

Caracterización de Germoplasma y Mejoramiento Participativo en Especies de Raíces y Tubérculos Alimenticios Tropicales y en Musáceas

Arlene Rodríguez Manzano, Adolfo Rodríguez Nodals,
Servelio Quintero Fernández

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical
Alejandro de Humboldt (INIFAT), C. Habana, Cuba.

Resumen

En la actualidad, la causa principal de la pérdida de la diversidad genética ha sido la dispersión de los cultivos de la agricultura moderna. Frente a esta situación, el Programa Nacional de Agricultura Urbana de Cuba ha propiciado las condiciones que permiten el mantenimiento, la validación y la multiplicación de clones de *Musa* spp., de *Xanthosoma* spp. y de los géneros *Colocasia*, *Calathea*, *Maranta*, *Zingiber*, entre otros; estos materiales, adaptados a diversos ambientes y a prácticas culturales específicas de las regiones de Cuba, crecen hoy en fincas suburbanas, en cultivos organopónicos, en huertos intensivos y en patios. Se prefiere preservar los clones amenazados de erosión genética que todavía son cultivados por los agricultores en Cuba, por ejemplo, el Plátano Manzano (*Musa*, grupo AAB, subgrupo *Silk*) altamente susceptible al mal de Panamá, el Plátano Macho (grupo AAB, subgrupo *Plantain*) altamente susceptible a la sigatoka negra, el Plátano Indio (grupo AAA, subgrupo *Red*); además, algunas especies de raíces y tubérculos alimenticios menores como la *Calathea allouia* (Aubl.) Banc. Los cultivadores mejoran sus clones empleando 'semilla' de alta calidad y resistente a plagas y enfermedades; se suministran, por ejemplo, vitroplantas de plátano y malanga (*Xanthosoma* spp.).

La caracterización y evaluación de las colecciones y el conocimiento de su variabilidad son importantes para detectar genotipos que no posee aún el banco de germoplasma; además, los análisis multivariados permiten aumentar el conocimiento de la diversidad genética. En *Musa* spp., por ejemplo, se determinaron los caracteres que permiten identificar los clones Plátano Burro (ABB), Vianda (AAB) y Fruta (AAA) antes de la emisión de la inflorescencia; esta técnica tiene un interés práctico para los agricultores y aporta, además, criterios para identificar clones de dudosa clasificación y para aclarar la proximidad genética entre diferentes genotipos estudiados.

La malanga ha sido afectada en Cuba por el Dasheen Mosaic Virus (DMV) en los últimos 20 años y las pérdidas pasan del 90%; una raza severa del virus atacó los clones comerciales Viequera, Macal Sport y Amarilla Especial, de la especie *X. sagittifolium* Schott., y México 1 y México 8, de la especie *X. nigrum* (Vell.) Mansf. Se recolectaron clones autóctonos y de ellos se aisló una raza benigna del mosaico de la malanga (DMV-B) que disminuye ligeramente la producción y protege el clon contra la raza severa (DMV-S). Por otra parte, en el germoplasma de malanga isleña [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] se encontraron 42 caracteres que presentan variabilidad, tanto en los órganos subterráneos como en las hojas, y se determinaron los que permiten identificar la variabilidad de la especie. Los análisis

citogenéticos proporcionaron criterios valiosos para la clasificación intraespecífica, pues se comprobó que no hay correspondencia entre la ploidía y los caracteres morfológicos; este aspecto es importante en el mejoramiento genético del cultivo. Los análisis bioquímicos realizados permitieron comprobar que no existe ningún clon duplicado en la colección y que los clones conservados en Cuba tienen diversa procedencia, a juzgar por la fuerte incidencia africana, asiática (incluyendo Japón) y, posiblemente, de las Islas Filipinas que manifiestan. Estos resultados servirían a la investigación de la filogenia de esta especie en el continente americano y el trabajo valdría como una metodología para caracterizar y evaluar colecciones de otras especies de reproducción agámica.

Introducción

La conservación de los recursos fitogenéticos tienen un papel principal en el mantenimiento de la diversidad biológica. En la actualidad, la principal causa de la pérdida de esa diversidad ha sido la dispersión de los cultivos de la agricultura moderna. La introducción de variedades mejoradas ha producido, involuntariamente muchas veces, la sustitución de las variedades tradicionales de los agricultores, su pérdida gradual y, por tanto, una erosión alarmante de la diversidad (FAO 1996).

