

Reseña

Mejoramiento, conservación y diversidad genética de la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) en Cuba

Yadelys Figueroa-Aguila^{1*}

Marilys D. Milián-Jiménez¹

Yuniel Rodríguez-García¹

¹Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo 6, Santo Domingo, CP 53000, Villa Clara, Cuba

*Autor para correspondencia. geneticamc@inivit.cu

RESUMEN

La malanga (*C. esculenta*) constituye un alimento fundamental en la dieta de niños y ancianos por sus propiedades y riquezas nutricionales. Este trabajo tiene como objetivo aumentar el conocimiento en cuanto al mejoramiento y diversidad genética de la malanga (*Colocasia esculenta*) existente en Cuba. Actualmente existen, pocos clones debidos, fundamentalmente, a las características de las vías de multiplicación que impiden la existencia de amplias fuentes de variabilidad, tanto natural como inducida. Por una parte, las mutaciones espontáneas son raras y por otra, la emisión de inflorescencias es escasa y poco productiva, con agentes polinizadores que no son eficientes y dependientes de las condiciones ambientales. El cultivo de la malanga constituye una vía importante en la sustitución de importaciones y contribuye a la sostenibilidad alimentaria a nivel de país.

Palabras clave: selección, hibridación, taro

Recibido: 23/01/2018

Aceptado: 26/03/2019

INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos son el elemento básico para el mejoramiento de los cultivos a través de la selección y la mejora genética convencional. Su utilización contribuye a la estabilidad y recuperación de los agroecosistemas, proporcionan una materia prima fundamental para la mejora genética de los cultivos y sirven de soporte para la seguridad alimentaria. Actualmente constituyen la base de la evolución ya que permiten a los cultivos adaptarse a una infinidad de medios y responder a los nuevos factores adversos ⁽¹⁾.

En Cuba se plantan cada año alrededor de 160 000 ha de viandas distribuidas en todas las provincias del país, con una producción de 970 000 t anualmente, de ellas el 16 % corresponde a la malanga (*Xantosome sagittifolium* y *Colocasia esculenta*), en el año 2015 se plantaron de *C. esculenta* 6 954,7 ha ^(2,3).

El Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), desde su fundación en 1967, se dedicó a la prospección, mantenimiento, conservación y evaluación del germoplasma de malanga (*C. esculenta*) hasta constituir la colección cubana de germoplasma de este género, la cual cuenta en el 2017 con 102 accesiones. En estos clones se han desarrollado estudios de caracterización y evaluación ⁽⁴⁾, que necesitan ser ampliados para incrementar también el uso del germoplasma conservado.

El uso de clones mejorados e introducidos por el INIVIT, ha permitido aumentar la producción agrícola y su tecnología ⁽⁵⁾, sin costos adicionales; sin embargo, existen actualmente en Cuba, pocos clones de malanga (*C. esculenta*) en los diferentes escenarios productivos debido fundamentalmente, a las características de las vías de multiplicación de esta especie que impiden la existencia de amplias fuentes de variabilidad, tanto natural como inducida. Por una parte, las mutaciones espontáneas son raras y por otra, la emisión de inflorescencias es escasa y poco productiva, con agentes polinizadores que no son eficientes y dependientes de las condiciones ambientales.

En otras regiones del mundo como Indonesia, Papua New Guinea, Eslovenia, entre otros. la emisión de inflorescencia en clones que se quieren utilizar para el mejoramiento no es limitante para el mejoramiento por hibridación de este cultivo. Por lo que no representa un problema la cantidad de accesiones que emiten inflorescencias, la disponibilidad del polen que producen y la viabilidad del mismo. En Cuba este tema es de vital importancia, ya que

las accesiones con más rendimiento emiten inflorescencia muy rara o ninguna vez y cuando lo hacen, casi nunca producen polen y pocas veces éste resulta viable.

Origen y distribución

El origen de la malanga, está todavía en discusión; sin embargo, todos los autores coinciden en que es originaria de la región Indo-malaya, y se dispersó al este y sudeste de Asia, Islas del Pacífico y este de Madagascar y África, desde donde fue introducido al Caribe y las Américas ⁽⁶⁾.

La mayor variabilidad para la malanga (*C. esculenta*) se informa en Cuba debido a que españoles que llegaron desde las Islas Canarias, se asentaron en esa zona; sin embargo, nuevas evidencias señalan a la región oriental como una importante fuente de variabilidad, por el hallazgo de tipos silvestres estoloníferos ⁽⁷⁾.

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) es uno de los cultivos más importantes en los países insulares del Pacífico, no solo por su contribución a la nutrición e ingresos; sino también por su papel cultural importante, ya que forma parte de las costumbres y tradiciones de estos países, y es el quinto de mayor consumo e nivel mundial ⁽²⁾.

La mayoría de los cultivares que se encuentran en todo el Pacífico no fueron traídos por los primeros pobladores de la región Indo-Malaya, sino que surgieron antes de su llegada ⁽⁸⁾, los que fueron utilizados como cultivares autóctonos de la región de Melanesia ⁽⁹⁾. Es por eso que los clones que llegaron hasta la Polinesia durante las migraciones han tenido una progresiva disminución en número y en diversidad ⁽¹⁰⁾.

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) pertenece a la familia de las aráceas comestibles, la que comprende los géneros: *Colocasia*, *Xanthosoma*, *Alocasia*, *Cyrtosperma* y *Amorphohallus*; es una planta monocotiledónea y la especie que se planta de *Colocasia esculenta* comprende dos variedades botánicas: (i) *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*, y (ii). *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum*. La *C. esculenta* var. *esculenta*: tiene un amplio corno central cilíndrico y unos pocos cormelos pequeños y la *C. esculenta* var. *antiquorum* se conoce como el tipo de malanga que tiene un pequeño bulbo globular central con varios cormelos. Por lo que la malanga *Colocasia esculenta* Schott var. *esculenta* se conoce agrónomicamente como la de tipo taro y la var. *antiquorum* de tipo

eddoe. Se diferencia de la *Xanthosoma* spp. en que su pecíolo se inserta en el tercio inferior del limbo. La parte comestible está constituida por la base del tallo o cormo. Estos dos géneros presentan caracteres comparables en su morfología y ecología, son plantas rizomatosas con cormos eventualmente ricos en oxalato de calcio ⁽⁵⁾.

