

VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA YUCA CULTIVADA, *MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*

Rene Chávez Alfaro¹

INTRODUCCIÓN

El Perú, junto con Brasil y Colombia, es uno de los centros de origen de la yuca. Dispone de abundante material genético nativo, con cualidades específicas para obtener nuevas variedades más precoces, resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades, y adaptables a diversas condiciones agroclimáticas. Se ha catalogado más de 800 variedades nativas del Perú, las cuales se conservan en el banco Internacional de Germoplasma de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. A pesar de la disponibilidad de esta colección valiosa, todavía no se ha recolectado suficientemente en algunas áreas del trópico medio y bajo de Sudamérica. El germoplasma Internacional del CIAT no incluye las variedades nativas del trópico medio y bajo del Sur del Perú, tales como los valles de Quincemil, Pilcopata, La Convención, Lares y Apurímac. Sin embargo el valor de una colección de germoplasma básico de yuca se reconoce únicamente cuando ha sido sometida a una evaluación completa e integral. Esta evaluación incluye necesariamente, los de los caracteres que determinan la aceptabilidad de la yuca por los agricultores y los consumidores, como son, entre otros: la precocidad, el potencial de rendimiento, la calidad de las raíces reservantes y la resistencia a plagas y enfermedades (Chávez, 1992)

La yuca es uno de los más importantes cultivos tropicales que producen alimento energético en los países en vías de desarrollo. Este cultivo provee más del 50% de los requerimientos de calorías de una población superior de 420 millones de habitantes de 26 países tropicales. Gran parte de la producción de yuca es realizada por pequeños agricultores en suelos marginales. Esto hace que este alimento sea un importante componente en la dieta entre los agricultores y población rural de bajos ingresos. Además, la yuca ha

jugado un papel importante en el Tercer Mundo para aliviar el problema de hambruna, porque este cultivo provee un alimento más o menos estable cuando otros fallan bajo los efectos perjudiciales de las sequías, tal como ha venido sucediendo en Africa.

Casi toda la producción de yuca en el Perú es destinada para consumo humano. No existiendo programas de procesamiento para la agroindustria (almidón, alcohol) ni utilización forrajera. Asimismo, no existe un programa oficial de producción y distribución de semilla, ni agricultores semilleristas que distribuyan o comercialicen semilla garantizada de yuca en la costa y selva peruanas.

Durante los últimos diez años ha habido un incremento en el área de cultivo de yuca en la ceja de selva y llano amazónico del Perú. Sin embargo, esto no ha pasado con los rendimientos del producto en toneladas por hectárea, el cual se ha mantenido más o menos estable, o ha ido disminuyendo gradualmente, debido mayormente al uso inadecuado de variedades de bajo potencial de rendimiento.

La yuca constituye un alimento energético de importancia primordial en la ceja de selva y selva peruanas. Suministra más calorías por área o valor monetario, que cualquier otro cultivo alimenticio, sobrepasando considerablemente en este aspecto al maíz, plátano de cocinar, uncucho colocasia y xanthosoma, y legumbres como la peptitpoa, soya y poroto. A pesar de que la raíz reservante es muy deficiente en proteínas que rara vez alcanza el 2% de peso fresco, contiene cantidades apreciables de vitamina B, fósforo y hierro. Su contenido de calcio es bajo.

1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA YUCA CULTIVADA

Los caminos evolutivos y el origen de la yuca cultivada, tal como otras especies tuberíferas, han sido difíciles de trazar a través del tiempo y el espacio en el continente americano precolombino. Los restos

¹ . PHD en Genética , Premio Concytec 1994

arqueológicos de las plantas primitivas son muy raros debido a la textura blanda de los tejidos reservantes y a la extrema humedad de los trópicos bajos. No hay duda que la yuca fue domesticada en las zonas tropicales bajas de Centro y Sud-América. Evidencias arqueológicas basadas en restos cerámicos de las culturas precolombinas del Perú, Colombia y Venezuela, muestran un rango de antigüedad de 3000 a 7000 años (Rouse y Crucent, 1963).