Las condiciones creadas por el Programa de Agricultura Urbana (PAU) de Cuba han permitido el mantenimiento, la conservación y la multiplicación de clones de *Musa* spp., *Xanthosoma* spp., *Colocasia*, *Calathea*, *Maranta*, *Curcuma*, *Zingiber* y otros géneros adaptados a diversos ambientes; se han aplicado así prácticas culturales específicas de las regiones en fincas suburbanas, en cultivos organopónicos, en huertos intensivos y en patios. El PAU fue organizado en 1994, aunque tiene antecedentes en años anteriores que han adquirido ahora mayor importancia (Rodríguez-Nodals 1999).

Dos factores han contribuido al desarrollo del PAU: cerca del 80% de la población de Cuba vive en zonas urbanas, y las limitaciones económicas de los últimos años acercaron la producción de muchos cultivos a las ciudades.

El PAU consta de 15 subprogramas (entre cultivos y especies de ganado menor), uno de los cuales es el de Plátano Popular. El subprograma de Hortalizas y Condimentos incluye cultivos de raíces y tubérculos útiles menores (*Zingiber*, *Curcuma*, *Pachyrrhizus*, *Maranta* y *Canna*, entre otros). En las zonas suburbanas se cultivan también *Xanthosoma* spp. y *Colocasia esculenta* plantando clones locales y clones mejorados (Quintero et al. 1999). En los últimos 6 años, el PAU se ha establecido en todas las provincias de Cuba y en 167 municipios de los 169 con que cuenta el país; las excepciones son Habana Vieja y Centro Habana, que carecen de las condiciones para ese trabajo.

Los estudios hechos han revelado que la agricultura urbana no sólo tiene importancia económica y social sino que se está convirtiendo en refugio de cultivares amenazados de extinción y en punto de promoción de cultivos subexplotados. Suministra, además, retroinformación tanto para los científicos interesados en las experiencias de los agricultores como para éstos que desean comunicarse directamente con los primeros.

Sólo el subprograma de Hortalizas y Condimentos consta de más de 5000 pequeñas unidades de producción diseminadas por todo el archipiélago cubano y en él participan más de 19,000 productores (MINAG 1999). Estas cifras señalan el potencial notable del PAU para impulsar el mejoramiento participativo y la conservación de los recursos fitogenéticos.

Recursos Fitogenéticos Tropicales en la Agricultura Urbana

Las condiciones creadas por el PAU permiten preservar especies tropicales cultivadas, especialmente raíces y tubérculos útiles y musáceas, en su ambiente propio, como se explicó antes.

Musáceas

Se preservan clones amenazados por la erosión genética y todavía cultivados por los agricultores en Cuba, como son el Plátano Manzano (*Musa*, grupo AAB, subgrupo *Silk*) altamente susceptible al mal de Panamá; el Plátano Macho (grupo AAB, subgrupo *Plantain*) altamente susceptible a la sigatoka negra; el Plátano Indio (grupo AAA, subgrupo *Red*) que interesa como alimento amiláceo y presenta valores etnobotánicos asociados con las tradiciones sincréticas de las culturas africanas de Cuba, principalmente los yorubas.

Se han impartido orientaciones técnicas a los agricultores, tanto en programas de televisión y manuales técnicos como en conferencias, sobre el correcto manejo agronómico de las plantas en los patios de las casas; asimismo, se han dado instrucciones para mantener los clones que se encuentran amenazados de extinción y que son preferidos por la población. Se suministran también vitroplantas de clones resistentes a las enfermedades, aprovechando la infraestructura del PAU en los municipios.

Se hizo un estudio con los clones de *Musa* spp. pertenecientes a la colección de trabajo del INIFAT, entre ellos, la especie silvestre *Musa balbisiana* y clones de los diferentes grupos genómicos AA, AAA, AAAA, AB, AAB, AAAB y ABB. Representan la variabilidad existente en este género en los patios de las casas del PAU. Se evaluaron 19 caracteres morfológicos cualitativos para hallar los que contribuyen a la identificación de los clones del plátano burro, del plátano vianda o del plátano fruta antes de la emisión de la inflorescencia. Este aspecto interesa a muchos agricultores y es útil en los trabajos de prospección y análisis de la variabilidad en diferentes zonas, ya que en muchas ocasiones los bananos y plátanos no están florecidos (Rodríguez y Rodríguez-Nodals 1999).

