



# CONSTRUCCIÓN DEL MAPA GENÉTICO DE LA YUCA

Por: **Fernando Angel**  
*Biólogo molecular*  
*Unidad de Biotecnología, CIAT*

**L**os mapas genéticos de los vegetales están orientados al mejoramiento, evaluación, y obtención de híbridos para la obtención de materiales altamente rendidores, resistentes a plagas y enfermedades. El primer mapa molecular de un cultivo vegetal que se realiza en América Latina es el de la yuca y un grupo de investigadores del Centro Internacional de Agricultura lo está realizando con mucho éxito.

En 1992 el Centro Internacional de Agricultura — CIAT—, localizado en el Valle del Cauca, inició un proyecto llamado la construcción del mapa genético de la yuca por medio del uso de marcadores moleculares.

Desde 1967 hasta entonces los esfuerzos de diferentes Centros de Investigación y organismos gubernamentales se habían centrado en la evaluación, mantenimiento y obtención de híbridos mejorados para producir una amplia variabilidad genética utilizada en los proyectos de selección de materiales altamente rendidores, resistentes a plagas y enfermedades. El interés se ha centrado en obtener una semilla de alta calidad y resistencia.

Sin embargo, estos objetivos se pueden lograr de una forma más rápida si se dispone de un mapa genético del

cultivo. Por esta razón, dicho mapa se está construyendo mediante marcadores moleculares, una de las tecnologías más modernas que existen en la actualidad.

## ¿QUE SON LOS MARCADORES MOLECULARES?

La construcción de un mapa genético usando marcadores moleculares se puede comparar con la colocación de puntos de referencia o banderas sobre una carretera que une varios pueblos. La carretera correspondería en este caso al ADN o ácido desoxirribonucleico, los pueblos a los genes que codifican para la síntesis de proteínas y los marcadores moleculares que se fabrican corresponderían a las banderas. De esta forma es posible cuando hayamos colocado muchas banderas (marcadores) marcar y aislar los pueblos (genes de yuca) que posean interés agronómico y económico.

En el ADN está codificada toda la biología de un organismo. Allí, en el caso de los humanos por ejemplo, está determinado mediante un código especial el color de los ojos, del cabello, de la piel, la estatura, etc. Lo mismo sucede en las plantas, si una planta naturalmente es resistente a un determinado patógeno es debido a que en su



ADN se encuentra el gen o los genes que codifica para dicha resistencia. Para poder aislar este gen es necesario disponer de marcadores o banderas que estén cerca de él, y de esta forma poder caminar a lo largo de la carretera (el ADN) con puntos de referencia ya existentes y llegar al pueblo que nos interesa, de manera rápida y segura.

La aplicación práctica del mapa molecular de la yuca se comenzará a realizar a partir del próximo año cuando se disponga de un mapa bien saturado, es decir con bastantes marcadores. El primer mapa molecular de un cultivo vegetal que se llevó a cabo fue el del tomate, realizado en la Universidad de Cornell, en Estados Unidos y fue dado a conocer en 1986. A partir de allí, se han construido mapas de arroz, maíz, trigo, papa, soya, cebada, lenteja, frijol, lechuga y caña de azúcar. Todos los mapas han sido realizados en Universidades Norteamericanas o Europeas. El mapa de la yuca será el primero realizado enteramente en un Centro Internacional de Agricultura Tropical y el primero en América Latina. Dicho mapa podría contribuir a la solución de problemas de este cultivo tan importante para los pequeños productores de bajos ingresos en los países tropicales.

### YUCA: PLANTA TROPICAL DE LAS LILIACEAS

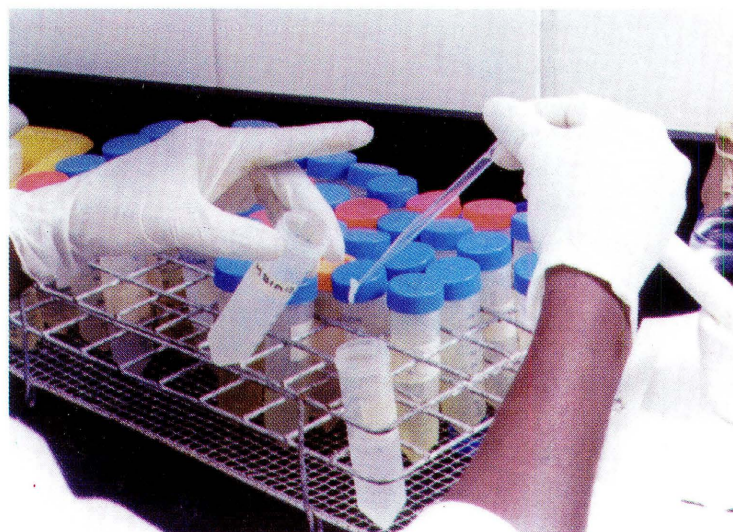
La yuca fue llevada por los europeos a Africa y Asia después del descubrimiento de América y hoy la mayoría de los cultivos se encuentran distribuidos principalmente en las tierras bajas y calientes de los trópicos, aunque algunas variedades se desarrollan muy bien en tierras altas y frías de la zona andina.