Spath (1973) planteó la hipótesis de cuatro centros de origen de la yuca: 1) Guatemala y México, 2) Las sabanas del noroeste de Sud-América, 3) El oriente boliviano y el noroeste de Argentina, y 4) El oriente brasileño. Por la diversidad genética existente y las condiciones agroecológicas favorables para su domesticación se puede agregar un quinto centro de origen de la yuca cultivada: Las sabanas del sur oriente peruano (valle de La Convención). Box y de la Rive Box-Lasocki (1982) postularon que las variedades primitivas de yuca con alto y bajo contenido de ácido cianhídrico (HCN) en las raíces reservantes, se han originado independientemente en el Centro y Sud-américa. Así las variedades con alto contenido de HCN fueron diseminadas a través de las ríos principales de la cuenca amazónica, mientras que las variedades de bajo contenido de HCN fueron diseminadas en las zonas semiáridas y sabaneras de Sud-América.

Rogers y Appan (1973) realizaron profundos estudios sobre el género **Manihot**, habiendo identificado 98 especies, extendiéndose a la fecha 104 especies distribuidas ampliamente en los trópicos medios y bajos del continente americano, desde el norte de México hasta el norte de Argentina. La mayor frecuencia de especies silvestres (60) ha sido encontrada en Brasil, seguida de México con 19 especies. Sin embargo los centros de mayor diversificación de la yuca cultivada **Manihot Esculenta** se encuentran al noreste de Brasil, norte de Venezuela, centro de Colombia y en el sur oriente peruano. Con excepción de Brasil, estos centros de diversificación tienen de dos a tres especies silvestres de yuca.

Basados en investigaciones taxonómicas del género, Manihot Rogers y Appan (1993) plantearon que éste es relativamente de origen reciente y que las especies están en proceso de evolución. A pesar de que las especies varían marcadamente en caracteres morfológicos vegetativos, no hay una clara distinción en caracteres florales. Observaciones realizadas "in situ" por el autor en el trópico sudamericano, indican que cerca de 15 especies de **Manihot** son muy afines en caracteres morfológicos vegetativos y florales de la yuca cultivada (Chávez, 1990). El eminente taxónomo del género Manihot, Antonio Allen, reportó en 1986 (comunicación personal) el descubrimiento de una

población de genotipos silvestres de la yuca cultivada (**M. esculenta**) en el estado de Goyana, Brasil. Las semillas de estas plantas fueron cultivadas "in vitro" y las plantas desarrolladas bajo condiciones de invernadero. Los estudios morfológicos de esta población mostraron conspicuamente una variabilidad morfológica interclonal similar al germoplasma de la yuca cultivada (Chávez, 1990).

Se han venido realizando investigaciones exploratorias desde el año 1990, junto con estudiantes, de tuberíferas de la Universidad en la zona del trópico medio y sabanero del valle de La Convención (Departamento de Cusco) habiéndose detectado e identificado una gran población de genotipos silvestres de la yuca cultivada entre las localidades de Palma Real (700 msnm) y Quiteni (500 msnm) en una extensión de cerca de 40 km. Al igual que la población silvestre de Brasil, estas plantas muestran un espectro amplio de variabilidad genética, similar a las variedades nativas cultivadas en el Perú. Estos recientes descubrimientos en el conocimiento de la yuca indican que todavía el proceso de evolución y domesticación de **M. Esculenta** está en camino. Sin embargo, se plantea otra hipótesis alternante, en el sentido de que estas raras poblaciones silvestres de la yuca cultivada, localizadas en los bosques sabaneros de Goyana y la Convención, representan genotipos silvestres originales de semilla botánica de variedades nativas, cultivadas en épocas precolombinas. Si esto fuera comprobado, estaríamos frente a un germoplasma de yuca extremadamente valioso, cuya fuente de genes útiles serían fácilmente transferidos al germoplasma cultivado, dado que estos individuos muestran una marcada resistencia a plagas y enfermedades en estado silvestre y una tolerancia a suelos lateríticos ácidos, con estreses de Hierro y Aluminio.