Se logró diferenciar los clones que presentan dos genomas *balbisiana* en su constitución genética (el plátano burro) del resto de los clones que tienen uno solo o ningún genoma *balbisiana* (plátano vianda o plátano fruta), mediante los caracteres canal peciolar y pseudotallo con manchas o sin ellas. Se diferenciaron también los clones de plátano vianda (AAB) del subgrupo *plantain* del clon perteneciente al subgrupo *pome* mediante la coloración del pseudotallo.

Aráceas

La malanga es un alimento muy importante para la dieta de niños, ancianos y personas con enfermedades digestivas. En Cuba se emplean dos géneros comestibles de aráceas: la malanga (*Xanthosoma* spp.), que posee hojas sagitadas y es originaria del continente americano, y la malanga isleña o taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott], que tiene hojas peltadas y es oriunda del sudeste asiático; esta última ha desarrollado una interesante variabilidad atribuida a la acumulación de mutaciones somáticas desde su introducción en el continente americano (Rodríguez-Nodals 1976; Rodríguez et al. 1994).

***Colocasia esculenta* (L.) Schott**

La malanga isleña es una de las especies cultivadas en Cuba de origen asiático (Hammer y Esquivel 1994). Está ligada también a costumbres africanas porque era procesada con el pilón o mortero, un instrumento tradicional empleado por los negros esclavos (Esquivel et al. 1994a; Tirado y Martínez 1994).

En el continente americano se han realizado algunas colectas: 3 en México (García 1979), 7 en Nicaragua (Obando y Bonilla 1990), 21 clones colectados en diferentes regiones de Cuba, y 6 obtenidos por selección de las mutaciones somáticas (Rodríguez et al. 1994). Se reportaron también accesiones en diferentes regiones de Cuba, que se conservaban *in situ* (Castiñeiras 1999; Esquivel y Hammer 1994a; Esquivel et al. 1994b).

Este cultivo ha quedado reducido a pequeñas áreas por sus requerimientos hídricos; no obstante, es importante conservar su variabilidad, ya que un cultivo intensivo de malanga pueden dar un rendimiento superior a 60 t/ha.

La variabilidad del germoplasma de esta especie en el país fue estudiada desde varios ángulos: genético, citogenético, agronómico y biométrico; se conocieron así sus valores potenciales para los programas de mejoramiento genético. Esta variabilidad tiene un fuerte componente de cultivos tradicionales y es mantenida en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), en Santo Domingo, Villa Clara, Cuba (Rodríguez 1998). Se determinaron los caracteres morfológicos de los órganos subterráneos y foliares que presentaban mayor variabilidad en Cuba para poder distinguir genotipos no conservados y conservados en los bancos de germoplasma y aumentar así diversidad conocida (Rodríguez et al. 1999a; 1999b).

El análisis de los componentes principales indicó que los descriptores más importantes para el estudio de la diversidad en cada nicho geográfico eran el color de las yemas y de la pulpa de los cormelos, el color de los pecíolos, el color y la distribución de la pigmentación en el punto de inserción limbo-pecíolo visto desde la haz de las hojas, y el color de las venas por el envés de las hojas; esos caracteres permitieron clasificar los clones en tres grandes grupos y en ocho subgrupos de variabilidad (Rodríguez et al. 1999c).

El conteo del número de cromosomas indicó que en la colección estudiada había 8 clones diploides ($2n=28$) y 34 clones triploides ($3n=42$), según Rodríguez et al. (1998a). Fukushima y Wasa (1962) y López (1984) consideran que los clones diploides corresponden a un tipo de cormo grande central, comúnmente llamado *taro*, y que los clones triploides corresponden al tipo de muchos cormelos secundarios, por lo regular conocido como *dasheen*. Según ese criterio, de los 42 clones estudiados por las características morfológicas de los cormos y los cormelos, 15 son del tipo *taro* y 27 del tipo *dasheen*.

Si se admite la clasificación de Fukushima y Wasa (1962) y de López et al. (1984) antes descrita, hay solamente 3 tipos *taro* y 16 tipos *dasheen* en la colección, o sea, un 45.2%, que coinciden con ese criterio; los 23 clones restantes (54.8% de la colección) no se ajustan a esa clasificación.