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Alismatales

Familia: Araceae

Subfamilia: Aroideae

Tribu: Colocasieae

Género: *Colocasia*

Especie: *Colocasia esculenta* (L.) Schott

Importancia del cultivo

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) juega un papel primordial en la alimentación, como almidón y como verdura de hoja. A nivel mundial, es el quinto de mayor consumo entre rizomas y tubérculos ⁽²⁾, y más del 25 % se producen en Oceanía y el sudeste asiático. La importancia del cultivo va más allá de su contribución a la nutrición e ingresos; en muchos países insulares del Pacífico, *C. esculenta* juega un papel cultural importante, ya que forma parte de las costumbres y tradiciones de estos países.

En Cuba, de la malanga (*C. esculenta*) se prefiere el rizoma principal y para sembrar se utilizan los rizomas secundarios; ambos son comestibles de gusto especial y alta digestibilidad ⁽¹¹⁾, este cultivo constituye una parte fundamental en la dieta de niños y ancianos por sus propiedades y riquezas nutricionales.

Recursos fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos constituyen la base de la evolución de los cultivos, como recursos naturales que han permitido adaptarse a una infinidad de medios y aplicaciones y que les permitirá responder a los nuevos factores adversos que surjan.

La diversidad es utilizada para indicar la sumatoria de la información genética potencial conocida y desconocida y la variabilidad para indicar una porción de la diversidad capturada o disponible ⁽¹²⁾.

Los trabajos de mejoramiento genético para estas especies se encuentran limitadas en determinadas zonas por el número también limitado de genotipos existentes; problema que se resuelve con los bancos de germoplasma. Algunos cultivares constituyen ecotipos locales de gran valor, gracias a su rusticidad natural, lo cual representa una ventaja con relación a otros, propios de distintas zonas.

Los bancos de germoplasma constituyen el esfuerzo mejor orientado para reunir y mantener la diversidad genética de los cultivos y contrarrestar las constantes modificaciones de la agricultura, la perturbación de los ecosistemas y la regresión de las vegetaciones naturales ⁽¹³⁾.

Métodos de conservación

Las colecciones de campo juegan un papel crucial en la conservación de materiales en ambientes naturales por períodos prolongados, además de que permiten su caracterización y evaluación, por lo menos durante la primera fase, así como la propagación regular y el control en campo de los mismos. El estado de estas colecciones varía considerablemente con el tamaño, nivel de reproducción, procedencia del germoplasma, su carácter nacional o institucional ⁽¹³⁾. Las especies de plantas de propagación vegetativa, con un ciclo biológico largo y/o con semillas de corta duración (recalcitrantes), se suelen mantener en bancos de germoplasma de campo, aunque es conveniente utilizar una combinación de técnicas de almacenamiento en lugar de depender de una sola ⁽¹³⁾.

Aunque las plantas de los bancos de germoplasma de campo son fáciles de caracterizar y evaluar, también están expuestas a pérdidas por el ataque de plagas y enfermedades, o a condiciones adversas como la sequía, las inundaciones, los incendios, salinidad, plagas y el viento, entre otras. Es por eso que se perfeccionan métodos alternativos complementarios como la conservación *in vitro* y se trabaja para mejorar las tecnologías apropiadas para las especies con semillas no ortodoxas y para plantas de propagación vegetativa. Lo anterior

evidencia que es preciso aumentar la capacidad de conservación *ex situ* bajo condiciones rentables ⁽¹⁴⁾.

En Cuba el germoplasma de raíces, rizomas, tubérculos, plátanos y bananos se conserva *ex situ* utilizando diferentes métodos, según las condiciones ambientales y los medios y conocimientos disponibles. Entre las técnicas más utilizadas figuran, además de los ya mencionados bancos de genes conservados en el campo, los bancos de semillas, los bancos *in vitro e in situ* y la crioconservación ⁽¹³⁾.

Las formas más conocidas para la conservación de la diversidad genética son las colecciones de campo, sobre todo para los cultivos de propagación vegetativa. La conservación de estas especies tiene sus particularidades y es necesario tenerlas en cuenta y estudiarlas si se pretende obtener los mejores resultados en la multiplicación y conservación de las mismas. Las limitantes que presentan estas colecciones se refieren principalmente a costos de mantenimiento.

En el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) se realiza la conservación en campo de las colecciones de malanga (*Xanthosoma* spp. y *Colocasia esculenta* (L.) Schott) y de otras especies de raíces, rizomas y tubérculos. Estos cultivos, cuya variabilidad ha sido estudiada desde diferentes puntos de vista, necesitan de otros estudios sobre diferentes aspectos relacionados con la conservación y mantenimiento de las accesiones de una manera más eficiente y sin erosión genética ⁽¹⁵⁾.

Características botánico- morfológicas

La malanga es una planta herbácea suculenta que alcanzan una altura de 1-3 metros, sin tallo aéreo. El tallo central es elipsoidal, conocido como cormo o rizoma. Del rizoma o cormo central se desarrollan cormelos laterales recubiertos con escamas fibrosas. El color de la pulpa por lo general es blanco, pero también hay clones coloreados hasta el violáceo ⁽¹⁰⁾. Según el clon, la forma varía de cilíndrica hasta casi esférica y el tipo de ramificación desde simple a muy ramificada. Las hojas son por lo general de forma peltada. Se producen en el meristemo apical del cormo y aparecen arrolladas por la base formando un pseudotallo corto. Las hojas nuevas salen enrolladas de entre los peciolos de las ya formadas y las laterales más viejas se marchitan y secan. El peciolo es cilíndrico en la base y acanalado en la parte superior, muestra una coloración que varía según el clon; es distintivo en algunas la presencia

de líneas longitudinales amarillas o rosadas y de manchas o puntos rojizos a violáceos, especialmente hacia la base ⁽¹⁶⁾.

Dos o más inflorescencias emergen del meristemo apical del cormo, entre los peciolos de las hojas. Se forman de una hoja envolvente denominada espata que rodea el espádice. Son estructuras características de las aráceas. Del eje de éste último se insertan las flores sésiles y en la parte inferior lleva flores pistiladas que pueden ser funcionales o estériles las cuales no se desarrollan, se secan y desprenden. La malanga tiene una producción errática de semillas, pero se conocen casos de formación de semillas normales en numerosos sitios de su distribución geográfica ⁽¹⁷⁾.

El espádice está formado por un eje en el que se insertan muchas flores sésiles. En su parte inferior, completamente cerrada por la cavidad basal de la espata, lleva flores pistiladas, funcionales o estériles. Las últimas no se desarrollan y se secan, la sección del espádice está formada por las flores pistiladas y en ella crecen entremezcladas las flores fértiles con las estériles. Las flores femeninas (pistiladas) son de color verde, con ovarios y estigmas bien desarrollados. La parte masculina consiste en flores sésiles. La espata consta de dos partes: la parte inferior que es por lo general de color verde o rojo y forma la cámara floral donde se encuentran las flores femeninas y la parte superior donde se encuentran las flores masculinas, aquí predomina el color amarillo, pero a veces puede ser de color rojo, púrpura o manchada ⁽¹⁸⁾.

