

CARACTERIZACIÓN DE REGIONES DE CULTIVO DE LA YUCA

Carlos Iglesias¹

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca se realiza a través de un amplio rango de condiciones ecológicas (i.e. desde regiones semidesérticas a otras con exceso de agua durante ciertos períodos de crecimiento); resultando en una amplia gama de clones con adaptación específica a las condiciones de crecimiento. El desafío para la red Panamericana y el programa de mejoramiento de yuca del C.I.A.T. es desarrollar una metodología eficiente para la obtención de poblaciones y cultivares con adaptación lo suficientemente amplia para las principales áreas actuales y potenciales de producción.

Para el desarrollo de una estrategia de mejoramiento las características del cultivo y sus principales problemas debieron tenerse presentes (Hershey, 1984). La yuca crece normalmente bajo condiciones marginales de producción por largos períodos; estando sujeta a fluctuaciones en términos de disponibilidad de agua, temperatura, plagas y enfermedades por un año ó más. Las posibilidades de controlar el ambiente en el cual crece la yuca son menores que para otros cultivos comerciales como los cereales. La vía más factible para incrementar la productividad es la obtención de cultivares mejorados para la producción en ambientes sub-óptimos. Dado el amplio rango de condiciones de producción y la imposibilidad de obtener un genotipo con adaptación a todos los ambientes; se subdividieron ambientes de producción de yuca, de forma tal que la variación entre zonas delimitadas fuera mayor que la variabilidad dentro de ellas. Esta clasificación pudo realizarse en base a la relación que existe entre factores climáticos, edáficos y biológicos; lo cual permitió asociar tipos de clima, suelo y enfermedades dentro de una zona edafo-climática (ZEC) más o menos definida (Hershey, 1991).

Esta estrategia tiene como base el amplio rango de ambientes que se pueden encontrar en Colombia. Para que el esquema resulte, se requiere localizar lugares en Colombia que reúnan condiciones representativas de las zonas para las que se ha de realizar mejoramiento. A los efectos de evaluar la estrategia actual de división de los ambientes de producción de yuca por parte de CIAT, y con miras a su evaluación y/o futura reorganización dentro del marco de trabajo de la red Panamericana, se procede a una breve discusión en torno a los factores considerados: edafoclimáticos, biológicos, utilización de la yuca y otros.

¹Fitomejorador del Programa de Yuca del CIAT. Cali, Colombia.

FACTORES CONSIDERADOS PARA ZONIFICACIÓN

Edafo-climáticos

Carter (1986) compiló información existente en relación a climas y suelos de América del Sur. La variación existente a nivel local (i.e. finca) impide cualquier predicción de ambiente, a no ser a un nivel muy generalizado. Los mapas presentados pretenden indicar aquellas combinaciones de suelo y clima más comunes en el área de producción de yuca y de esa forma poder diferenciar "eco-zonas" basadas en factores que afectan la producción de yuca. Particularmente en lo que respecta a suelos, la variación dentro de una zona puede ser muy grande; por lo cual los elementos edáficos son relegados en términos de factores de clasificación gerárquica. Las variaciones climáticas por otro lado tienen un caracter regional, son fáciles de mapear y existe una norma de reacción más o menos conocida de la yuca frente a cambios en factores climáticos como temperatura media anual y otros, irrespectivamente de las variaciones edáficas.

Considerando la distribución del área de producción de yuca los suelos preponderantes presentan restricciones en cuanto a acidéz (en general) y profundidad (N.E. Brasil y Paraguay). Solo en el sur de Brasil un área importante de yuca se produce en suelos sin restricciones aparentes, aunque está clasificación no incluye el grado de erosión actual de dichos suelos.

En términos de clima, la mayor parte del área de yuca se enmarca dentro de las siguientes clasificaciones: 1) condiciones de trópico bajo (altura menor a 1000 msnm; temperatura mayor a 22° C durante la estación de crecimiento, y rango de temperatura media diaria durante el ciclo de crecimiento menor a 10° C); 2) sub-trópico (iguales características pero con un rango de temperatura media diaria mayor a 10° C). Para el primer tipo de clima la mayor parte del área presenta una distribución de lluvias estacional, con períodos de 4 a 6 meses secos (menos 60 mm/mes) dichas restricciones se acentuaría para el caso de suelos con limitaciones de profundidad. En tanto que para el tipo de clima subtropical la mayor parte del área no presenta estacionalidad en las lluvias y puede clasificarse como "húmeda".