La estructura genómica y cromosómica de la yuca cultivada siempre ha sido un tema controvertido. Personalmente he presenciado y participado en discusiones sobre la naturaleza genómica de la yuca cultivada. Pero en general, todos están de acuerdo que **M. esculenta** tiene la fórmula cromosómica de $2n=36$. La controversia radica en el número básico de cromosomas, para unos es $X=9$ y para otros $X=18$; es decir, unos consideran a la yuca como una especie diploide y otros la consideran como tetraploide. Los defensores de la teoría tetraploide se dividen en otros dos grupos, los que defienden la teoría de autotetraploidía ($2n=4X=36=AAAA$); y los de la alotetraploidía, ($2n=4X=36=AABB$). Personalmente me inclino por la teoría diploide ($2n=2X=36=AA$) por tres razones fundamentales: a) en general, se ha encontrado en trabajos de mejoramiento y análisis de variabilidad isoenzimática una segregación de tipo disómica; b)

Hasta la fecha se han analizado más de 40 especies del género **Manihot** y se ha encontrado un número cromosómico de $2n=36$; No se ha encontrado una serie cromosómica inferior ni superior, como es el caso de la papa y el camote donde existe una variación cromosómica numérica y genómica entre las especies silvestres y cultivadas, c) Los estudios citogenéticos realizados, especialmente por Krishna Bhat (1987), indican que durante la división meiótica para la formación de gametos, el apareamiento de los cromosomas homólogos es en forma bivalente, no habiéndose observado apareamientos trivalentes, ni tetravalentes, lo cual es un fenómeno común en especies tetraploides. A esto se puede agregar la alta fertilidad de los granos de polen y a la ausencia de polen $2n$ en el germoplasma de la yuca cultivada, común en especies diploides.

2. EL POTENCIAL GENETICO DE LA YUCA

A pesar de que la yuca cultivada es un alimento de extrema importancia para la población del Tercer Mundo, su mejoramiento genético ha recibido muy poca atención, de parte de los organismos gubernamentales, en relación con otros cultivos alimenticios. Las razones de esto se deberían a la errónea concepción generalizada de que la yuca presentaba grandes dificultades para su mejoramiento genético, además de que su cultivo está, casi totalmente, realizado por pequeños agricultores sin proyección comercial. Durante los últimos diez años ha habido cambios dramáticos en el mejoramiento genético de la yuca, debido al incremento de la población humana, y a la acción de los organismos internacionales que dedicaron fondos para el desarrollo de este cultivo con la finalidad de aliviar el hambre que acosa al Tercer Mundo. En este sentido, los programas internacionales de mejoramiento genético de yuca han generado nuevas variedades superiores con gran potencial de rendimiento, bajo condiciones de baja tecnología, obteniéndose rendimientos de 25-30 tn/ha, en comparación con las variedades nativas con rendimientos de 15 tn/ha. Asimismo, han sido generados algunos clones elites con gran potencial de rendimiento, bajo condiciones de alta tecnología, lográndose rendimientos hasta de 80 tn/ha.

La importancia de familias híbridas promisorias de semilla sexual o botánicas para las zonas agroecológicas del trópico sur peruano, presenta grandes ventajas frente a la introducción de material vegetativo, ya sea en forma de estacas o cultivos *in vitro*. Esto es debido a que en el primer caso hay el peligro de introducir nuevas plagas y enfermedades virulentas, y, en el segundo caso, a su costo elevado y a la necesidad de un manejo altamente especializado. La mayoría de las plagas y enfermedades conocidas de la yuca no se transmiten por la semilla sexual. Esta se

convierte así, en otra forma de intercambio de germoplasma que reduce enormemente los riesgos de diseminación de nuevas plagas de enfermedades de una región a otra. Además, el escaso volumen ocupado por la semilla facilita su transporte durante el intercambio. No obstante, las instituciones que reciben la semilla sexual híbrida, necesitan estar preparadas para el manejo de material genético segregante. La capacitación científica desempeña, aquí también, un papel importante (Hershey, 1985).

Evidencias preliminares indican que el germoplasma básico y nativo de yuca en el Perú estaría constituido por cerca de 800 variedades nativas. Estas primitivas variedades son indistintamente usadas por los agricultores, siendo, en su mayoría, tardías y de bajo rendimiento. Sin embargo, se conjetura la existencia de un rango de precocidad y rendimiento entre estas variedades, las cuales deben ser determinadas e identificadas para su distribución posterior. En general, este germoplasma nativo de yuca se caracteriza por presentar una amplia adaptación para las condiciones agroecológicas del trópico sur peruano, tales como tolerancia a los estreses abióticos de la zona: acidez edáfica, toxicidad de aluminio y hierro, y la frecuencia relativa de sequía durante el periodo vegetativo de la planta (Cock, 1985).