Algunos cultivares rara vez (o nunca) producen inflorescencias. En muchos casos, la floración puede ser inducida sucesivamente por pulverización a las plantas con ácido giberélico (GA₃). El tratamiento se debe llevar a cabo entre 3-5 semanas después de la plantación (dependiendo de las condiciones climáticas y el vigor de crecimiento). La primera indicación visible de la floración es la aparición de la hoja bandera (una hoja modificada y membranas). Una vez que la hoja bandera está expuesta, las primeras inflorescencias aparecen dentro de una a tres semanas ⁽¹⁸⁾ y así se suceden fases hasta el completo desarrollo. El inicio de la floración se asocia generalmente con la emisión de un olor fuerte, principalmente de la espata, su principal objetivo es atraer a los insectos polinizadores. En una inflorescencia cuando la espata está abierta permite la entrada de pequeños insectos, al entrar en la cámara de flores femeninas y distribuyen el polen en los estigmas ⁽¹⁸⁾.

La polinización por el viento puede ser significativa sólo en algunos genotipos de floración abierta (con la porción masculina el espádice totalmente expuesta). En una población de esas características y con floración sincronizada, la lluvia puede causar la autofecundación lavando los granos de polen de la parte masculina del espádice a la región pistilada. La autofecundación es posible porque el sistema de auto-incompatibilidad de genotipos incompatibles se vuelve menos eficiente al final de la floración, porque hay un solapamiento entre la receptividad del estigma y la liberación de polen ⁽¹⁸⁾.

La actividad termogénica es significativa en la formación de las inflorescencias en la malanga (*C. esculenta*), esto se puede medir en un período de dos noches sucesivas, la primera noche cuando la inflorescencia emite el olor (la fase femenina) y una segunda noche, cuando llegó el final de la fase masculina. El calor en la fase femenina se generó en la parte masculina fértil y en el apéndice estéril y en la fase masculina, el calor se genera sólo en la parte masculina fértil ⁽¹⁹⁾. La actividad termogénica se sincroniza con la protoginia natural de esta especie y con la polinización de los insectos en las primeras horas de la mañana.

Mejoramiento genético de la malanga (*C. esculenta*)

Muchas aráceas cultivadas se han propagado a través de medios vegetativos por mucho tiempo, es por ello que ha perdido su capacidad de reproducirse sexualmente. Las plantas de *C. esculenta* rara vez producen semillas, es decir, las flores femeninas maduran antes que las flores masculinas y también porque muchos cultivares de *C. esculenta* son triploides ($3n=42$). Sin embargo, ciertos cultivares de *C. esculenta*, tienen una producción estable de semilla natural en Asia y el Pacífico ^(20,21).

Las mejoras de la malanga (*C. esculenta*) se han quedado atrás de otros cultivos, como la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), el ñame (*Discorea spp.*), papa (*Solanum tuberosum* L.) y batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Wilson describió varios métodos para obtener variedades mejoradas de *C. esculenta* y así lograr su distribución, recolección, evaluación y selección del germoplasma ⁽²²⁾.

Un gran número de países presentan problemas con la inflorescencia y con la obtención y germinación de la semilla, un ejemplo de ello se muestra en Nigeria donde varios investigadores presentaron serios problemas para desarrollar nuevas variedades de malanga

(*C. esculenta*) por mejoramiento convencional, el que se ha visto obstaculizado por el florecimiento errático y la falta de semilla botánica ⁽²³⁾.

La hibridación de la malanga (*C. esculenta*) se compone de dos etapas: emasculación y polinización, que determinan el éxito de un programa de mejora genética, para lo cual un requisito esencial es la formación perfecta de la inflorescencia, ya que trae por consiguiente la buena producción de semilla y una alta tasa de germinación. La floración se informó anteriormente como muy rara entre cultivares de *C. esculenta* ⁽²⁴⁾; sin embargo, con el desarrollo relativamente reciente logrado en los métodos artificiales de inducción de flores, los métodos de polinización con la mano, los protocolos de germinación ⁽²⁰⁾, la obtención de semillas y la aplicación de los métodos de germinación, la mejora de *C. esculenta* puede ser altamente exitosa ⁽²⁵⁾.

En muchos cultivares de *C. esculenta* se ha utilizado la inducción de la floración con diversas concentraciones de ácido giberélico ⁽²⁶⁾. En el Instituto Nacional de Investigación de Raíces en Nigeria (IITA), se señala la aplicación de ácido giberélico (GA₃) en concentraciones de 1 g/L - 1,5 gL⁻¹ para inducir la floración y poder lograr semilla botánica malanga (*Colocasia esculenta* y *Xanthosoma sagittifolium*), aunque el florecimiento puede ser profuso y prolongado ⁽²⁷⁾.

La producción de semillas, su germinación y el desarrollo de las plántulas a lograr, puede representar una nueva era en el mejoramiento convencional de la malanga (*C. esculenta*). En consecuencia, se prevé que, en un futuro próximo, se obtengan mejores variedades de malanga (*C. esculenta*) con mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y buena calidad culinaria ⁽²⁸⁾.

Viabilidad del Polen

Los estudios de viabilidad de polen se usan en el fitomejoramiento y mientras más alta sea la viabilidad de polen, mayor será la probabilidad de obtener combinaciones diferentes de alelos, y aumentar la variabilidad genética ⁽²⁹⁾. La viabilidad del polen puede ser comprobada por métodos directos, que demuestren la germinación del polen, y por métodos indirectos con base en las variables citológicas ⁽³⁰⁾.

Es importante verificar la viabilidad de polen debido al enlace rectilíneo para la eficiencia de la fertilización ⁽³¹⁾. El polen puede volverse no viable durante la microgametogénesis, donde los errores en el comportamiento meiótico resultan en gametos con desequilibrio. También se presentan granos de polen con un citoplasma replegado ⁽³²⁾. Además, se informa que la viabilidad del polen puede variar considerablemente entre individuos de una misma especie y entre muestras de un mismo individuo ⁽³³⁾.

Existen distintos métodos para evaluar la viabilidad del polen, entre los más rápidos y precisos destacan la tinción con colorantes vitales y la germinación en medios artificiales. Las pruebas de tinción tienen ventajas como indicadores de la viabilidad del polen, ya que son más rápidas y fáciles que la germinación del polen ⁽³²⁾.