En definitiva las zonas edaphoclimáticas de mayor importancia para la producción de yuca en América Latina serian:

- *trópico sub-húmedo, suelos ácidos*
- *trópico sub-húmedo suelos pocos profundos;*
- *sub-trópico, suelos con pocas restricciones;*

Biológicos

Enfermedades

Micoplasma es importante en áreas con temperatura menores a los 20° C durante cierto período de tiempo, (sub-trópicos; Sierra de Ibiapaba, en Brasil). Si bien se encuentra resistencia genética, el uso de estacas limpias puede ser de gran utilidad.

La bacteriosis (Xanthomonas manihotis) necesita temperaturas fluctuantes de 10° C durante el día y lluvia abundante para desarrollarse. Se presenta con importancia en los Llanos Orientales de Colombia, Brasil, Paraguay y Cuba. Erwinia carotovora causante de la podredumbre del tallo es importante donde se dan condiciones de propagación de mosca de la fruta (zonas cafeteras de América, zonas de media a elevada altitud).

El superalargamiento (Sphaceloma manihoticola) requiere de temperaturas menores de 23° C durante período de lluvia, produciendo importante reducción en el rendimiento. Se presenta con importancia en el sub-trópico y las sabanas de América Latina. La anthracnosis (Collectotrichum spp.) se presenta en períodos prolongados de lluvia, asociado a otras enfermedades como bacteriosis ó superalargamiento. Especies de los géneros Phytophthora y Fusarium llegan a ser un problema serio en el NE de Brasil y en Centro América, causando podredumbres radiculares.

Las principales enfermedades que afectan a la yuca en América Latina se encuentran también en Colombia, lo que permite seleccionar genotipos con resistencia y/o tolerancia a dichos patógenos. Sin embargo, debería procederse con un estudio sobre existencia y especificidad de razas.

Insectos

Las más importantes plagas en las ZEC's definidas como I y II (de mayor relevancia en América Latina) son ácaros (Mononychellus y Tetranychus, trips, piojo harinoso (Phenacoccus) y mosca blanca. Para todos ellos se ha determinado variabilidad genética en términos de resistencia, y las localidades utilizadas en Colombia para los trabajos de mejoramiento presentan buenos niveles de inóculo. Eso permite la evaluación y selección de aquellos genotipos que combinan resistencia al mayor número de plagas con importancia. El suministro de fuentes de resistencia a los principales insectos, y la disponibilidad de técnicas para el control biológico de los mismos, permiten a CIAT colaborar en una forma efectiva para encarar estos factores limitantes de la producción en las principales ZEC's de América Latina.

En términos de mapeo, no existirían diferencias regionales sumamente marcadas dentro de las regiones más importantes de producción. En general, las plagas mencionadas son de importancia considerable en climas con períodos secos prolongados (Costa Atlántica Colombiana, NE de Brasil). Sin embargo debería posibilitarse el estudio y determinación de la existencia de diferentes biotipos para una misma plaga, a través de las regiones. Los ensayos de uniformidad con un número de clones con resistencia conocida, pueden ayudar efectivamente en esta determinación.

Utilización.

Podría asumirse que la producción de yuca destinada a procesamiento (harina de yuca, almidón, raspas, etc) no requiere de cultivares "dulces" ó con mínimos niveles (< 100 ppm) de compuestos cianogénicos; aunque existen opiniones encontradas al respecto, resultado de la posible asociación entre HCN y tipo de almidón. Para este tipo de mercados, alto contenido de materia seca y almidón serían las características primordiales a buscar en clones mejorados. La mayor restricción en términos de calidad se presenta para aquellos cultivares destinados al consumo fresco. En términos de contenido de HCN el límite máximo aceptado es 100 ppm en base fresca. Cultivares con bajo HCN y buena calidad culinaria brindan al agricultor una mayor flexibilidad de mercadeo. Sin embargo, reducir la base genética a aquellos clones con bajo HCN limitaría excesivamente el progreso por mejoramiento, ya que la mayor parte de los clones disponibles en la colección de germoplasma poseen niveles intermedios a altos de HCN. La estrategia que se está utilizando en tal sentido, es el manejo de dos poblaciones dentro de cada zona edafo-climática, una con materiales provenientes de padres con bajo HCN y otra en la cual HCN no es tomado como criterio en la selección de padres.