La yuca es muy heterogénea y, por lo tanto, la variabilidad genética de las progenies, aun del mismo cruzamiento, es extremadamente amplia. Por eso es necesario contar con una gran cantidad de semilla sexual híbrida. Mediante la selección, y asumiendo una probabilidad realista, se puede obtener un grupo de variedades superiores mejoradas, con caracteres agronómicos deseables y adaptadas al sistema agroecológico del trópico sur peruano. Este material mejorado sería incorporado al germoplasma básico para ampliar la base genética de la yuca cultivada, adaptada a condiciones locales, y para su multiplicación masal y diseminación en las zonas agroecológicas de producción de yuca en el Perú (Chávez, 1993).

3. EVALUACION DE LOS RECURSOS GENETICOS

Una colección de germoplasma es útil como recurso genético, si sus componentes, ya sean variedades o cultivares, han sido descritos en sus características de interés agrícola. La evaluación agronómica y la selección son procesos muy ligados, por lo que deben ser realizados por el mismo investigador o el mismo grupo de personas dedicadas a la evaluación y utilización de los recursos genéticos. Gran parte de los parámetros y criterios de evaluación del germoplasma son también aplicados durante el proceso de selección de genotipos superiores de poblaciones

híbridas. El Consejo Internacional de los Recursos Genéticos (IBPGR) ha desarrollado una lista de descriptores computarizados para la yuca cultivada. Los descriptores están dirigidos a dos categorías: **A) Caracterización**, que incluye aquellos caracteres altamente heredables, distinguibles a simple vista y expresados en diversos medios ecológicos (fig. 1), y **B) Evaluación Preliminar**, que consiste en registrar un número limitado de caracteres de baja heredabilidad, pero agrícolamente importantes. La caracterización es una valiosa herramienta para la descripción varietal, para la identificación de duplicados en un germoplasma y para determinar el grado de variabilidad genética de una colección. Ultimamente se ha introducido la caracterización química, basada fundamentalmente en la electroforesis de sistemas de isoenzimas de tejidos de raíces y nudos tiernos de tallo. Esta técnica provee una poderosa herramienta para la identificación de duplicados y para determinar la "huella genética varietal" (fig. 2), así como para el monitoreo de la estabilidad genética de los clones y variedades (Roca *et al*, 1990). La documentación de la caracterización debe hacerse en una poderosa y confiable computadora personal, usando el programa de base de datos DBASE IV, cuyo programa es de fácil manejo y extraordinaria versatilidad.

El primer paso para determinar la variabilidad genética del germoplasma es definir los objetivos de la evaluación. Generalmente, las colecciones de germoplasma son evaluadas por los conservadores de germoplasma que, en algunos casos, pueden tener poca visión de las necesidades del fitomejorador. El primer objetivo es identificar qué clones pueden ser usados directamente como variedades recomendadas o como parentales para generar progenies. Esto depende de los objetivos del fitomejoramiento programado. Una estrecha comunicación entre el conservador del germoplasma y el fitomejorador conduce, casi siempre, a una exitosa selección de genotipos promisorios para el inicio de las hibridaciones (fig. 3).

4. ADAPTACION GENERAL

La adaptación general incluye la habilidad de la planta para germinar y crecer vigorosamente bajo un determinado sistema agroecológico. Esto es básicamente una adaptación fisiológica a la temperatura, luz, humedad edáfica y atmosférica, y al sistema de cultivo. Debido a que la interacción genotipo-medio ambiente es un fenómeno universal en las plantas, es importante que la evaluación agronómica se lleve a cabo bajo condiciones de cultivo similares, de clima y suelo, donde se proyecta el futuro cultivo comercial de la variedad. Las prácticas de manejo agrícola deben ser similares a los métodos usados por los productos

comerciales de yuca, esto es en términos de preparación del terreno, fertilización, tratamiento de la semilla, sistema de cultivo, control de malezas, plagas y enfermedades, ya que estos componentes influyen fundamentalmente en la interacción genotipo-medio ambiente.