Si se observa bajo un microscopio óptico, una tinción de color rojo intenso y un citoplasma limpio es indicativo de un polen viable o fértil, mientras que un citoplasma no coloreado o de color rosa indica un polen no viable o estéril. Comparados con los granos viables, los granos estériles son deformes, con el citoplasma granular y/o retraído ⁽³⁴⁾.

También otros investigadores ⁽³⁴⁾ determinaron la viabilidad del polen donde consideran los granos de polen redondeados y coloreados de rojo como viable y los constreñidos y sin teñir, no viables.

La viabilidad del polen está determinada por diversos factores internos y externos o medioambientales. Entre los factores internos, específicos, destacan la duración de la microesporogénesis, la variabilidad genética interespecífica, el metabolismo del polen, entre otros ⁽³⁵⁾. Entre los factores externos o ambientales se encuentra la temperatura, el grado de humedad, entre otros ⁽³⁶⁾.

Fenología reproductiva de las plantas

Estudios sobre fitofenología reproductiva han revelado que el tiempo óptimo para florecer y fructificar está determinado por factores bióticos ⁽³⁷⁾ y factores abióticos ⁽³⁸⁾ o por una combinación o interacción de ambas clases de factores, relacionados con el tipo y momento de la dispersión y germinación de semillas ⁽³⁹⁾.

Las diferencias en la fenología de la floración entre especies de plantas evidencian un mecanismo para el mantenimiento del alto número de especies en comunidades tropicales

⁽⁴⁰⁾. Entre los atributos de las plantas asociados con diferentes patrones fenológicos se encuentran la forma de vida ⁽⁴¹⁾ y la distribución vertical en estratos.

La fenología reproductiva muestra variaciones estacionales a lo largo del año, la cual varía también de acuerdo al tipo y especie de plantas. Las diferentes proporciones de cada forma de vida en diferentes hábitats influyen las variaciones observadas en los patrones fenológicos ⁽⁴¹⁾.

Selección de progenitores

Los programas de mejoramiento de la malanga (*C. esculenta*) estaban basados en cruzamientos de cultivares biparentales locales y dirigidos a la mejora del rendimiento y la calidad. Se ha observado variación fenotípica relativamente estrecha, pero alta dentro de progenies; así los mejoradores lograron seleccionar híbridos con calidad, para cruzarlos con los mejores clones conservados en la base genética mediante hibridación ⁽⁴¹⁾.

El método empleado estuvo basado en la introgresión horizontal o de resistencias duraderas a través de numerosos ciclos de selección recurrente. El principal inconveniente de estos programas ha sido una dificultad de eliminar rasgos indeseables, tales como: formas irregulares del cormo, alto número de estolones, y altos niveles de acritud ⁽⁴²⁾. Los mejoradores han tratado de buscar resistencias al TLB (tizón de la hoja del Taro), dentro de una amplia gama de clones y con la ayuda de la Red Regional de *Araceae* para facilitar la recopilación y el intercambio de cultivares élite, con diversos grados de resistencia al TLB ⁽⁴¹⁾.

Los mejoradores de la malanga (*C. esculenta*) buscan mejorar la arquitectura de la planta (el número óptimo de los retoños, la ausencia de estolones, número óptimo de hojas, pecíolos verticales), mayor rendimiento y cormo de buena calidad, alto contenido de materia seca, forma de los cormos, el bajo nivel de sustancias irritantes (es decir, cristales de oxalato de calcio). Pero falta una evaluación precisa de habilidad combinatoria general (GCA) y capacidad combinatoria específica (SCA), y de las distancias genéticas entre variedades locales; los mejoradores han seleccionado padres con alto valor fenotípico. Además, estudios moleculares basados en marcadores AFLP, SSR por lo que se han abierto nuevas

posibilidades para el estudio de las relaciones entre el rendimiento híbrido y las distancias genéticas de los padres ⁽⁴²⁾.

Los diferentes tipos de información relativa a los progenitores pueden ser utilizados para la predicción de rendimiento del híbrido: su valor fenotípico, los resultados de las pruebas de progenie o sus relaciones genéticas ⁽⁴⁰⁾.

CONSIDERACIONES FINALES

- En el INIVIT se trabaja intensamente en el mejoramiento genético de la Malanga *Colocasia esculenta* y se han obtenido resultados muy alentadores en el mejoramiento por hibridación de este cultivo en Cuba ⁽⁴²⁾. El uso de clones mejorados e introducidos por el INIVIT, ha permitido aumentar la producción agrícola y su tecnología, sin costos adicionales; sin embargo, existen actualmente en Cuba, pocos clones de malanga (*C. esculenta*) en los diferentes escenarios productivos.
- En otras regiones del mundo donde se cultiva la malanga (*C. esculenta*) dejan de ser un problema la cantidad de accesiones que emiten inflorescencias, la disponibilidad del polen que producen y la viabilidad del mismo. En Cuba este tema es de vital importancia, ya que las accesiones con más rendimiento emiten inflorescencia muy rara o ninguna vez y cuando lo hacen, casi nunca producen polen y pocas veces éste resulta viable.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria [Internet]. 2011 [cited 15/05/2019]. Available from: http://www.org.com/?not_found=www.www.fao.org.com
2. FAO. FAOSTAT [Internet]. 2017 [cited 15/05/2019]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
3. FAOSTAT. Raíces y Tubérculos Totales [Internet]. 2015 [cited 15/05/2019]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
4. Rodríguez Manzano A, Nodals AR, Fernández SQ. Caracterización de germoplasma y mejoramiento participativo en especies de raíces y tubérculos tropicales y musáceas en Cuba. Fitomejoramiento Participativo en América y el Caribe. Programa de Investigación Participativa y Análisis del género de CGIAR (PPRGA). 2000.

