

CARACTERÍSTICAS DE LA BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL QUIMBOMBÓ (*ABELMOSCHUS ESCULENTUS* (L.) MOENCH.) Y EL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) Y SU INFLUENCIA EN LA CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA

Tomás Shagarodsky Scull*, Maribel González-Chávez Díaz y Bienvenido Cruz García

RESUMEN

En el presente estudio se realiza una valoración de diferentes factores que influyen en la conservación del germoplasma, con particular interés en aquellos relacionados con la biología reproductiva de dos colecciones de cultivos y sus parientes silvestres: el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el quimbombó (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moech. Se evalúa el comportamiento de diferentes caracteres que permiten inferir la introducción de variabilidad en las colecciones del germoplasma conservado, a partir del flujo de polen durante la regeneración y el mantenimiento varietal. Los principales resultados muestran que con la incorporación a las colecciones de especies silvestres y cultivares tradicionales, se fortalece la predisposición del material conservado hacia la presencia de fauna entomófila en los campos de regeneración y con ello a la introducción de variabilidad no deseada. En los campos de regeneración de la colección del género *Solanum* Sect. *Lycopersicon* se observó la presencia activa de abejas de la tierra (*Exomalopsis* spp.) y en el caso de la colección del género *Abelmoschus* insectos polinizadores del género *Agapostemon*, todos ellos representan fuentes portadoras de polen extraño que puede afectar la integridad genética de las accesiones conservadas.

Palabras clave: tomates, *Abelmoschus esculentus*, biología reproductiva

Characteristics of reproductive biology of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) influencing germoplasm conservation

ABSTRACT

An evaluation of different factors influencing the germoplasm conservation is made, emphasizing on those related to reproductive biology of two culture collections: (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.), and their wild relatives. The behavior of different characteristics permitted, from the flow of pollen, to infer the introduction of variability in the conserved germoplasm. The main results showed that adding wild species to traditional cultivars collections strengthen the predisposition of conserved material to the presence of entomophilous fauna in the regeneration fields, which introduce undesired variability. The tomato crop collection (*Solanum* Sect. *Lycopersicon*) has been the active presence of pollinators like *Exomalopsis* spp. The *Abelmoschus*

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT)
✉ genetica3@inifat.co.cu

collection, the, pollinating insects belong to *Agapostemon* genus, several of these pollinators carry out strange source of pollen that is able to alter the genetic integrity of accessions conserved.

Key words: tomatoes, *Abelmoschus esculentus*, reproductive biology

INTRODUCCIÓN

Entre los aspectos cardinales a tener en cuenta en la conservación del germoplasma se encuentra el mantenimiento de la integridad genética de las colecciones. Una de las problemáticas principales identificadas a nivel internacional en la conservación de colecciones *ex situ* está relacionada con la necesidad de fondos y recursos para la regeneración y mantenimiento de éstas. En Cuba se ha desarrollado a lo largo de décadas una extensa actividad de conservación de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y ello ha dado lugar a la existencia de amplias colecciones de germoplasma, entre las que se encuentran especies hortícolas como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el quimbombó (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Estas colecciones incluyen necesariamente a parientes silvestres de la especie principal cultivada y ello introduce elementos de complejidad en el manejo de las mismas.

En el Banco de Germoplasma del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT) se conserva una colección del género *Solanum* Sect. *Lycopersicon*. Dicha colección incluye cultivares y líneas obtenidas como parte del programa de mejoramiento desarrollado por el Ing. Ismael Cueto Robayna, los cuales tienen una gran importancia histórica, porque contienen materiales genéticos que abarcan el genofondo nacional o introducido desarrollado en la primera y segunda mitades del siglo XX. A partir de este genofondo se desplegaron variedades que tuvieron valor comercial o fueron la base de la mejora y estudio del tomate en Cuba (Shagardsky y Moya, 1994). Por otra parte, la colección se ha enriquecido con materiales de colecta representativos de cultivares tradicionales de todo el país, entre los cuales se incluyen los llamados tomates cimarrón y placeros. También la colección contiene cultivares y especies silvestres relacionadas con el tomate que han sido

introducidas al país procedentes de diversas casas comerciales de semilla, otros Bancos de Germoplasma o fitomejoradores de otros Institutos de investigaciones dedicados a la mejora del cultivo como el INCA y el Instituto de Investigaciones Hortícolas ‘Liliana Dimitrova’ (Shagardsky, 2006).