Mayormente la yuca es cultivada en suelos pobres y áreas marginales, por eso se hace necesario evaluar el germoplasma bajo condiciones de estrés que experimentan en el cultivo para producción comercial. El fitomejoramiento no debe presionar la obtención de rendimientos espectaculares bajo óptimas condiciones experimentales. Si el mejoramiento está programado para una zona diversificada, se usarán varios sitios experimentales que difieran edafoclimáticamente. Las estaciones experimentales generalmente están ubicadas en los mejores suelos. En este caso, puede no ser apropiado la evaluación de germoplasma de yuca. La alternativa sería realizar experimentos en chacras de agricultores.

El criterio para evaluar la adaptación de clones no siempre está bien definido debido a que un complejo sistema fisiológico puede estar envuelto. Una metodología que evalúe el desarrollo general de la planta y el vigor durante el crecimiento en la estación de cultivo y el rendimiento durante la cosecha es considerada la más adecuada. No se puede separar la evaluación de la resistencia a las condiciones físicas del medio y el potencial de rendimiento de la variedad. La evaluación de la respuesta fenotípica de las variedades o clones a los estreses abióticos comunes de la yuca, tales como toxicidad edáfica de aluminio, hierro, boro, salinidad y sequía, va ligada al rendimiento de raíces reservantes de la planta expresada en Th/ha.

5. RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES

Debido a que la ocurrencia de plagas es en forma impredecible, la evaluación para resistencia a estreses abióticos es más complicada que la evaluación de adaptación a factores físicos.

La evaluación de resistencia a plagas debe hacerse en aquellas zonas de mayor incidencia e importancia comercial en la zona agrícola proyectada y en zonas geográficas donde hay más frecuencia poblacional de la plaga. EL largo periodo vegetativo de la yuca, que va de 10 a 15 meses, facilita la evaluación de plagas. En algunas áreas geográficas, la evaluación de enfermedades se realiza en época de lluvia y la incidencia o ataque de insectos durante la época de seca.

Uno de los mayores problemas encontrados durante la evaluación de resistencia a plagas, es la

poca habilidad en diferenciar la reacción a plagas individuales cuando un complejo de problemas está presente. Una alternativa es el uso de invernaderos, pero no hay una buena correlación con la reacción de la planta bajo condiciones de campo. Como una regla general, la yuca es rústica y ha evolucionado paralelamente con sus enemigos naturales.

6. ARQUITECTURA DE LA PLANTA

La arquitectura de la planta de yuca cultivada es muy importante por muchas razones, incluida la adaptación a ciertas prácticas culturales, producción de material vegetativo e influencia en la distribución de carbohidratos, contribuyendo al crecimiento vegetativo del follaje versus el rendimiento de raíces reservantes. Mucho se ha investigado sobre el tipo de planta o agricultura ideal para un máximo rendimiento y el efecto de diferentes estreses en el rendimiento en plantas de diferente arquitectura. La necesidad de tener más exceso de follaje, como una garantía contra la pérdida por plagas y enfermedades, y otros estreses, que causan una reducción en el área foliar de la planta; y la necesidad de producir un número adecuado de esquejas de tallo de alta calidad, con fines de multiplicación, debe ser balanceada con la eficiente distribución de carbohidratos a las raíces reservantes bajo condiciones óptimas.

La arquitectura de la planta es también una consideración importante para especificar sistemas de cultivo. En general, se prefiere, primero, un crecimiento vertical y una ramificación tardía para cultivos asociados y sistema monocultivo. Plantas de tipo muy riguroso tienen una ventaja competitiva contra las malezas, pero generalmente tienen bajo potencial de rendimiento debido a su bajo índice de cosecha.

7. POTENCIAL DE RENDIMIENTO

La adaptación general y la resistencia a plagas y enfermedades debe ser combinada con un buen potencial de rendimiento. El potencial de rendimiento puede ser definido en varias formas. Los fisiólogos tienden a pensar que el potencial de rendimiento es obtenido bajo condiciones ideales. Sin embargo, esta definición puede limitar el uso de la yuca cultivada, donde las condiciones óptimas de cultivo son raramente alcanzadas e incluso para su producción comercial. Una definición más práctica sería considerar el potencial de rendimiento como un rendimiento obtenido bajo condiciones edafoclimáticas representativas y bajo condiciones de manejo mejorado, lo cual es económicamente razonable para los productores en las zonas agrícolas proyectadas y donde hay control de plagas y enfermedades. Esta definición permite una

determinación práctica del potencial de rendimiento a escala comercial, donde la resistencia a plagas y enfermedades debe ser incorporada a una buena práctica agronómica.