5. Ministerio de la Agricultura (MINAG). Instructivo técnico para la producción de semillas de viandas [Internet]. Ministerio de la Agricultura República de Cuba. 2012 [cited 15/05/2019]. Available from: <https://www.minag.gob.cu/node>
6. Ivancic A, Lebot V. The genetics and breeding of taro. Editions Quae; 2000.
7. Rodríguez-Manzano A, Rodríguez-Nodals AA, Castiñeiras-Alfonso L, Fundora-Mayor Z, Manzano AR. Taro production, constraints and research in Cuba. In: Proceedings of the 3rd Taro Symposium, Nadi, Fiji. Secretariat of the Pacific Community. 2004. p. 155–62.
8. Kuruvilla KM, Singh A. Karyotypic and electrophoretic studies on taro and its origin. *Euphytica*. 1981;30(2):405–13.
9. Matthews PJ. Aroids and the Austronesians. *Tropics*. 1995;4(2/3):105–26.
10. Lebot V. Genetic vulnerability of Oceania's traditional crops. *Experimental Agriculture*. 1992;28(3):309–23.
11. Hurst P, Termine P, Karl M. Agricultural workers and their contribution to sustainable agriculture and rural development. 2005 [cited 15/05/2019]; Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB2013203664>
12. Rojas W. Análisis multivariado en estudios de variabilidad genética. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Boletín Técnico IPGRI*. 2003;(8):85.
13. Jiménez MDM, Concepción OM, Aguila YF. Integrated Characterization of Cuban Germplasm of Cocoyam *xanthosoma Sagittifolium* L. Schott). *Journal of Plant Genetics and Crop Research*. 2018;1(1):1.
14. Manzano AR, Nodals AR. Diversidad de la malanga isleña *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. III. Inflorescencias. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 2002;23(1):119–26.
15. Jiménez MDM, López YG, Hernández DG, García YB, Lago MA. Estrategias de conservación de germoplasma de especies de raíces, rizomas y tubérculos en Cuba. *Centro Agrícola*. 2010;37(2):8.
16. Rodríguez-Miranda J, Ruiz-López II, Herman-Lara E, Martínez-Sánchez CE, Delgado-Licon E, Vivar-Vera MA. Development of extruded snacks using taro *Colocasia esculenta* and nixtamalized maize *Zea mays* flour blends. *LWT-Food Science and Technology*. 2011;44(3):673–80.

17. Ivancic A. INEA hybridization protocols [Internet]. 2011. Available from: <http://www.ediblearoids.org/PROJECTS/WP3Breeding>.
18. Ivancic A, Roupsard O, Garcia JQ, Melteras M, Molisale T, Tara S, et al. Thermogenesis and flowering biology of *Colocasia gigantea*, *Araceae*. *Journal of plant research*. 2008;121(1):73–82.
19. Strauss MS, Stephens GC, Gonzales CJ, Arditti J. Genetic Variability in Taro, *Colocasia esculenta* L. Schott *Araceae*. *Annals of Botany*. 1980;45:429–37.
20. Shaw DE. Illustrated notes on flowering, flowers, seed and germination in taro *Colocasia esculenta*. *Research Bulletin, Department of Agriculture, Stock and Fisheries, Papua New Guinea*. 1975;(13):39–59.
21. Amadi CO, Onyeka J, Chukwu GO, Okoye BC. Hybridization and seed germination of taro *Colocasia esculenta* in Nigeria. *Journal of Crop Improvement*. 2015;29(1):106–16.
22. Amadi CO, Mbanaso ENA, Chukwu GO. A Review Cocoyam Breeding in Nigeria: Achievements, Challenges and Prospects. *Nigeria Agricultural Journal*. 2012;43(1):72–82.
23. Ivancic A, Okpul T. Importance of wild germplasm of taro *Colocasia esculenta* breeding. In: *Proceedings of the 1st Congress of the Genetics Society of Slovenia (September 2–5, 1997)*, Ljubljana, Slovenia. 1997. p. 83–4.
24. Wilson JE. Taro and cocoyam: what is the ideal plant type? In: Chandra S (ed). *Edible aroids*. Oxford Univ. Press: Oxford. 1984:151–159.
25. Wilson JE. Effects of formulation and method of applying gibberellic acid on flower promotion in cocoyam. *Experimental Agriculture*. 1981;17(3):317–22.
26. Águila YF, Jiménez MDM, García YR, Díaz ML. Floración del germoplasma de malanga isleña (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en Cuba. *Agrisost*. 2016;22(1):63–70.
27. Souza M de, Pereira TNS, Martins ER. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener. *Ciência e agrotecnologia*. 2002;26(6):1209–17.
28. Techio VH, Davide LC, Pedrozo CÂ, Vander Pereira A. Viabilidade do grão de pólen de acessos de capim-elefante, milheto e híbridos interespecíficos *capim-elefante x milheto*. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. 2006;28(1):7–12.

29. Figueroa Aguila Y, Rodríguez Morales S, Milián Jiménez MD, Arredondo Quevedo I, Rodríguez García Y, Arce Suárez R. Estudio agronómico de nuevos cultivares de malanga *Colocasia esculenta* L Schott de reciente introducción en Cuba. Rev. El Salvador Ciencia y Tecnología. 2016;21(30):22–6.
30. Twell D. Diphtheria toxin-mediated cell ablation in developing pollen: vegetative cell ablation blocks generative cell migration. Protoplasma. 1995;187(1–4):144–54.
31. Corrêa MGS, Viégas J, Silva JB da, Ávila PFV de, Busato GR, Lemes JS. Meiose e viabilidade polínica na família *Araceae*. Acta Botanica Brasilica. 2005;19(2):295–303.
32. Aguila YF, Jiménez MDM, García YR. Viabilidad del polen en malanga *Colocasia esculenta* (L.) Schott en Cuba. Agrisost. 2018;24(1):35–41.
33. Stone JL, Thomson JD, Dent- Acosta SJ. Assessment of pollen viability in hand-pollination experiments: a review. American Journal of Botany. 1995;82(9):1186–97.
34. Lagos TC, Caetano CM, Vallejo FA, Muñoz JE, Criollo H, Olaya C. Caracterización palinológica y viabilidad polínica de *Physalis peruviana* L. y *Physalis philadelphica* Lam. Agronomía colombiana. 2005;23(1):55–61.
35. Srinivasan S, Gaur PM. Genetics and characterization of an open flower mutant in chickpea. Journal of Heredity. 2012;103(2):297–302.
36. FAOSTAT. Cultivos Andinos FAO - INTRODUCCION [Internet]. 2003 [cited 15/05/2019]. Available from: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap4_8.htm
37. Friedel MH, Nelson DJ, Sparrow AD, Kinloch JE, Maconochie JR. What induces central Australian arid zone trees and shrubs to flower and fruit? Australian Journal of Botany. 1993;41(3):307–19.
38. Gentry AH. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. Biotropica. 1974;8(1):64–8.
39. Tannus JL, Assis MA, Morellato LPC. Fenologia reproductiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. Biota Neotropica. 2006;6(3):0–0.
40. Wilson JE, Sivan P, Munroe C. Alafua sunrise and Samoa hybrid improve the production of taro *Colocasia esculenta* L Schott in the Pacific. In: Symposium on Tropical Root Crops in a Developing Economy 380. 1991. p. 453–61.

41. Okpul T. Genetic studies on taro *Colocasia esculenta* L. Schott: diversity and adaptability of selected genotypes. [MS thesis]. [Papua New Guinea University of Technology], Lae, Papua New Guinea; 2002.
42. Figueroa-Aguila Y. Identificación de progenitores potenciales para la hibridación de la malanga *Colocasia esculenta* L. Schott en Cuba. [Tesis de Maestría] [Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT)]: Marta Abreu de Las Villas; 2016. 72 p.