El trabajo que se haga en las colecciones de germoplasma de *Colocasia esculenta* necesita un análisis citogenético de los clones, ya que el grado de ploidía es muy difícil de determinar morfológicamente en esta especie. Un correcto trabajo de mejoramiento genético requiere determinar el número de cromosomas de cada progenitor, muy difícil de hallar con los criterios morfológicos seguidos hasta ahora, que en muchas ocasiones no coinciden o están muy influidos por el ambiente.

Los clones se agruparon, según la expresión de los patrones isoenzimáticos de esterases y peroxidasas, en seis grupos; este resultado permitió aumentar el conocimiento de la diversidad existente, de las relaciones genéticas (por inferencias genéticas) entre los clones estudiados, y verificar que ningún clon estudiado estuviera duplicado. Se pudo inferir también una fuerte incidencia africana y japonesa en la procedencia de la colección cubana, así como del centro de origen de la especie, en el sudeste asiático, y de las islas Filipinas.

Este resultado confirma la crónica de Gonzalo Fernández de Oviedo, citado por Esquivel et al. (1994a), de que la malanga *Colocasia* es una de las especies introducidas por los españoles y africanos en Cuba. Rodríguez-Nodals (comunicación personal, 1991) relata que algunos clones fueron introducidos directamente desde Japón, y León (1987) señala que hay evidencias de que muchas especies asiáticas fueron introducidas a México desde las islas Filipinas por ruta Manila-Acapulco; además, el intercambio entre México y Cuba (de Veracruz a La Habana) fue también muy intenso en la época colonial.

Los resultados aquí obtenidos sirven de base a trabajos más profundos sobre el origen de esta especie en el continente americano; permitieron además identificar la variabilidad existente en cada nicho geográfico y encontrar clones cultivados por los agricultores que fueron introducidos luego a los bancos de germoplasma. Un ejemplo es el clon Isleña Rosada Sabanilla, prospectado por Rodríguez-Nodals en febrero de 1975 en la provincia de Matanzas (Rodríguez 1996) y hallado nuevamente en zonas aledañas al municipio Unión de Reyes, cerca de Sabanilla, en la misma provincia de Matanzas y cerca al sitio de 1975.

Xanthosoma spp.

Esta malanga, originaria de América Central y el Caribe, es uno de los tubérculos alimenticios preferidos por los cubanos. La planta ha sido cultivada desde los tiempos precolombinos y forma parte del 'conuco' familiar, tanto en las zonas rurales como en las áreas suburbanas, de preferencia en los asentamientos poblacionales de montaña (Rodríguez-Nodals 1976).

El cultivo se ha diversificado en todos sus tipos (blanco, crema, amarillo y morado) y está bien representado en gran número de municipios del país; es, por tanto, un ejemplo valioso del mantenimiento *in situ* de los recursos fitogenéticos del género *Xanthosoma*.

Se ha hecho un trabajo prospectivo en diversas zonas de Cuba en que se cultiva esta malanga, lo que ha permitido conocer bien su variabilidad natural; el Caribe es, en realidad, parte del centro de origen de este género. Se encontró un material genético muy rico, aunque no es comparable con otras especies cultivadas. El tipo menos representado es el que tiene la pulpa de los cormos y cormelos de color crema, aunque este color es una variación del blanco. Son clones autóctonos, en su mayoría, o introducidos de la propia región Caribe y están muy bien adaptados; se constató, sin embargo, que varios materiales presentan rendimientos económicamente aceptables pero fueron portadores de virus.

El descenso progresivo de la productividad de la malanga *Xanthosoma sagittifolium* Schott. y *X nigrum* (Vell.) Mansf., que se observa mundialmente desde 1979 (FAO 1990), parece estar relacionado con la presencia del virus del mosaico de la malanga (Dasheen Mosaic Virus, DMV) y con el aumento de su concentración en las plantas; otras causas, como la presencia de hongos, bacterias o deficiencias agrotécnicas pueden incidir también localmente en la disminución del rendimiento del cultivo. Se colectaron clones autóctonos, que han sido cultivados por los agricultores a lo largo de los años, en los cuales se aisló una estirpe benigna del mosaico del ocumo (DMV-B); ésta reduce ligeramente el rendimiento pero protege las plantas contra la raza severa del virus (DMV-S). Todos los clones comerciales están afectados por la presencia del DMV-S, que ha reducido su rendimiento hasta en más del 90% desde 1989.