El cultivo está considerado como de subsistencia, debido a su alta capacidad de adaptación a suelos ácidos e infértiles, a su resistencia a malezas y plagas y a su habilidad para resistir largos períodos de sequía. Ocupa el cuarto lugar como fuente de calorías en los trópicos y aunque no es un alimento completo, es una fuente energética de bajo costo.

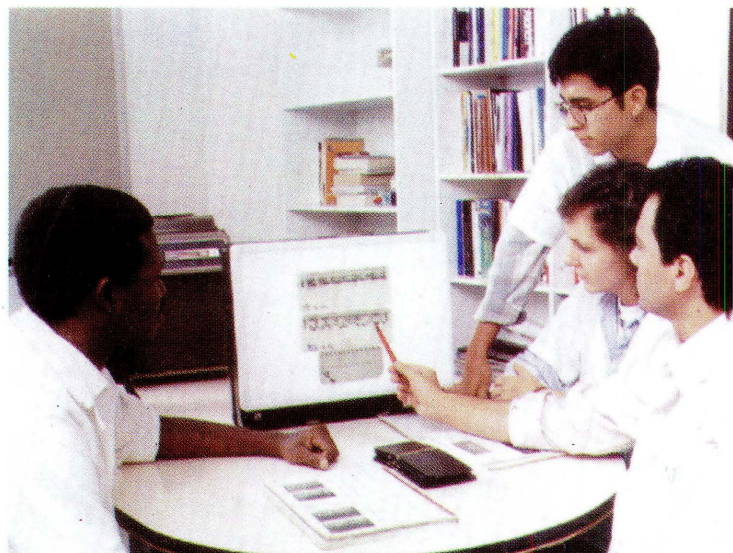
Una tonelada de yuca fresca produce 280 kilogramos de harina 230 kilogramos de almidón, o 330 kilogramos de trozos secos. En la industria, el almidón de yuca se emplea directamente en el procesamiento de alimentos, en la elaboración de papel, de textiles, de adhesivos y como lubricante en pozos petroleros. El almidón también se emplea para fabricar diversos productos químicos como el glutamato monosódico, el ácido cítrico, el manitol, el sorbitol, la glucosa. En laboratorio se ha logrado obtener 170

litros de alcohol para combustible a partir de una tonelada de raíces frescas. Estudios realizados por la FAO han revelado que gran parte de la yuca se procesa en pequeña escala en las áreas rurales donde genera numerosos empleos.

En Colombia la yuca ha sido tradicionalmente cultivada por pequeños agricultores, los cuales en su mayoría son minifundistas con fincas de tamaños no superiores a



EN EL ADN ESTÁ CODIFICADA TODA LA INFORMACIÓN GENÉTICA DE UN INDIVIDUO. ÉSTA MOLÉCULA SE PUEDE AISLAR Y PURIFICAR EN EL LABORATORIO.



LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO SON ANALIZADOS POSTERIORMENTE DE UNA FORMA DETALLADA.



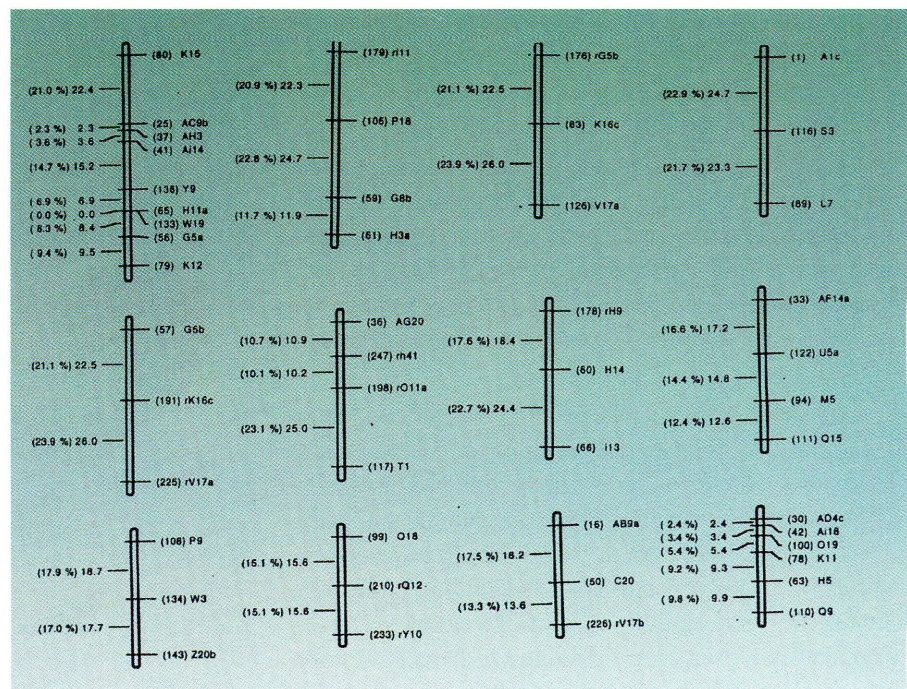
**LA ALIMENTACIÓN HUMANA, LOS FINES INDUSTRIALES Y LA GENERACIÓN DE COMBUSTIBLE SON LOS PRINCIPALES USOS QUE LE ATRIBUYEN A LA YUCA.**

