibles para los investigadores interesados.

## Referencias

- Graner, E. A. 1942. Genética de *Manihot*. 1. Hereditariade da forma da folha e da coloracao da película externa das raices en *Manihot utilissima* Pohl. *Bragantia* 2:13-22.
- Jos, J. S.; Hrisi, N. 1976. Inheritance of leaf shape in cassava. *J. Root Crops* 2:10-12.
- ; Nair, R. B. 1984. Genetics of male sterility in a genotype of cassava. *Current Sci.* 53:494-496. ■

# La Yuca en Sistemas de Producción con Estratos Múltiples

S. P. Ghosh, G. M. Nair, M. Prabhakar, N. G. Pillai, B. Mohan Kumar, S. Kabeerathumma, T. Ramanujam, K. S. Pillai, M. Thankappan., K. R. Lakshmi y T. K. Pal

El estado sureño de Kerala es el primer productor y cuenta con la mayor área cultivada con yuca en India, desde que este cultivo se introdujo a este país en el siglo XVI. A pesar de ello, ha habido una disminución constante de área ya que especies más rentables como el caucho, se han introducido aprovechando las ventajas de las condiciones húmedas tropicales. Esto ha hecho necesario el análisis cuidadoso de los sistemas de producción de yuca existentes en el Estado.

El uso de sistemas de producción con estratos múltiples en los que las especies con diferentes tipos de follaje se mantienen también en niveles diferentes se ve como una forma realista de mantener la producción sostenida de yuca en la región.

## Diseño

Durante 1983-1986 se realizaron experimentos en la estación del "Central Tuber Crops Research Institute", en parcelas más o menos grandes (700-800 m<sup>2</sup>) localizadas en pendientes (8%-9%). El primer estrato de cultivo se conformó con cuatro especies perennes: cocotero, banano, *Eucalyptus* y *Leucaena*. La yuca ocupó el segundo estrato y cultivos anuales de temporada como el maní o el caupí para consumo fresco, constituyeron el estrato de cubierta del suelo. Se evaluaron también cultivos individuales de yuca y de las especies perennes, al igual que las asociaciones de yuca con maní, y de yuca con caupí para consumo fresco.

## Comportamiento de las especies perennes

### Crecimiento aéreo

La asociación con yuca y otros culti-

vos de temporada favoreció el crecimiento del *Eucalyptus*, siendo este efecto notable a los seis meses pero reduciéndose gradualmente hacia los 30 meses. Durante los primeros 12 meses, la yuca afectó adversamente el crecimiento de la *Leucaena* mientras que la floración y fructificación del banano se presentaron primero en los cultivos individuales. A los 30 meses la producción total de hojas y el diámetro del cuello de las plantas jóvenes de cocotero fue mayor en los cultivos individuales.

### Expansión de raíces

La asociación con yuca disminuyó la expansión lateral de las raíces tanto del *Eucalyptus* como de la *Leucaena* sin afectar el número de raíces primarias. La máxima expansión lateral del *Eucalyptus* en cultivo individual fue de 4.85 m en el 32<sup>o</sup>. mes, mientras que en las plantas asociadas con yuca fue de sólo 2.68 m. En los ensayos con banano, el espacio total entre las hileras (5 m) no lo cubrieron totalmente las raíces del banano ni en el 32<sup>o</sup>. mes. Aparentemente, el surco central de la yuca intercultivada no se encontró con las raíces del banano. La yuca en asociación incluso a los tres años, no tuvo efecto aparente en la expansión máxima ni en la longitud promedio de las raíces laterales del cocotero, pues la profundidad de la excavación en la base de los troncos se mantuvo 60 cm por debajo del nivel del suelo.

### Efecto de la sombra

El efecto de sombra de las plantas de *Eucalyptus* aumentó de 15% a 52.6% en tres años. El efecto de sombra de otras especies perennes pudo observarse únicamente en las hileras adyacentes de yuca que no cambió mucho en el caso del banano y de la *Leucaena*. En el caso

del cocotero, hubo un aumento gradual en el porcentaje de sombra de 5.5% a 18.2% en tres años (cuadro 1).

## Comportamiento de la yuca

### Crecimiento

En las tres temporadas, el crecimiento de la yuca en asociación con banano fue más vigoroso que con otras combinaciones. Sin embargo, este resultado fue más notorio durante el primer año del ciclo de cultivo de yuca con banano. El crecimiento de la yuca en asociación con *Eucalyptus* fue mucho más reducido a partir del segundo año. La inclusión de un cultivo de temporada como el maní, redujo el crecimiento de la yuca, pero tales reducciones no fueron marcadas en el caso del caupí para consumo fresco.

### Índice de área foliar (IAF)

El promedio del IAF de yuca en asociación con banano fue 2.34, 1.64 y 1.85 durante el primero, segundo y tercer año respectivamente, en contraste con 1.55, 1.37 y 1.34 registrados en la yuca como cultivo individual. Durante el primer año del ciclo de cultivo, no hubo efecto significativo del *Eucalyptus* y de la *Leucaena* en el IAF de la yuca. Sin embargo, desde el segundo año en adelante si lo hubo tanto de la yuca bajo *Eucalyptus* (11% a 38%) como bajo *Leucaena* (15% a 44%).

El IAF de la yuca no se afectó sino hasta el tercer año, cuando la yuca se cultivó en asociación con cocotero. El cocotero se sembró en macetas vegetales en las cuales la expansión de la raíz era limitada en los años iniciales. Por ésto no afectó el IAF. El maní y el caupí influyeron el promedio de IAF de la