Raíces y tubérculos útiles menores

Las especies menores de raíces y tubérculos útiles del trópico que se mantienen en el PAU comprenden las que tienen propiedades de condimento y las que pueden ser consumidas como hortalizas. Entre las especies que se encuentran en peligro de erosión genética están las siguientes:

- El llerén [*Calathea allouia* (Aubl.) Lindl.], casi extinguida en Cuba, cuyo desarrollo está comenzando de nuevo a partir de prospecciones hechas en asentamientos poblacionales de la provincia de Santiago de Cuba.

- El afiό (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.), especie en peligro de desaparici3n en Cuba, en cuyo rescate y multiplicaci3n se trabaja en huertos ubicados en asentamientos de poblaci3n situados a m1s de 500 msnm.

Estos dos cultivos fueron introducidos en Cuba por los franceses inmigrantes desde Santo Domingo y Hait1 (Esquivel y Hammer 1994b).

- La achira (*Canna edulis* Ker-Gawler), muy escasa en Cuba; se ha reportado en el INIFAT su fuerte actividad como molusquicida e insecticida (Alfonso et al. 1998) y ha comenzado, por ello, su propagaci3n en la periferia de organop3nicos y huertos intensivos en el marco del PAU, con un doble objetivo: producir alimentos para ni1os y ancianos y servir como bioinsecticida natural.
- El sag1 (*Maranta arundinacea* L.) que se cultiva hace varios a1os en Cuba (Couret 1990). En la actualidad, crece en las monta1as como especie recomendable para intercalar en los cafetales como productora de alimento y como 'barrera antierosiva'. Su variabilidad es muy escasa: hay pocos cultivares que se distinguen por sus caracteres morfol3gicos.
- El jengibre (*Zingiber officinale* Rosc.) y el jengibre amargo (*Z. cassumunar* Roxb.) se cultivan en peque1as fincas situadas en los alrededores de asentamientos de poblaci3n de las zonas monta1osas del pa1s, generalmente a m1s de 300 msnm. Esta especie fue introducida en Cuba por los franceses que emigraban de Hait1 a fines del siglo XVIII y comienzos del XIX (Rodr1guez-Nodals y Corona 1990).
- La j1cama dulce [*Pachyrrhizus erosus* (L.) Urb.], introducida quiz1s en Cuba desde Am3rica Central, donde fue cultivada en tiempos precolombinos (Esquivel y Hammer 1994b). Esta especie se desarrolla de manera incipiente en los huertos de la zona oriental del pa1s, cerca de los poblados. Hay perspectivas para su comercializaci3n en los hoteles dedicados al turismo internacional y se trabaja en la identificaci3n de su variabilidad.
- La c1rcuma (*Curcuma longa* L. y *C. zedoaria*) se propaga actualmente por sus propiedades medicinales y nutritivas y para obtener un condimento seco de excelente calidad; se usa tambi3n como colorante natural para las comidas. Se desarrolla principalmente en asentamientos de poblaci3n ubicados en las monta1as. La primera especie abunda m1s que la segunda, si bien ambas son escasas.

Mejoramiento Participativo en Mus1ceas, Ra1ces y Tub3rculos

Pl1tano (Musa spp.)

En Cuba se conocen con el nombre de pl1tano tanto los clones que se consumen como fruta (el banano) como los usados en cocina. Pues bien, el mejoramiento a

escala popular se ha hecho en los segundos, conocidos generalmente como "plantain", "plátano vianda", "cooking banana" y por otros nombres vulgares.

La razón es que los bananos o "plátanos fruta" tienden a ser, generalmente, bastante estables, pero los clones de plátano situados en el grupo AAB, subgrupo *Plantain* (Simmond 1966) resultan muy inestables y tienen altas tasas de mutabilidad somática (Rodríguez-Nodals 1980). Por otro lado, las plagas y las enfermedades —en especial, la sigatoka negra y los nematodos— han afectado considerablemente a los plátanos de este subgrupo.

Por ello, los plátanos vianda han dejado de cultivarse en grandes zonas de Cuba y su producción se ha limitado a pequeñas áreas donde el campesino está sometido a un sistema de cultivo anual. El PAU ha estructurado, por tanto, un subprograma de "plátano popular" y entre los clones que promueve están precisamente los del subgrupo *Plantain*, de gran demanda entre la población y en los hoteles dedicados al turismo (Rodríguez-Nodals 1999).