Las poblaciones de bajo HCN son particularmente importantes para la costa Colombiana y Ecuatoriana, Panamá, Cuba, Paraguay, zona andina y Cerrado de Brasil, para otras zonas el contenido de HCN de un clon no es considerado tan importante, por lo cual tanto clones con alto o bajo HCN podrían utilizarse.

Caracterización por comportamiento de variedades.

La homología entre ambientes clasificados dentro de la misma zona ecológica estará dada en definitiva por el comportamiento de un grupo de clones evaluados simultáneamente en dichos ambientes. Es de esperar que exista una mayor correlación entre el comportamiento de esos clones en ambientes dentro de la misma ZEC que entre ambientes pertenecientes a diferentes ZEC's. Rodríguez (1991) en Cuba, obtuvo efectos más significativos de interacción clon por ambiente para la mayoría de los caracteres evaluados. Esto sugirió la realización de ensayos ecológicos zonales para obtener clones de adaptación específica a zonas particulares de la isla.

Para los programas de mejoramiento incluidos en la red Panamericana la importancia de esta metodología radica en un conocimiento mejor de las diferentes zonas de sus respectivos países, y la posibilidad de introducir, evaluar y multiplicar clones elites de regiones similares. Para un programa con responsabilidad a nivel internacional como el de CIAT, es sumamente importante contar con información sobre el comportamiento de un grupo de clones en diferentes ambientes de producción de yuca. A tales efectos un grupo de 20 clones fueron evaluados en ZEC's de Colombia y Brasil (Hershey, 1991, com. pers., CIAT). Los resultados obtenidos hasta el momento indican que para algunos caracteres existe una alta correlación entre ambientes designados originalmente dentro de la misma ZEC. Esto ocurre sobretodo para características de alta heredabilidad (% de materia seca); otros caracteres como rendimiento de raíces no presentan una correlación muy alta.

Ensayos de uniformidad realizados en localidades representativas del área de producción de yuca de cada región serían de extrema importancia para determinar la bondad de los sitios utilizados actualmente en Colombia, para el mejoramiento de yuca y para el efectivo intercambio de variedades dentro de la red.

El concepto de una misma interacción genotipo por ambiente a los efectos de determinar similitud de ambientes es flexible, ya que depende de los genotipos que se están evaluando y su estabilidad frente a cambios en factores de producción. Dentro de un país, el concepto de división de ZEC's puede cambiar con el tiempo, si se avanza en términos de adaptabilidad y estabilidad. Como se verá más adelante la estructuración que se de al programa de mejoramiento puede llevar a que el mismo genotipo pueda ser probado en diferentes ZEC's y mostrar adaptabilidad general, contribuyendo a disminuir el factor de interacción genotipo por ambiente.

..

CLASIFICACIÓN PROPUESTA

En base a todo lo expuesto se puede analizar la división de los ambientes de producción de yuca propuesta (Tabla 1). Algunas zonas que aparentemente tienen poca importancia para Latino América, son importantes para otras zonas del mundo (i.e. Trópico de Altura). La inclusión de una zona con mayores restricciones en cuanto a la disponibilidad de agua, tiene como objetivo desarrollar germoplasma para ser introducido en zonas semi-áridas de Africa. Sin embargo, tendrá importantes consecuencias para zonas similares de América Latina, como el NE de Brasil.

Selección de sitios para evaluación y selección de germoplasma

Los ecosistemas definidos a principios de los 80 por el programa de yuca del CIAT, tuvieron en cuenta las necesidades de adaptación y caracterización de resistencia de los

Tabla 1. Descripción propuesta para el desarrollo de poblaciones mejoradas de yuca con adaptación a ecosistemas amplios.