Review

Improvement, conservation and diversity of the taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) in Cuba

Yadelys Figueroa-Aguila^{1*}

Marilys D. Milián-Jiménez¹

Yuniel Rodríguez-García¹

¹Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo 6, Santo Domingo, CP 53000, Villa Clara, Cuba

* Author for correspondence. geneticamc@inivit.cu

ABSTRACT

Taro (*C. esculenta*) is a fundamental part of the diet of children and the elderly because of its nutritional properties and riches. The objective of this work is to increase the knowledge regarding the improvement and genetic diversity of the taro existing in Cuba. Besides, in Cuba there are currently few clones of taro in the different productive scenarios, due to the characteristics of the multiplication pathways of this species mainly, that prevent the existence of wide sources of variability, both natural and induced. On the one hand, spontaneous mutations are rare and on the other hand, the emission of inflorescences is scarce and not very productive, with pollinating agents that are not efficient and dependent on environmental conditions. The cultivation of taro is widely used in the feeding of different animal species worldwide, including Cuba, which is an important route in the substitution of imports and contributes to food sustainability at the country level.

Key words: selection, hybridization, taro

INTRODUCTION

Plant genetic resources are the basic element for crop improvement through selection and conventional genetic improvement. Its use contributes to the stability and recovery of

agroecosystems, provides a fundamental raw material for the genetic improvement of crops and serves as a support for food security. They are currently the basis of evolution since they allow crops to adapt to an infinite number of means and respond to new adverse factors ⁽¹⁾.

In Cuba, each year about 160 000 of tubers and roots are planted, distributed in all regions of the country with a production of 970,000 t annually, of which 16 % is the malanga (*Xantosoma sagitifoium* and *Colocasia esculenta*), In 2015, *C. esculenta* 6 954.7 ha ^(2,3) were planted .

The Tropical Food Research Institute (INIVIT), since its founding in 1967, was dedicated to prospecting, maintaining, preserving and evaluating the taro germplasm (*C. esculenta*) until constituting the Cuban germplasm collection of this genus, which account in 201 7 with 102 accessions. In these clones, characterization and evaluation studies have been developed ⁽⁴⁾, which need to be expanded to increase the use of conserved germplasm.

The use of improved clones and introduced by INIVIT has allowed to increase agricultural production and its technology ⁽⁵⁾, without additional costs. However, there are currently few clones of taro (*C. esculenta*) in the different production scenarios. Mainly due to the characteristics of the multiplication pathways of this species that prevent the existence of wide sources of variability, both natural and induced. On the one hand, spontaneous mutations are rare and on the other, the emission of inflorescences is scarce and unproductive, with pollinating agents that are not efficient and dependent on environmental conditions.

In other regions of the world such as Indonesia, Papua New Guinea, Slovenia, among others. The emission of inflorescence in clones that are to be used for breeding is not limiting for hybridization improvement of this crop. Therefore, the number of accessions that emit inflorescences, the availability of the pollen they produce and the viability of the problem do not represent a problem. In Cuba, this issue is of vital importance, since the accessions with more performance emit inflorescence very rarely or never and when they do, they almost never produce pollen and it is rarely viable.

Origin and distribution

The origin of the taro is still under discussion; however, all the authors agree that it is native to the Indo-Malayan region, and it dispersed to East and Southeast Asia, Pacific Islands and

Eastern Madagascar and Africa, from where it was introduced to the Caribbean and the Americas ⁽⁶⁾.

The greatest variability for the taro (*C. esculenta*) is reported in Cuba because Spaniards who arrived from the Canary Islands settled in that area; however, new evidence points to the eastern region as an important source of variability, due to the finding of stoloniferous wild types ⁽⁷⁾.

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) is one of the most important crops in the Pacific island countries, not only for its contribution to nutrition and income; but also for its important cultural role, since it is part of the customs and traditions of these countries, and it is the fifth most consumed worldwide ⁽²⁾.

Most cultivars that are found throughout the Pacific were not brought by the first settlers of the Indo-Malayan region, but arose before arrival ⁽⁸⁾, which were used as native cultivars in the region of Melanesia ⁽⁹⁾. That is why the clones that arrived until Polynesia during the migrations have had a progressive decrease in number and diversity ⁽¹⁰⁾.

The taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) belongs to the family of edible araceae, which includes the genera: *Colocasia*, *Xanthosoma*, *Alocasia*, *Cyrtosperma* and *Amorphophallus*; it is a monocotyledonous plant and the species that is planted with *Colocasia esculenta* comprises two botanical varieties: (i) *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta*, and (ii). *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *Antiquorum*. The *C. esculenta* var. *esculenta* : it has a wide cylindrical central corm and a few small corms and *C. esculenta* var *antiquorum* is known as the type of taro that has a small central globular bulb with several corms . So the taro *Colocasia esculenta* Schott var. *esculenta* agronomically is known as the taro type and var. *Antiquorum* type eddoe. It differs from *Xanthosoma* spp. in which its petiole is inserted in the lower third of the limbus. The base of the stem or corm constitutes the edible part. These two genera have comparable characters in their morphology and ecology; they are rhizomatous plants with corms eventually rich in calcium oxalate ⁽⁵⁾.

Taxonomic classification

Kingdom: Plantae

Division: Magnoliophyta

Class: Liliopsida

Order: Alismatales

Family: Araceae

Subfamily: Aroideae

Tribe: Colocasieae

Genus: *Colocasia*

Species: *Colocasia esculenta* (L.) Schott

Importance of the culture

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) plays a major role in food, as starch and as leafy vegetables. Worldwide, it is the fifth most consumed among rhizomes and tubers ⁽²⁾, and more than 25 % occur in Oceania and Southeast Asia. The importance of cultivation goes beyond its contribution to nutrition and income; in many Pacific island countries, *C. esculenta* plays an important cultural role, as it is part of the customs and traditions of these countries.

In Cuba, the main rhizome is preferred from the taro (*C. esculenta*) and the secondary rhizomes are used for sowing; both are edible with special taste and high digestibility ⁽¹¹⁾, this crop is a fundamental part of the diet of children and the elderly because of its nutritional properties and richness.

Phytogenical resources

Plant genetic resources are the basis of the evolution of crops, as natural resources that have allowed to adapt to an infinite number of means and applications and that will allow them to respond to new adverse factors that arise.

Diversity is used to indicate the sum of known and unknown potential genetic information and variability to indicate a portion of the captured or available diversity ⁽¹²⁾.