las 5 hectáreas, y se siembra prácticamente en todos los departamentos del país. La costa norte de Colombia es el sector donde más se ha desarrollado el cultivo, con un porcentaje del 52% de la producción total del país. Según estudios hechos por el Programa de Yuca del CIAT en conjunto con el ICA, se ha evidenciado un incremento en la productividad en los últimos años, pasando de un valor de 7 toneladas por hectárea en el año de 1982 a 11,5 en 1991.

La yuca se usa principalmente para consumo humano en forma de raíces frescas, pero la ampliación del mercado debido a sus usos alternativos como fuente de almidón y concentrados para animales ha aumentado su procesamiento. De esta forma, en 1984 existían 7 plantas de secado de yuca en el departamento de Sucre, hoy la agroindustria del secado de yuca cuenta con 160 plantas en todo el país, las cuales están en capacidad de generar 20 mil toneladas de yuca seca con un valor adicional de 7.5



EL ADN AISLADO ES SEPARADO MEDIANTE UNA TÉCNICA LLAMADA ELECTROFORESIS. LUEGO ES VISUALIZADO.



PRIMER ESQUEMA DEL MAPA MOLECULAR DE YUCA DESARROLLADO EN ESTE PROYECTO. CADA BARRA REPRESENTA UN CROMOSOMA DE YUCA. CADA LETRA A LA DERECHA CORRESPONDE A UN MARCADOR Y A LA IZQUIERDA SE ENCUENTRA LA DISTANCIA GENÉTICA ENTRE CADA UNO DE ELLOS.





☞ EL ADN PUEDE SER AMPLIFICADO MUCHAS VECES MEDIANTE EL USO DE UNA TÉCNICA LLAMADA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA.

millones de dólares anuales para el sector yuquero, según estudios realizados por el departamento de economía de yuca del CIAT.

El éxito de estas plantas se basa en ofrecer un producto que compita en precio con los granos que pueden sustituirlas parcialmente como fuente de energía en concentrados para animales.

La construcción del mapa genético de la yuca por medio del uso de marcadores moleculares es un proyecto financiado principalmente por la Fundación Rockefeller. En su financiación también ha intervenido Colciencias, esencialmente en el apoyo a estudiantes de posgrado que han hecho sus tesis en diversos componentes del proyecto y han contado con el apoyo científico y logístico del CIAT.

El trabajo se ha llevado a cabo en la Unidad de Biotecnología del CIAT bajo la dirección de los doctores William Roca y Joseph Tohme. También han participado en el trabajo de laboratorio los investigadores Fernando Angel (Colombia), Martín Fregene (Nigeria), Rocio Gómez (Colombia), Fernando Rodríguez (Colombia), Merideth Bonierbale (USA), Carlos Iglesias (Uruguay).

Dos universidades norteamericanas colaboran en la realización del proyecto: Universidad de Georgia y la de Washington. Es importante destacar la cantidad de instituciones e investigadores involucrados en la realización del proyecto. Este y otros trabajos sobre biotecnología de yuca, están siendo coordinados a nivel global por la Red Internacional de Biotecnología de la Yuca.&



## **P**ARA SABER MÁS

- Botstein D et al. (1980) *Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms*. Am J. Hum Genet 32: 314-331
- Bernatzky R. and Tanksley S D (1986) *Toward a saturated linkage map in tomato based on isozymes and random cDNA sequences*. Genetics 112: 887-898
- Williams J. G. K. et al. (1990) *DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers*. Nuci Acids Res 18: 6531-6535
- Angel F et al. (1993) *Toward the construction of a molecular map of cassava (Manihot esculenta Crantz): Comparison of restriction enzymes and probe sources in detecting RFLPs*. J Eiotchnol 31: 103-113.
- Yu K F and Pauls K P. (1992) *Optimization of the PCR program for RAPD analysis*. Nucl Acids Res 20: 2606.