8. CALIDAD DE LA RAÍZ RESERVANTE

Los requisitos para la calidad de la raíz reservante de la yuca varían considerablemente, dependiendo del uso final del producto y las preferencias regionales. Tres grandes categorías pueden ser definidas como requerimiento de calidad:

- 1) Producto fresco para consumo humano;
- 2) Producto procesado para consumo humano;
- 3) Uso industrial.

En general, para la gran mayoría de los consumidores, un alto porcentaje de harina es importante, aunque existe una correlación entre el porcentaje de materia seca y harina. Por eso es necesario evaluar y seleccionar variedades de alto contenido de materia seca. Las evaluaciones de las raíces reservantes también involucran la calidad culinaria y el contenido de ácido cianhídrico (HCN). Se deben seleccionar clones o variedades de bajo contenido de HCN y alto porcentaje de materia seca. Existen métodos de análisis rápidos y de análisis cuantitativos sofisticados de glúcidos, que permiten detectar rápidamente variedades "amargas" con alto contenido de HCN. Para fines industriales, lo más importante es el porcentaje de materia seca, fibra, contenido de HCN, facilidad de pelado, color de la raíz y de la pulpa.

9. UTILIZACION DE LOS RECURSOS GENETICOS

La utilización general de recursos genéticos de la yuca cultivada es mayormente en los programas de mejoramiento genético. Para esto tiene que establecerse una estrategia de evaluación, selección y cruzamientos programados, teniendo en cuenta el objetivo general del mejoramiento.

En cultivos antiguos como el arroz, trigo y maíz, de larga historia en mejoramiento genético, existe gran distancia genética entre las variedades nativas y las variedades mejoradas. En el caso de la yuca, esta distancia es más corta debido a que los programas de mejoramiento son relativamente recientes. Aunque existe particularmente una conspicua ganancia genética entre algunas variedades nativas y variedades mejoradas, las diferencias genéticas, en general, son moderadas entre ambos germoplasmas. Así, el germoplasma básico puede ser usado como una fuente de caracteres agronómicos útiles, sin mayores complicaciones. Sin embargo, la utilización para

mejoramiento requiere un cuidadoso análisis y una definición concreta de los objetivos establecidos. ¿Qué se desea mejorar?; ¿Para quién se desea mejorar?; ¿Para qué zona agroecológica se desea mejorar?. Son las preguntas que se deben formular primariamente antes de establecer la estrategia y logística del mejoramiento. Se debe tener en cuenta que la planta mejorada crecerá mayormente bajo condiciones subóptimas de cultivo y estará sometida durante todo su ciclo de crecimiento a una serie de estreses bióticos y abióticos. Se debe tener en cuenta que no existe un carácter genético simple que genere altos rendimientos, pues la mayoría de los componentes de la producción tienen gobierno genético poligénico y complejo. En este sentido, es necesario considerar que el rendimiento final expresado en toneladas por hectárea es la suma de la acción de los genes de adaptación, de los genes de resistencia a plagas y enfermedades, y de los genes de rendimiento *per se*. Según este principio se debe considerar a la planta como un ente complejo y sometido a un sistema integrado de genes sin la exclusión de otros caracteres.

La más efectiva utilización del germoplasma básico de yuca en mejoramiento genético consiste en seleccionar genotipos, mostrando moderada a alta expresión general de caracteres agronómicos deseables y evitar la selección exclusiva de genotipos que muestran la más alta expresión de un solo carácter deseable. Esto ayuda en el mejoramiento poblacional.