Genetic improvement work for these species is limited in certain areas by the limited number of existing genotypes, problem that with germplasm banks is solved. Some cultivars constitute local ecotypes of great value, thanks to their natural rusticity, which represents an advantage over others, typical of different areas.

Germplasm banks constitute the best-oriented effort to gather and maintain the genetic diversity of crops and to counteract the constant modifications of agriculture, the disruption of ecosystems and the regression of natural vegetation ⁽¹³⁾.

Conservation methods

Field collections play a crucial role in the conservation of materials in natural environments for prolonged periods, in addition to allowing their characterization and evaluation, at least during the first phase, as well as regular propagation and field control of them. . The status of these collections varies considerably with the size, level of reproduction, origin of the germplasm, their national or institutional character ⁽¹³⁾. Species of vegetatively propagated plants, with a long biological cycle and/or with short-lived (recalcitrant) seeds keep in field germplasm banks, although it is convenient to use a combination of storage techniques instead of relying on one ⁽¹³⁾.

Although plants in field germplasm banks are easy to characterize and evaluate, they expose also to losses from attack by pests and diseases, or to adverse conditions such as drought, floods, fires, salinity, pests and wind, among other. That is why complementary alternative methods such as *in vitro* conservation are perfected and work is being done to improve appropriate technologies for non-orthodox seed species and for vegetatively propagated plants. The foregoing evidence that *ex situ* conservation capacity must be increased under profitable conditions ⁽¹⁴⁾.

In Cuba, the germplasm of roots, rhizomes, tubers, bananas and bananas is conserved *ex situ* using different methods, according to environmental conditions and the means and knowledge available. Among the most used techniques are, in addition to the aforementioned gene banks conserved in the field, seed banks, *in vitro* and *in situ* banks and cryopreservation ⁽¹³⁾.

The best known ways to conserve genetic diversity are field collections, especially for vegetatively propagated crops. The conservation of these species has its peculiarities and it is necessary to take them into account and study them if it is intended to obtain the best results in their multiplication and conservation. The limitations presented by these collections refer mainly to maintenance costs.

Research at the Institute of Tropical Tubers and Roots Crops (INIVIT) conservation is done in field collections of taro (*Xanthosoma* spp. and *Colocasia esculenta* (L.) Schott) and of other species of roots, rhizomes and tubers. These crops, whose variability has been studied from different points of view, need other studies on different aspects related to the conservation and maintenance of accessions in a more efficient way and without genetic erosion ⁽¹⁵⁾.

Botanical- morphological characteristics

Taro is a succulent herbaceous plant that reaches a height of 1-3 meters, without an aerial stem. The central stem is ellipsoidal, known as corm or rhizome. From the rhizome or central corm, lateral corms covered with fibrous scales develop. The color of the pulp is usually white, but there are also colored clones until violet ⁽¹⁰⁾. According to the clone, the shape varies from cylindrical to almost spherical and the type of branching from simple to very branched. The leaves are usually in a peltized form. They occur in the apical meristem of the corm and appear overwhelmed by the base forming a short pseudo-total. The new leaves are rolled between the petioles of the already formed and the older sides wilt and dry. The petiole is cylindrical at the base and grooved at the top, shows a coloration that varies according to the clone; the presence of yellow or pink longitudinal lines and spots or reddish violet spots, especially towards the base, is distinctive in some ⁽¹⁶⁾.

Two or more inflorescences emerge from the apical meristem of the corm, between the petioles of the leaves. They are formed from an enveloping leaf called a spade that surrounds the spadix. They are characteristic structures of the araceae. From the axis of the latter, sessile flowers are inserted and in the lower part, there are pistillate flowers that can be functional or sterile which do not develop, dry and detach. Taro has an erratic seed production, but cases of normal seed formation are known at numerous sites in its geographical distribution ⁽¹⁷⁾.

The spadix is formed by an axis in which many sessile flowers are inserted. In its lower part, completely closed by the basal cavity of the sword, it has pistillate, functional or sterile flowers. The latter do not develop and dry, the pistillate flowers form the spadix section and in it the fertile flowers intermingle with the sterile ones. The female flowers (pistillate) are green, with ovaries and stigmas well developed. The male part consists of sessile flowers. The sword consists of two parts: the lower part that is usually green or red and forms the

floral chamber where the female flowers are located and the upper part where the male flowers are found, here the yellow color predominates, but at Sometimes it can be red, purple or spotted ⁽¹⁸⁾.

Some cultivars rarely (or never) produce inflorescences. In many cases, flowering can be successively induced by spraying the plants with gibberellic acid (GA₃). The treatment is to be carried out 3-5 weeks after the planting (depending on the conditions climatic and vigor of growth). The first visible indication of flowering is the appearance of the flag leaf (a modified leaf and membranes). Once the flag leaf is exposed, the first inflorescences appear within one to three weeks ⁽¹⁸⁾ and so phases occur until complete development.

The beginning of flowering is usually associated with the issuance of one strong odor, mainly from the spathe, its main goal is to attract pollinating insects. In an inflorescence when spathe is open allows the entry of small insects, to enter the chamber and female flowers distribute pollen on the stigma ⁽¹⁸⁾.

The pollination by the wind can be significant only in some genotypes of open flowering (with the male portion the spadix fully exposed). In a population of these characteristics and with synchronized flowering, rain can cause self-fertilization by washing the pollen grains from the male part of the spadix to the pistillated region. Self-fertilization is possible because the system of self-incompatibility of incompatible genotypes becomes less efficient at the end of flowering, because there is an overlap between stigma receptivity and pollen release ⁽¹⁸⁾.

Thermogenic activity is significant in the formation of inflorescences in taro (*C. esculenta*), this can be measured over a period of two successive nights, the first night when the inflorescence emit and smell (the female phase) and a second night, when the end of the male phase arrived. The female phase heat generated in fertile male part and in the appendix sterile and male phase, heat is generated only in fertile male part ⁽¹⁹⁾. The thermogenic activity is synchronized with the natural protogyny of this species and with the pollination of insects in the early hours of the morning.

Genetic improvement of la taro (*C. esculenta*)

Many cultivated araceae have spread through vegetative media for a long time, which is why they have lost their ability to reproduce sexually. The plants of *C. esculenta* rarely produce seeds, ie female flowers mature before the male flowers and because many cultivars of *C. esculenta* are triploid ($3n=42$). However, certain cultivars of *C. esculenta* have a stable production of natural seed in Asia and the Pacific ^(20,21).