En el caso del quimbombó, la mayor parte de la colección incluye materiales de colecta representativos de cuatro grupos agronómicos: (‘Clemson’, ‘Criollo’, ‘Chino o Tarro de chivo’ y ‘Emerald’) y se amplía con materiales de mejoras nacionales o introducidos cultivados, y una especie silvestre afín: *Abelmoschus manihot* Medic. (Shagardsky y Uranga, 2002; Shagardsky *et al.*, 2005b).

Durante el mantenimiento de colecciones se ha observado que el conocimiento de diferentes aspectos de la biología reproductiva tiene un importante papel en la conservación de las colecciones y su aporte a la diversidad genética, necesaria para el mejoramiento y para otros estudios de interés. Diferentes caracteres de las especies son manifestaciones de su adaptación lo que permite asegurar la supervivencia en el tiempo que se manifiesta en diferentes caracteres relacionados con la estructura floral.

Diferentes estudios realizados en Cuba (Sigarroa y Estévez, 1977; Moya *et al.*, 1984) y fuera de Cuba (Giordano y Silva, 2002) significan el bajo nivel de alogamia que se manifiesta en el cultivo del tomate entre 0.5 y 4 %, lo que pudiera ofrecer tranquilidad a lo hora de realizar la regeneración y el mantenimiento varietal, pero ello puede tener cambios cuando en una colección se incluyen especies salvajes debido al atractivo de las mismas hacia especies de insectos polinizadores.

En el presente trabajo se pretende realizar una valoración de diferentes aspectos que influyen en la conservación del germoplasma, con particular interés en aquellos relacionados con la biología reproductiva de dos colecciones de cultivos y sus parientes silvestres.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT) con las colecciones de tomate y quimbombó. Se evaluaron ocho cultivares de tomate representativos de diversos grupos incluidos en la colección que abarcaban líneas de mejora, cultivares tradicionales y especies silvestres, distribuidos en varias categorías: como representante de las líneas de mejora, los cultivares denominados 'CC-132', 'CC-172'; como material representativo de variedades introducidas, los cultivares 'Placero' y 'Santa Clara'; para los cultivares tradicionales se evaluó 'P-531' y como material foráneo silvestre la accesión 1000 de *S. pimpinellifolium* L. y la 1169 de *S. peruvianum* (Tabla 1). Estas accesiones de tomate fueron evaluadas en diferentes variables de la estructura floral como son: longitud de los pétalos, longitud del cáliz, longitud del estilo, longitud de las anteras, y la relación entre la longitud del estilo y las anteras (expresada en porcentaje). Las plántulas se produjeron en casa de posturas sembrando estas a una distancia de 1.80 m x 0.30 m entre plantas.

Tabla 1. Accesiones de la colección de *Solanum* spp. evaluadas en cuanto a su estructura floral

Accesión	Especie	Tipo de hoja
Santa Clara	<i>Solanum lycopersicum</i>	Normal
P-531	<i>S. lycopersicum</i>	Cimarrón
CC-132	<i>S. lycopersicum</i>	Papa
CC-172	<i>S. lycopersicum</i>	Ornamental
Placero	<i>S. lycopersicum</i>	Placero
1000	<i>S. pimpinellifolium</i>	Pimpinellifolium
1169	<i>S. peruvianum</i>	Peruvianum
CC-521	<i>S. lycopersicum</i>	<i>Ceibita</i>

Para valorar diferentes aspectos de la biología reproductiva del tomate y su impacto en el mantenimiento de la integridad genética de sus colecciones, se evaluaron 116 accesiones de la colección de tomate entre las cuales se incluían 98 accesiones de *Solanum lycopersicum* en cuya composición había líneas de mejora, variedades modernas y cultivares

locales cubanos y foráneos, entre ellos seis accesiones de tomate cimarrón. También se evaluaron accesiones de las especies silvestres *S. pimpinellifolium* L. (8), *S. peruvianum* L. (3) y *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner (1) (Peralta *et al.*, 2006). Una vez realizado el trasplante de la colección se consideraron diferentes aspectos de la fenología que pudieran estar relacionados con la posibilidad de cruzamiento entre accesiones como fueron: días al inicio de floración, días a fructificación y días a la madurez. También se evaluaron el número de semillas por fruto y el porcentaje de cuajado del fruto, número de frutos y flores por racimo y el número de racimos por planta.