El uso de las especies silvestres de yuca en el mejoramiento ha sido muy limitado, con la más notable excepción de la especie brasileña *Manihot glaziovii*, compatible con la yuca cultivada. Esta especie ha sido utilizada como fuente de genes resistentes al virus del mosaico africano (CAMV). La transferencia de genes útiles de especies silvestres al germoplasma cultivado conlleva barreras y dificultades en la hibridación y selección. Además, las especies silvestres, junto con los genes útiles, transmiten a la progenie todo un caudal de genes indeseables, difíciles de eliminar en las siguientes generaciones. Por regla general, el germoplasma de yuca silvestre debe ser el último recurso genético a ser utilizado en mejoramiento por el fitomejorador.

Algunos fitomejoradores de yuca consideran que el concepto de introducción de germoplasma debe ser necesariamente mejor que el germoplasma local o nativo. Pero antes de la introducción, un cuidadoso análisis de los defectos del germoplasma disponible y de la habilidad del germoplasma introducido para corregir o mejorar aquellos caracteres son extremadamente necesarios.

Hasta que el germoplasma local disponible sea bien evaluado, el germoplasma introducido no será eficientemente utilizado. En este sentido, los programas nacionales de investigación deben contribuir con la evaluación de los recursos genéticos nativos de su país y establecer qué caracteres faltan mejorar (fig. 3). La introducción de germoplasma foráneo de yuca, de una región a otra, y especialmente, entre fronteras internacionales, siempre conlleva algunos riesgos de diseminación de plagas y enfermedades. Las nuevas técnicas de indexado de virus (ELISA), tratamiento de la semilla, y el cultivo *in vitro*, están contribuyendo enormemente a mejorar la calidad fitosanitaria de los clones o líneas de yuca sometidas a intercambio internacional (fig. 4). Sin embargo, las regularizaciones de cuarentena son muy variables de un país a otro y pueden ser muy flexibles o muy restringidas para este intercambio de germoplasma. De todas maneras, el estatus fitosanitario del material intercambiado está bajo la gran responsabilidad del donante y del fitomejorador receptor.

Finalmente, la inmensa diversidad genética de la yuca cultivada en el Perú, no ha sido todavía recolectada y almacenada en bancos de germoplasma. Asimismo, falta evaluar y caracterizar el germoplasma básico de yuca en sus caracteres agronómicos deseables para su eficiente utilización. Por otra parte, el mejoramiento genético de yuca para generar clones élites y superiores, adaptados a las variadas zonas agroecológicas de Perú, apenas está en sus inicios. La explotación del inmenso caudal de los recursos genéticos de la yuca cultivada, que ha sido fuente primaria de alimentación de épocas precolombinas, es un reto que tiene que afrontar los fitomejoradores modernos, con miras a aliviar el hambre en el Tercer Mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COCK, J. H. 1985. **Cassava; A basic energy source in the tropics.** In: Cassava Research, Productin Utilization. Edit Cock-Reyes, pp. 1-29.

CHAVEZ, R. 1992. **El Cultivo *In vitro* en el mejoramiento**

genético de plantas tuberíferas. Nueva Imagen, N° 1, Revista UNJBG, Tacna.

----- 1993. **Aplicaciones de la genética molecular**

las plantas tuberíferas. Nueva Imagen, No. 3, UNJBG, Tacna.

HERSHEY, C. 1985. **Cassava Germplasm, Genetic Resources**. In: Cassava Research, Production, Utilization. Edit Cock-Reyes, pp. 65-86.

ROCA, W., et al. 1990. **El cultivo in vitro en la conservación del germoplasma de yuca**. Edit. CIAT, Colombia.

ROGERS, D. J y APPAN, S. G .1973 **Manihot and Maihotoides (Euphorbiaceae): A computer-assisted study**. Monograph 13. Organization for Flora Neotropica, New York, NY, USA. 272 p.

ROUSE, I. y CRUXENT, J.M. 1963. **Venezuelan archeology**. Yale Univ., New Haven, CT, USA.

SPATH, C.D. 1973. **Plant domestication: the case of Manihot esculenta**. J. Steward Anthropol. Soc. 5(1).