No.	Descripción	Regiones ó países representativos	Sitio Principal de Evaluación
1	Trópico Bajo Sub-húmedo	México (Yucatan Península); NE Brasil; NE Thailand; Rep. Domin.; N. Venezuela	Media Luna Carmen de Bolívar
1LC	Trópico Bajo Sub-húmedo, Bajo HCN	Colombia (Costa Atlántica y Santanderes); Panamá (Coclé); Región sub-húmeda de Africa; Ecuador (Costa NW)	Media Luna Carmen de Bolívar
2	Sabana de Suelos Acidos	México (Tabasco); Llanos de Colombia y Venezuela; Brasil (Cerrado)	Villavo Carimagua
2LC	Sabana de Suelos Acidos; Bajo HCN	Cuba; sabanas del W de Africa; Filipinas; Panamá (Ocu)	Villavo Carimagua
3	Trópico Bajo Húmedo	Región Amazónica (Brasil, Colombia, Perú); Oeste de Java y Sumatra; Malasia; S. Vietnam	Villavo
3LC	Trópico Bajo Húmedo; Bajo HCN	Africa Ecuatorial Occidental	Villavo
4LC	Trópico de Altura Media (800 a 1400 msnm); Bajo HCN	Zona Andina; Zona Central Alta del Brasil; Areas de altura media de Nigeria, Camerun y Este de Africa	Palmira Santander de Quil.
5LC	Trópico de Altura (> 1400 msnm); Bajo HCN	Zona Andina; Rwanda; Burundi	Popayán Mondomo
6	Sub-trópico	Sur del Brasil; Argentina; China; N Vietnam	Sta. Catarina (Brazil)
6LC	Sub-trópico; Bajo HCN	Cuba; Paraguay; Sur de Africa	Sta Catarina (Brazil)
7	Semi-árido	NE Brasil	Guajira Sto. Tomas NE Brazil
7LC	Semi-árido; Bajo HCN	NE Colombia (Guajira); Región del Subsahara Africano; Tanzania; Mozambique; Ecuador (Costa)	Guajira Sto. Tomas NE Brazil

Nota: Las poblaciones de Bajo HCN pueden también utilizarse en las ZECs equivalentes donde HCN no sea un caracter de importancia.

clones para el ecosistema en consideración. Cada ZEC define un conjunto particular de limitaciones importantes para el rendimiento. Puede que dentro de Colombia, una localidad no presente todos los limitantes y caracteres considerados al clasificar el ecosistema. El sitio seleccionado para evaluación debe de presentar el mayor número de limitaciones definidas para la ZEC a la cual pertenece y a un nivel moderado a alto. Sin embargo, el nivel de factor limitante no debe de ser tan alto como para enmascarar

la expresión de variabilidad para características agronómicas y de calidad. La evaluación y selección de genotipos bajo una combinación de limitantes, maximiza la probabilidad de obtener clones con un amplio rango de resistencia a factores climáticos y biológicos adversos. Si ningún sitio reuniera los limitantes relevantes para una ZEC definida, habría que considerar sitios complementarios para evaluación simultánea, ó la alternativa de evaluar la variabilidad genética disponible en invernaderos con metodologías estandares (por ejemplo para podredumbre de raíces). Seis de las ZECs definidas en la actualidad tienen localidades representativas dentro de Colombia. Finalmente este año se concretará la implementación de un programa de mejoramiento para las áreas de subtrópico a centralizarse en Santa Catarina (Brasil).

La década de los 90 encuentra el programa de mejoramiento de CIAT desarrollando germoplasma con adaptación específica a los siete ecosistemas definidos. El desarrollo de germoplasma para la mayoría de las ZECs se encuentra ya encaminado y sistematizado bajo un sistema de evaluación, selección y recombinación de aquellos genotipos que conjugan un mayor número de caracteres favorables. Dicho esquema tiene como base la generación y suministro de variabilidad genética desde CIAT a los programas nacionales; ya sea a través de accessiones del banco de germoplasma ó de semilla sexual proveniente de cruzamientos ó hibridaciones abiertas utilizando clones selectos.