The improvements of the taro (*C. esculenta*) have lagged behind other crops, such as cassava (*Manihot esculenta* Crantz), yams (*Discorea spp.*), Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Wilson described several methods to obtain improved varieties of *C. esculenta* and thus achieve their distribution, collection, evaluation and selection of germplasm ⁽²²⁾.

A large number of countries have problems with the inflorescence and with the obtaining and germination of the seed. An example of this is shown in Nigeria where several researchers presented serious problems to develop new varieties of taro (*C. esculenta*) by conventional improvement, the one that has been hampered by the erratic flowering and the lack of botanical seed ⁽²³⁾.

Hybridization of the taro (*C. esculenta*) is composed of two stages: emasculation and pollination, which determine the success of a genetic improvement program, for which an essential requirement is the perfect formation of the inflorescence, since it therefore, brings the good seed production and high germination rate. Flowering was previously reported as very rare among cultivars of *C. esculenta* ⁽²⁴⁾; however, with the relatively recent development achieved in artificial methods of inducing flowers, pollination methods with hand, the protocol germination ⁽²⁰⁾, obtaining seeds and application of methods of germination, improvement of *C. esculenta* can be highly successful ⁽²⁵⁾.

In many cultivars of *C. esculenta*, flowering induction with various concentrations of gibberellic acid has been used ⁽²⁶⁾. At the National Root Research Institute in Nigeria (IITA), the application of gibberellic acid (GA_3) in concentrations of 1 g/L - 1.5 gL⁻¹ is indicated to induce flowering and to achieve taro botanical seed (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*), although flowering can be profuse and prolonged ⁽²⁷⁾.

The production of seeds, their germination and the development of the seedlings to be achieved, can represent a new era in the conventional improvement of the taro (*C. esculenta*).

Consequently, it is expected that, in the near future, better varieties of taro (*C. esculenta*) will be obtained with higher yield, disease resistance and good culinary quality ⁽²⁸⁾.

Pollen viability

Pollen viability studies are used in plant breeding and the higher the pollen viability, the greater the likelihood of obtaining different combinations of alleles, and increasing genetic variability ⁽²⁹⁾. The viability of pollen can be checked by direct methods, which demonstrate the germination of pollen, and by indirect methods based on cytological variables ⁽³⁰⁾.

It is important to verify the viability of pollen due to the rectilinear bond for fertilization efficiency ⁽³¹⁾. Pollen may become unfeasible during microgametogenesis, where errors in meiotic behavior result in gametes with imbalance. There are also pollen grains with a folded cytoplasm ⁽³⁾. In addition, it is reported that the viability of pollen can vary considerably between individuals of the same species and between samples of the same individual ⁽³³⁾.

There are different methods to assess the viability of pollen, among the fastest and most accurate are staining with vital dyes and germination in artificial media. Staining tests have advantages as indicators of pollen viability, since they are faster and easier than pollen germination ⁽³²⁾.

If observed under an optical microscope, a deep red staining and a clean cytoplasm is indicative of a viable or fertile pollen, while a non-colored or pink cytoplasm indicates a non-viable or sterile pollen. Compared to viable grains, sterile grains are deformed, with the granular and / or retracted cytoplasm ⁽³⁴⁾.

Also other researchers ⁽³⁴⁾ determined pollen viability considered where pollen grains rounded and colored red as a viable and constrained undyed, nonviable.

The viability of pollen is determined by various internal and external or environmental factors. Among the specific internal factors, the duration of microsporogenesis, interspecific genetic variability, pollen metabolism, among others ⁽³⁵⁾ stand out. Among the external or environmental factors is temperature, the degree of humidity, among others ⁽³⁶⁾.

Reproductive phenology of the plant

Studies on reproductive phytophenology have revealed that the optimal time to flourish and fructify is determined by biotic factors ⁽³⁷⁾ and abiotic factors ⁽³⁸⁾ or by a combination or interaction of both kinds of factors, related to the type and timing of the dispersion and seed germination ⁽³⁹⁾.

The differences in flowering phenology between plant species show a mechanism for maintaining the high number of species in tropical communities ⁽⁴⁰⁾. Among the attributes of plants associated with different phenological patterns are the way of life ⁽⁴¹⁾ and the vertical distribution in strata.

Reproductive phenology shows seasonal variations throughout the year, which also varies according to the type and species of plants. The different proportions of each way of life in different habitats influence the variations observed in the phenological patterns ⁽⁴¹⁾.

Selection of progenitors

The taro improvement programs (*C. esculenta*) are on crossings from local biparental cultivars and aim at improving yield and quality. It was observed relatively narrow, but high within progeny phenotypic variation; thus the breeders managed to select hybrids with quality, to cross them with the best clones conserved in the genetic base by hybridization ⁽⁴¹⁾. The method used was based on horizontal introgression or lasting resistance through numerous cycles of recurrent selection. The main drawback of these programs has been a difficulty in eliminating undesirable traits, such as: irregular forms of the corm, high number of stolons, and high levels of acrimony ⁽⁴²⁾. The breeders have tried to look for resistance to TLB (Taro leaf blight), within a wide range of clones and with the help of the *Araceae* Regional Network to facilitate the collection and exchange of elite cultivars, with varying degrees of TLB resistance ⁽⁴¹⁾.

Taro improvers (*C. esculenta*) seek to improve the architecture of the plant (the optimal number of offspring, the absence of stolons, optimal number of leaves, vertical petioles), higher yield and good quality corm, high content of dry matter, shape of the corms, the low level of irritating substances (i.e. calcium oxalate crystals). However, a precise evaluation of general combinatorial ability (GCA) and specific combinatorial capacity (SCA) and of genetic distances between local varieties is lacking; breeders have selected parents with high

phenotypic value. In addition, molecular studies based on AFLP, SSR markers, so new possibilities have been opened for the study of the relationships between hybrid performance and genetic distances of parents ⁽⁴²⁾.

The different types of information related to the parents can be used to predict the hybrid's performance: its phenotypic value, the results of the progeny tests or its genetic relationships ⁽⁴⁰⁾.

FINAL CONSIDERATIONS

- In the INIVIT, intensive work do on the genetic improvement of the Taro *Colocasia esculenta* and very encouraging results have been obtained in the hybridization improvement of this crop in Cuba ⁽⁴²⁾. The use of improved clones and introduced by INIVIT, has allowed to increase agricultural production and its technology, without additional costs; however, there are currently few clones of taro (*C. esculenta*) in the different production scenarios.
- In other regions of the world where the taro (*C. esculenta*) is cultivated, the number of accessions that emit inflorescences, the availability of the pollen they produce and the viability of it are no longer a problem. In Cuba, this issue is of vital importance, since the accessions with more performance emit inflorescence very rarely or never and when they do, they almost never produce pollen and it is rarely viable.