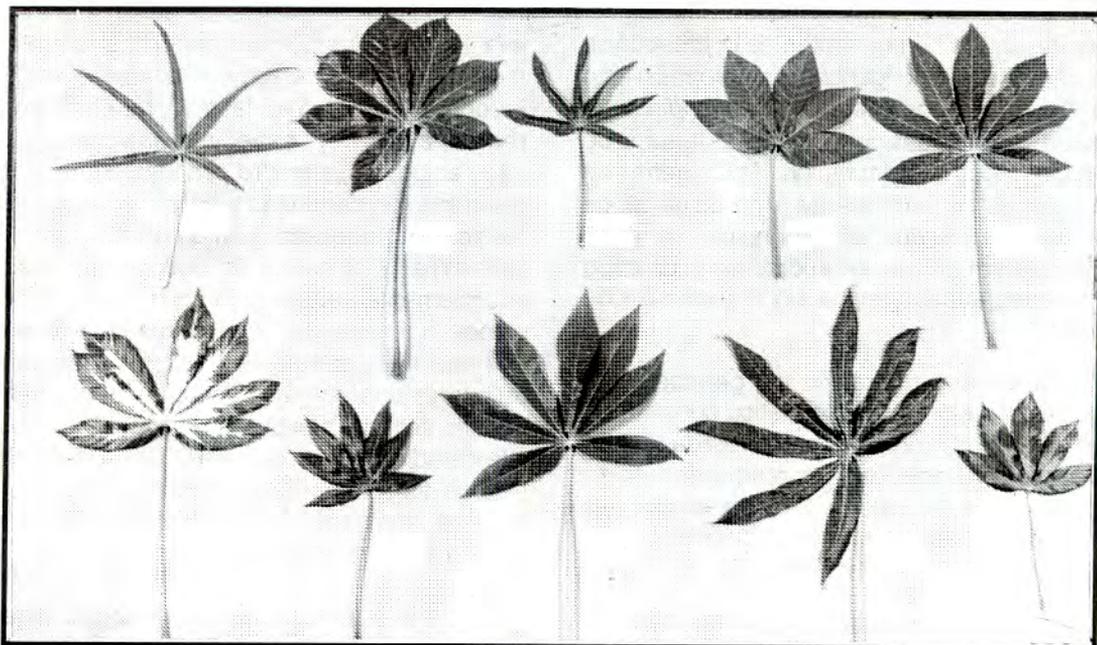


Fig. 1 Variabilidad genética de la forma y tamaño de las hojas de diez variedades de yuca.

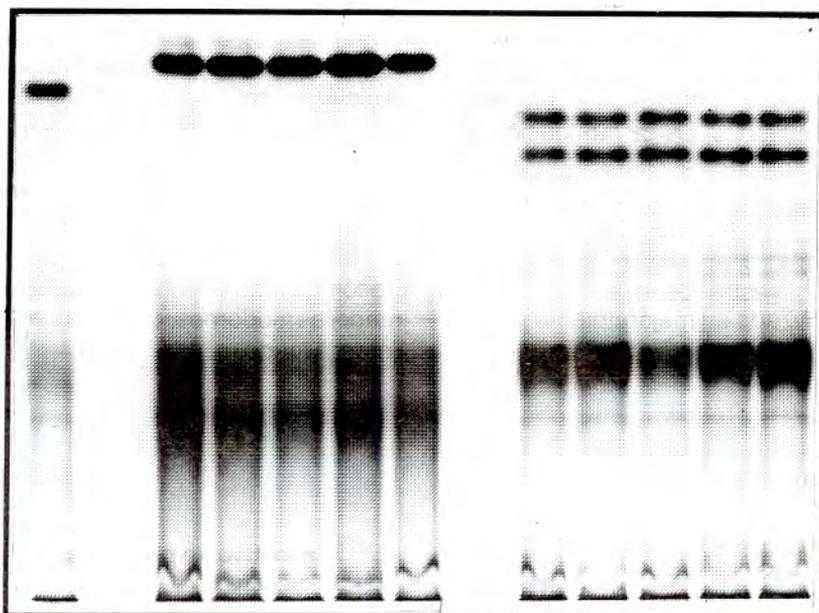


Fig. 2 Variabilidad genética isoenzimática de tres variedades de yuca mostrando su "huella digital genética".



Fig. 3 Reunión de fitomejoradoras evaluando in sito la colección sudamericana de Yuca, Cruz Das Almas, Bahía, Brasil.



Fig. 4 Banco intrnacional de Germoplasma in vitro de yuca del CIAT, Colombia, donde se almacenan cerca de 3,000 variedades nativas de América Tropical.