Ensayos regionales internacionales

Uno de los objetivos perseguidos con la subdivisión de los ambientes de producción en ZEC's es el de ayudar a la identificación de cultivares con alta probabilidad de adaptación en otros países.

Existen sin embargo restricciones que limitan la practicabilidad del establecimiento de ensayos de rendimiento con clones de amplia difusión y otros provenientes de estudios avanzados de selección, en diferentes países. Las restricciones más importantes son el envío de estacas y el riesgo asociado con la diseminación de patógenos. Una de las alternativas es el envío de material segregante para ser evaluado y seleccionado bajo condiciones locales. El tipo de material a enviar depende de la capacidad del programa mencionado. Aquellos programas con capacidad de manejar ensayos regionales, pero con limitaciones para realizar evaluación de un extenso número de genotipos, deberían recibir un número pequeño de estacas indexadas o plántulas *in vitro* (15-20) de aquellos genotipos incluidos en pruebas regionales en regiones homólogas. Los programas con capacidad de manejar descendencias establecidas a partir de semilla sexual, podrán recibir semilla (2000-5000) provenientes de padres selectos dentro del ecosistema respectivo.

Es sumamente importante contar con descripciones más ó menos detalladas de las condiciones ambientales específicas en las cuales se enmarca el programa que ha de llevar adelante la evaluación y selección de clones. Así mismo, el intercambio de información en cuanto al comportamiento de los clones ó familias enviadas ayudará a una más efectiva delimitación de los grupos genéticos para las ZEC's. En tal sentido es importante unificar criterios de evaluación a los efectos de un adecuado manejo de la información intercambiada. Clones selectos por los programas nacionales debería ser reintroducido a CIAT para ser usados como padres en el futuro.

RECOMENDACIONES PARA EL REFINAMIENTO DE LA METODOLOGÍA

Debe de haber un aporte de información por parte de investigadores nacionales a los efectos de una mejor categorización de sus ambientes particulares y requerimientos específicos.

Propender al establecimiento de ensayos de uniformidad en localidades representativas de las mayores regiones productoras de yuca en América Latina, incluyendo clones elites del programa de CIAT y cultivares de mayor difusión en las diferentes regiones.

Hacer efectivo el intercambio de información con respecto al comportamiento del material intercambiado con instituciones de la red, ya sea vegetativo ó descendencia sexual.

Coordinar con aquellos programas con capacidad de manejo de progenies sexuales, a los efectos de evaluar las mismas familias en diferentes localidades de América Latina, dentro de una misma ZEC definida. Esto permitirá dirigir los programas de la red hacia la obtención de genotipos con una mayor adaptabilidad dentro de una misma ZEC.

Se pretende encarar de la forma más eficiente, la problemática creada por la interacción genotipo por ambiente. Aún con la clasificación en ZEC's la variabilidad ambiental (climática y biológica) no se elimina, sólo se reduce a niveles que permita a la otra parte de la interacción (la genética) la obtención de genotipos mejorados con adaptación lo suficientemente amplia como para ser recomendados a través de un área amplia. Esto en definitiva representa un mayor beneficio para los recursos invertidos en el mejoramiento de la yuca.

REFERENCIAS

- Carter, S. 1986. Climatic and edaphic classification at a continental scale (1:5,000,000) for cassava in South America. CIAT, Cali, Colombia. 16 p.
- Hershey, C. H. 1984. Breeding cassava for adaptation to stress: development of a methodology. In. CIP. Proc. 6th. Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops. Lima, Perú. p 303-314.
- Hershey, C. H. 1991. Consideraciones para el diseño de un programa de mejoramiento. In. Hershey, C. H. (ed). Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina. CIAT, Cali, Colombia. p 223-256.
- Rodriguez, S. 1991. Interacción genotipo-ambiente y estabilidad genética en yuca: resultados de un estudio en Cuba. In. Hershey, C. H. (ed). Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina. CIAT, Cali, Colombia. p 315-360.