En relación con la colección de quimbombó se evaluaron 52 accesiones, 51 de la especie *A. esculentus* y una accesión de *A. manihot*. Se estimó la tasa de hibridación sobre la base del número de plantas fuera de tipo con respecto a los grupos agronómicos y accesiones conservadas, atendiendo a las características de los frutos denominados: 'Criollo', 'Clemson', 'Emerald' y 'Chino', además se separó *A. manihot*. Los caracteres que se seleccionaron para identificar el cruzamiento de las accesiones luego de 10 años de conservación fueron la pigmentación del tallo y el tipo de fruto. Las parcelas por variedad contaban con tres surcos de 5 m de largo con una distancia entre hileras de 0.90 m y 0.20-0.30 m entre plantas.

El tamaño de muestra en el caso de ambas colecciones de estudio: el tomate y el quimbombó, fue de 10 para la mayoría de los caracteres analizados, excepto para el número de semillas por fruto en el tomate que se valoró sobre tres frutos típicos de la variedad, luego de la fermentación y extracción individual de cada uno de los tres frutos por accesión. En el caso del quimbombó se tomó el número total de plantas por parcela, como base para estimar el porcentaje de plantas que están fuera del tipo registrado en 1993.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tomate y sus parientes silvestres

El INIFAT cuenta hoy con una colección de 854 accesiones lo que representa un problema a la hora de

realizar la regeneración y mantenimiento de la colección de germoplasma debido al tamaño de la misma, ello obliga a un ciclo promedio de regeneración de 10 años para cada accesión (Tabla 2).

Con la inclusión de un número creciente de accesiones de parientes silvestres del tomate en la colección del INIFAT se ha observado cada vez más, la visita con una mayor frecuencia de insectos polinizadores que concurren a las flores de estas especies y las accesiones que colindan con las mismas, lo que puede constituir a mediano o largo plazo un problema en el mantenimiento de la identidad genética de los materiales que se conservan y ser una fuente de generación de variabilidad que complica la labor de mantenimiento de las variedades. Los insectos han sido identificados como diferentes especies del género *Exomalopsis*.

Los resultados de la evaluación de las características de las flores del tomate en accesiones de diferentes orígenes se aprecian en la Tabla 3. Las diferentes variables evaluadas en ocho accesiones de la colección ponen de manifiesto en las especies silvestres una predisposición

hacia la alogamia, al presentar un índice de relación de la longitud entre el estilo y las anteras superiores a 100%, lo que indica que el estilo se encuentra por encima del cono de las anteras y pueden propiciar la polinización entomófila (Shagardsky *et al.*, 2005a). Se une a esta disposición de los órganos florales la distribución de los racimos florales por encima del dosel de la planta (Figuras 1 y 2). La especie que presenta un mayor índice de la relación longitud de estilo y las anteras fue *S. peruvianum*, seguido de *S. pimpinellifolium*. En las accesiones de *Solanum lycopersicum* se observaron características variables que van desde un 69.71% para el tipo 'Placero' hasta un 89.5% en el cultivar del tipo 'Ornamental'. Ello explica en buena medida la alta uniformidad que se presenta generalmente en los cultivares del tipo placero chileno, sobre todo en las características del fruto. Otra característica que ofrecen atractivo para la polinización entomófila es el tamaño de la flor, que en este caso se visualiza a través de la longitud de los pétalos y se destaca *S. peruvianum*, la flor del tipo 'Papa' y la flor del tipo 'Normal' que corresponden con materiales avanzados en la domesticación y en el tamaño de sus frutos.