Partiendo de los conocimientos acumulados sobre selección clonal, se están ofreciendo seminarios y se promueve el mejoramiento participativo del cultivo. Se han localizado en todas las provincias campesinos líderes en este enfoque participativo y se aplica una metodología de selección cuyos elementos principales son:

- Reconocer la alta variabilidad intraclonal del grupo AAB, subgrupo *Plantain*.
- Admitir el fenómeno de la 'reversión' del tipo Pseudo-horn hacia el French y viceversa (mutación somática).
- Distinguir cuatro "tipos" dentro del subgrupo *Plantain*:
 - Horn: totalmente carente de brácteas masculinas en los racimos y casi siempre de frutos muy largos.
 - Pseudo-horn: con pocas brácteas masculinas, pocas flores hermafroditas, o ninguna, y frutos largos.
 - French-horn: con abundantes brácteas persistentes, algunos deciduos provenientes de flores masculinas y hermafroditas, y frutos medianos.
 - French: brácteas de flores masculinas y hermafroditas totalmente persistentes, y frutos cortos.

Los tipos más conocidos en Cuba son el Pseudo-horn, popularmente llamado "plátano macho" y el French, conocido como "plátano hembra". Puesto que el plátano macho es más aceptado comercialmente y es más inestable (altas tasas de mutabilidad genética), los campesinos se dedican a hacer con él selección clonal. Esta selección se hace marcando, dentro de las plantaciones, las plantas que tienen racimos con un mínimo de 40 dedos y con 8 a 10 dedos o

frutos en la primera mano, según la metodología desarrollada en Cuba por Rodríguez-Nodals y Rodríguez (1971).

Si los agricultores aplican esta técnica y multiplican la "semilla" de este tipo de plantas durante varias generaciones vegetativas, obtendrán un mejoramiento de la producción que es significativamente superior. En la actualidad, más de 200 pequeños agricultores lo hacen y se procura extender este trabajo a los patios de las viviendas en varios municipios. Se aprovecha así la tradición, común en Cuba, de cultivar plátanos en los 'conucos' o pequeñas parcelas contiguas a los hogares.

Esta metodología elimina virtualmente los tipos de planta indeseables, o sea, los mutantes poco productivos como el clon Miracielo que sólo produce de 1 a 8 frutos por racimo, de tamaño mediano a pequeño (Rodríguez-Nodals 1980).

Xanthosoma spp.

Con el fin de recuperar el rendimiento deprimido de los clones comerciales de la malanga (*Xanthosoma spp.*), se hicieron varios trabajos de laboratorio (Quintero et al. 1995) y una serie de prospecciones en un gran número de municipios del país que históricamente han cultivado este género de plantas. En las prospecciones se obtuvieron decenas de clones autóctonos entre los preferidos por los pobladores de cada región. De estos últimos y de los clones comerciales se pudieron aislar dos variantes del virus antes mencionado: la DMV-S y DMV-B. El trabajo participativo de los pobladores y la colaboración de un grupo especializado permitió, aplicando procedimientos biotecnológicos, la recuperación del rendimiento histórico de la malanga (Quintero et al. 1996).

Al evaluar el proceso de reinfección de la 'semilla' libre de DMV, se observó que en los clones comerciales, a los 4 años de re infectados con el DMV-S, del 70% al 80% de las plantas presentaban disminución en su rendimiento; éste se encontraba ya por debajo de 460 g/planta, según el clon de que se tratara. De los clones autóctonos o locales inoculados con el DMV-B, solamente del 13% al 16% de las plantas dieron un rendimiento inferior a 460 g/planta 10 años después de haber sido inoculados.

El trabajo participativo de las colectividades cultivadoras de malanga y de un nutrido número de especialistas multidisciplinarios permitió la recuperación de este cultivo en Cuba. Juntos desarrollaron las siguientes acciones: un proceso para el aislamiento de dos variantes del DMV, su identificación (Quintero 1987), la preparación de un 'kit' para el diagnóstico específico de este virus (Quintero et al. 1995), y la elaboración de un procedimiento para la micropropagación *in vitro* de la malanga (Quintero et al. 1999; Rodríguez et al. 1998b). Se desarrolló además un procedimiento para la producción comercial de 'semilla' certificada de malanga a escala comercial. Esta tecnología fue validada en parcelas de producción durante 4 años, sobre todo en la provincia de Guantánamo (Quintero y Olivera 1996; Quintero et al. 1995).

Conclusiones

- El procedimiento establecido en el PAU de Cuba ha permitido la conservación y la diversificación de especies de raíces y tubérculos útiles, tanto menores como mayores, y de musáceas que corren peligro de erosión genética.
- El procedimiento establecido para la clasificación de la malanga isleña [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] se basó en caracteres morfológicos, citogenéticos y bioquímicos y permitió por ello identificar la variabilidad en diferentes nichos geográficos; este logro representa una información de retorno para los programas de mejoramiento genético.
- La metodología establecida en el PAU respecto al cultivo del plátano en el medio popular ha permitido incrementar el rendimiento del cultivo y mejorarlo; a la vez, mantiene la variabilidad mediante el mejoramiento participativo.
- El rendimiento de la malanga (*Xanthosoma* spp.) se recuperó aplicando procedimientos biotecnológicos; esta metodología se perfeccionó mediante un proceso de mejoramiento participativo ajustado al entorno natural.
- La capacitación sistemática de los productores de estos cultivos y la relación estrecha entre éstos y los científicos tienen un papel decisivo en el progreso del PAU de Cuba.

Bibliografía

- Alfonso M.; Fernández L.; González N.; Avilés R.; Villasana R.; Ortiz Y.; Rodríguez V.; Alvarez M.E.; Lorenzo Y.; Pérez D.; González A. 1998. La achira (*Canna edulis* Ker.): ¿Planta alimenticia o tóxica?. X Congreso Latinoamericano de Toxicología, La Habana, Cuba. Noviembre de 1998. p 181-182.
- Castiñeiras L. 1999. El huerto casero: Un refugio de agrobiodiversidad que merece ser conservado. En: Convención Trópico 99. Resúmenes. La Habana, Cuba. 408 p.
- Couret J.G. 1990. Sobre el cultivo del sagú. Circular no. 36. Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. p 39-40.
- Esquivel M.; Hammer K. 1994a. Contemporary traditional agriculture: Structure and diversity of the "conuco". En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds.). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources ("...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..."). Institut Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. vol. 1, p 174-192.
- Esquivel M.; Hammer K. 1994b. Native food plants and the American influence in Cuban agriculture. En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds.). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources ("...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..."). Institut Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. vol. 1, p 47-74.

- Esquivel M.; Fuentes, V.; Martínez C.; Martínez J.; Hammer K. 1994a. The African influence from an ethnobotanical point of view. En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds.). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources ("...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..."). Institut Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. vol. 1 p. 85-109.
- Esquivel M.; Rodríguez M. A; Morales U.; Herrera P.; Gutiérrez J.; Hammer K. 1994b. Collecting wild relatives and landraces of cultivated plants in western and central Cuba. Séptima misión INIFAT-IPK a Cuba. Plant Genetic Resources Newsletter 99:15-19.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1990. Production yearbook, Roma.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1996. Plan de acción mundial para la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos en la alimentación y en la agricultura. Roma, Italia. 64 p.
- Fukushima E.; Wasa S.I. 1962. Chromosome number of the taro varieties cultivated in Japan. CTS 24:4.
- García M. 1979. Prospección sobre recursos fitogenéticos de raíces y tubérculos tropicales en México. Ciencia Técnica de la Agricultura, Serie Viandas, Hortalizas y Granos (Cuba) 2(1):85-101.
- Hammer K.; Esquivel M. 1994. The role of ethnic minorities: The East Asiatic case. En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds.). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources ("...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..."). Institut Pflanzengenetik uun Kulturpflanzenforschung Gatersleben. vol. 1, p 138-146.
- León J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 445 p.
- López Z.M. 1984. Raíces y tubérculos. Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba. p 304.
- MINAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1999. Area de perfeccionamiento, funcionamiento y recursos humanos. En: III Encuentro Nacional de Agricultura Urbana. La Habana, Cuba.
- Obando M.; Bonilla N. 1990. Cultivos subexplotados con valor nutricional en Nicaragua. En: FAO. Cultivos autóctonos subexplotados con valor nutricional de Mesoamérica. Santiago de Chile. p 113-122.
- Quintero F.S. 1987. Virus de la malanga (*Xanthosoma* spp.) y de la malanga isleña (*Colocasia esculenta*) en Cuba. VIII Jornada Científica del INIVIT, Caibarién, Cuba.
- Quintero F.S.; Olivera R.H. 1996. Método biológico para el diagnóstico del DMV. En: XII Forum de Ciencia y Técnica, INIFAT.
- Quintero F.S; Pérez T.S.; R.H. Maribona H. R.H.; Peralta E.L. 1995. Purificación del DMV y preparación de su 'kit' diagnóstico. Avances en Biotecnología Moderna 3:1-49.