Tabla 2. Características descriptivas de las colecciones de *Solanum* Sect. *Lycopersicon* y *Abelmoschus* conservadas en el INIFAT

Variable	<i>Solanum</i>	<i>Abelmoschus</i>
Número de accesiones	854	62
Sistema de mantenimiento del cultigen	Autógama	Autógama facultativa
Sistema de mantenimiento de otras especies componentes de la colección	Autógama, A. facultativas, Xenógamas, X. facultativas	Autógama facultativa
Origen del material genético que compone las colecciones (%)	Cultivares tradicionales 23% Variedades modernas 16% Líneas de mejora 58% Especies silvestres 3%	Cultivares tradicionales 70% Variedades modernas 8% Líneas de mejora y otros 20% Especies silvestres 2%
Especies silvestres relacionadas	<i>S. lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i> <i>S. peruvianum</i> <i>S. habrochaites</i>	<i>A. manihot</i>
Presencia de insectos polinizadores	<i>Exomalopsis</i> spp.	<i>Agapostemon femoralis</i> <i>Agapostemon</i> sp.
Época de producción de mayor calidad de semilla	Invierno-Primavera	Verano-Invierno

Tabla 3. Valores medios de algunos caracteres de la estructura floral en accesiones de la colección de tomate

Tipo	LAPETA	Cáliz	Estilo	ANTER	RE/A	%	Estatus
Santa Clara	12.900	14.150	7.740	9.340	0.830	82.869	Var. mej
P-531	9.250	6.900	6.380	7.750	0.825	82.323	Cultiv. trad
CC-132	11.440	8.520	7.310	8.890	0.826	82.227	Línea
CC-172	14.200	10.160	7.230	8.400	0.861	86.071	Línea
Placero	9.750	7.540	5.410	7.760	0.700	69.716	Var. mej
CC-521	11.830	8.800	7.160	8.000	0.897	89.500	Línea
1000	10.650	4.120	8.000	7.790	1.030	102.696	Silvestre
1169	14.350	7.250	11.060	9.840	1.128	112.398	Silvestre

Legenda: LAPETA: Longitud de los pétalos, CALIZ: longitud del cáliz, Estilo: longitud del estilo, ANTER: Longitud de las anteras, RE/A y %: relación entre la longitud del estilo y la anteras expresada en por ciento



Figura 1. *Solanum peruvianum*, obsérvese la posición de los estilos por encima de las anteras

El carácter recesivo de la forma de la hoja de papa se ha utilizado en Cuba para detectar niveles de hibridación en tomate y en todos los casos se ha comprobado que dichos niveles no superan el 2% (Moya *et al.*, 1983). Durante la regeneración y multiplicación de colecciones este manejo se hace más complejo, debido a la existencia en las colecciones de especies silvestres donde la polinización entomófila forma parte de su mecanismo de mantenimiento, unido a la presencia de autoincompatibilidad que inducen una reproducción de la especie por cruzamiento.



Figura 2. Disposición del racimo floral por encima del dosel en *Solanum habrochaites*

El origen del material tiene un importante papel en la uniformidad genética de los accesiones que se conservan en las colecciones y generalmente ello tiene una influencia en la predisposición de la colección a mostrar variación dentro de los cultivares (intracultivar). Es por ello, que en aquellas colecciones donde existe un alto número de cultivares tradicionales, la tendencia a presentarse variación en diferentes aspectos de la biología reproductiva de la especie es más alta, pues dentro de la composición del germoplasma colectado se encuentran tanto variedades tradicionales o cultivares

locales (landraces), cultivares modernos, como especies silvestres relacionadas con el cultigen. Se conoce que en la composición de los cultivares o variedades tradicionales *in situ*, la uniformidad genética de diferentes variables como el color, tamaño, y productividad no es una de las principales prioridades de los agricultores para su conservación, sino que se realiza un aprovechamiento del recurso teniendo en cuenta principalmente atributos relacionados con la calidad organoléptica y culinaria. Dentro de una misma finca se encuentran diferentes cultivares y especies entre las cuales puede haber flujo de polen. En Cuba, sólo se cultivan en condiciones de campo una especie del tomate y del quimbombó. En el caso del tomate, se presenta la variedad tipo de *Solanum lycopersicum* y los tipos cherry (antigua var. *cerasiforme*), por lo que como resultado de la colecta el aporte principal lo realizan estos taxa. No obstante, se aprecia una amplia variabilidad del germoplasma colectado por los agricultores, que es el resultado de años de selección y mejora involuntaria, y en cual el flujo de genes dentro de la finca y entre fincas a tenido su papel en el avance genético y la adaptación, aún cuando en las especies que hemos seleccionado para este estudio el sistema de mantenimiento principal es la autogamia. En el caso de los cultivares tradicionales se aprecia que tienen un importante papel dentro de la composición de la colección, que representan un 23 % del germoplasma conservado de tomate (Tabla 2).

Con la introducción de germoplasma silvestre y accesiones de cultivares tradicionales a las colecciones hemos notado un incremento de la actividad de polinizadores y en consecuencia el riesgo de hibridación e introducción de variabilidad no deseada en condiciones de cultivo a cielo abierto. A pesar de que la actividad de los polinizadores resultaba evidente fue necesario medir dentro de las colecciones aspectos que permitieran detectar variaciones que justificaran la necesidad de tomar medidas para su control. Por la baja frecuencia de especies silvestres (3 % en *Solanum*) (Tabla 2) podría pensarse que no se justificara tal preocupación y sólo se resolverá el problema con el aislamiento de dichas accesiones, pero el manejo de las colecciones es cada vez más engorroso debido a su número y las limitantes

económicas que hacen difícil la obtención de aisladores, el control de los polinizadores por medios químicos o biológicos y otros recursos necesarios. Por otra parte, la demanda de especies silvestres y cultivares tradicionales por los usuarios de las colecciones es cada vez mayor, por lo que es necesaria una regeneración más frecuente de las mismas para reponer las colecciones de semilla.

Otro de los aspectos de interés en el caso de la colección de *Solanum* Sect. *Lycopersicon* en relación con la biología reproductiva es que el potencial para que ocurra hibridación es alto, porque como se observa en la Tabla 4, de una colección de 116 accesiones, se apreció un amplio rango de variación en la floración, por lo que se puede esperar un mayor riesgo alrededor de los 50 días en el cual se prevé que la floración ocurra y persista por un período de 40 a 50 días para las especies *S. lycopersicum* y *S. pimpinellifolium*. El riesgo de cruzamiento entre el tomate cultivado y las especies *S. habrochaites* y *S. peruvianum* es menor, debido a las barreras de cruzamiento que existen entre estos y que sólo permiten el cruce de estas especies como progenitores masculinos, por lo que es necesario en el caso de *S. peruvianum* el rescate de embriones a partir del híbrido (Giordano y Silva, 2002). Estas dos últimas especies presentan diferencias entre poblaciones en cuanto a la compatibilidad, observándose, tanto mecanismos de autocompatibilidad como de autoincompatibilidad (TCGC, 1996; USDA 2004). Los mayores riesgos en estos casos se encuentran entre accesiones de una misma especie.

Entre los riesgos existentes en el tomate y sus parientes silvestres está el alto potencial reproductivo que presentan y que se pone de manifiesto en los caracteres mostrados en la Tabla 5, donde un alto número de frutos por racimo llegan a cuajar. Este es más efectivo entre *S. pimpinellifolium* (Figura 4) y los cultivares locales como son el tomate cimarrón y los tomates placeros cubanos donde también se observa un elevado número de racimos por planta. El número promedio de semillas por fruto resulta más agudo en las especie silvestres *S. peruvianum* y *S. habrochaites*, a pesar del tamaño pequeño de sus frutos. Los cultivares modernos mostraron un número menor de semillas por fruto lo que está acorde con los intereses del mejoramiento.