- Quintero F.S.; Rodríguez-Nodals A.; Rodríguez M.A.; Olivera R.H. 1996. Altos rendimientos en clones de malanga (*Xanthosoma* spp.) libre de virus. VIII Jornada Científica del INIFAT, septiembre 1996. Resúmenes. 40 p.
- Quintero F.S.; Rodríguez-Nodals A.; Rodríguez M.A.; Maribona R.H.; López M.; Pérez S.; Calá M.; Proenza M.; Rodríguez A.J. et al. 1999. Recuperación del cultivo de la malanga *Xanthosoma* spp. mediante procedimientos biotecnológicos. En: Convención Trópico-99. Geografía, meteorología y agricultura tropical. Resúmenes. Ed. Científico-técnica, La Habana, Cuba.
- Rodríguez M.A. 1996. Caracterización y evaluación del germoplasma de *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. Tesis en opción del título de Ingeniera agrónoma. Universidad Central de las Villas, Villa Clara. Cuba. 110 p.
- Rodríguez M.A. 1998. Caracterización del germoplasma de *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. Tesis (M.S.). Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Cuba. 82 p.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A. 1999. Caracterización e identificación de clones de bananos y plátanos *Musa* spp. antes de la emisión de la inflorescencia. En: Convención Trópico-99; Geografía, Meteorología y Agricultura Tropical. Ed. Científico-técnica.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A.A.; Román M.I. 1994. *Colocasia*. En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources (“...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros...”). Institut Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. vol 3, p 629-636.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A.; Román M.I.; Manzano M.J. 1998a. Caracteres morfológicos, citogenéticos y bioquímicos en la clasificación intraespecífica de *Colocasia esculenta* (L.) Schott. Revista del Jardín Botánico (La Habana) 19:113-120.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez A.J.; Quintero S.; Maribona R.H.; Fundora S.; Pérez D.; Pérez, O. 1998b. Establecimiento in vitro de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) a partir de ápices libres de microorganismos y su propagación en medios biocen. Resúmenes. III Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A.; Fundora M.Z.; Castiñeiras L. 1999a. Diversidad de la malanga isleña *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba; I: Organos subterráneos. Revista del Jardín Botánico (La Habana) 20:91-104.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A.; Fundora M.Z.; Castiñeiras L. 1999b. Diversidad de la malanga isleña *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba; II: Organos foliares. Revista del Jardín Botánico (La Habana) 20:105-119.
- Rodríguez M.A.; Rodríguez-Nodals A.; Fundora M.Z.; Castiñeiras L. 1999c. Descriptores mínimos para formar colecciones núcleo y caracterizar el germoplasma de malanga isleña *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. En: Convención Trópico-99; Geografía, Meteorología y Agricultura Tropical. Ed. Científico-Técnica.
- Rodríguez-Nodals, A. 1976. Preliminary observation on clones of sweet potato *Ipomea batatas* and *Colocasia esculenta* introduced from Guadeloupe. Nouvelles Agronomiques des Antilles et de la Guyane 2:134-141.

- Rodríguez-Nodals A. 1980. Apuntes sobre la variabilidad del plátano vianda (*Musa* sp., AAB), subgrupo 'Plantain' en Cuba. Rev. Agrotecnia (Cuba), p 33-46.
- Rodríguez-Nodals A. 1999. El Programa Nacional de Agricultura Urbana de Cuba. En: Conferencia de ACPA. La Habana, Cuba. 11 p.
- Rodríguez-Nodals A.; Corona C.M. 1990. Cultivos autóctonos subexplotados con valor nutricional en Cuba. En: FAO. Cultivos autóctonos subexplotados con valor nutricional de Mesoamérica. FAO, Santiago de Chile. p 35-42.
- Rodríguez-Nodals A.; Rodríguez R.A. 1971. La selección clonal en las viandas tropicales. CEMSA, Santo Domingo, Las Villas, Cuba. 19 p.
- Simmonds N.W. 1966. Bananos. Longmans, Londres.
- Tirado H.; Martínez J.C. 1994. Traditional agricultural equipment. En: Hammer K.; Esquivel M.; Knupffer H. (eds.). Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources ("...y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros..."). Institut Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben. 1:193-201.