Tabla 4. Valores medios de la variable días a la floración desde la siembra en la colección de tomate *Solanum* Sect. *Lycopersicon*. N= 115

Especies	n	Días a floración			
		Rango	Promedio	Mínimo	Máximo
<i>S. lycopersicum</i>	98	43	52	23	66
<i>S. pimpinellifolium</i>	8	28	45	24	52
<i>S. peruvianum</i>	3	6	64	60	66
<i>S. habrochaites</i>	1	--	60	--	--
<i>S. lycopersicum</i> (var. <i>cerasiforme</i>)	6	7	49	45	52

Tabla 5. Valores medios y desviación típica de algunos caracteres de la colección de tomate

Grupo	Frutos/racimo	Flores/racimo	Cuajado (%)	Racimos	Semillas/fruto
<i>S. habrochaites</i> y <i>S. peruvianum</i>	5.97± 5.8	13.21± 5.4	50.17 ± 39.5	65.78± 49.3	53
<i>S. pimpinellifolium</i>	7.29 ± 2.81	8.81± 3.34	82.58 ± 9.8	149.00± 99.7	33
Cultivares tradicionales	5.47± 1.9	6.38± 2.0	85.00 ± 8.6	86.46± 123.2	65
Cultivares Modernos	2.94± 0.9	4.75± 0.76	62.21± 16.2	10.33± 6.84	31

Quimbombó

Las especies del género *Abelmoschus* son auto fértiles pero ellas expresan niveles de alogamia que alcanzan un 63 % (Martin, 1983). Las flores hermafroditas despliegan caracteres entomófilos como son: pétalos grandes y coloreados, presencia de nectarios, anteras dehiscentes extrorsas, numerosos granos de polen, pistilos largos, área estigmática bien definida y numerosos óvulos por flor, los que propician el cruzamiento, pero a la vez reúnen características que propician la autopolinización como son una alta autocompatibilidad, presencia de pedicelos cortos, sépalos pequeños, anteras adyacentes al estigma, los estambres están al alcance del pistilo, el estilo está incluido dentro de la columna estaminal, sincronización entre la receptividad del estigma y la dehiscencia de las anteras, la mayor parte de los óvulos cuajan como semilla y existe un alto porcentaje de cuajado del fruto unido a una amplia distribución (Hamon & Koenchlin, 1991a).

En el caso del germoplasma del género *Abelmoschus* conservado en el INIFAT, el material procedente de sistemas tradicionales de cultivo tiene un alto peso, representado un 70 % del total (Tabla 2). Esto ha contribuido a una mayor heterogeneidad de las accesiones que se conservan, producto de la variabilidad contenida en los materiales de colecta.

La evaluación de la colección de quimbombó, 10 años posteriores a su regeneración en 1993 pone de manifiesto elementos de variabilidad que pueden ser atribuidos a la hibridación entre accesiones de la colección debido a que el registro de determinados caracteres en el 2003 mostraba variaciones de interés como son la pigmentación con antocianina de diversas estructuras de la planta sobre todo del tallo. Téngase en cuenta que la pigmentación del hipocotilo fue utilizada por Martin (1983) para estimar las tasa de alogamia en Puerto Rico en la colección de *Abelmoschus*. Entre el conjunto de accesiones evaluadas, el grupo de mayor representatividad es el constituido por los cultivares

reconocidos como del tipo ‘Criollo’ (Figuras 6 y 8) y a la vez constituye el que mayor nivel de heterogeneidad presenta, tanto en la pigmentación del tallo como en la presencia de plantas fuera de tipo en las parcelas de regeneración (Figura 7), aspecto comprensible en cuanto al número de accesiones que presentan el riesgo de ser cruzadas. Los cultivares del tipo Chino (Figura 3) presentan al parecer una menor tendencia al cruzamiento al mantenerse en tipo todas las accesiones regeneradas, de igual forma la accesión de *A. manihot* evaluada (Figura 5) tampoco presentó evidencias de cruzamiento a pesar de que esta se puede cruzar con *A. esculentus*.



Figura 3. Planta de quimbombó del tipo ‘Chino’



Figura 4. Frutos en estado de madurez de *S. pimpinellifolium*



Figura 5. Vista superior de flores y hojas de *Abelmoschus manihot*



Figura 6. Planta de un cultivar del tipo ‘Criollo’ de *Abelmoschus esculentus* mantenida con polinización libre

Los valores medios de la floración en la colección de quimbombó (Tabla 6) muestran una simultaneidad del carácter en *A. esculentus*, aunque los cultivares del tipo ‘Clemson’ se muestran como los más precoces. Los cultivares del tipo ‘Criollo’ son los más tardíos. La accesión de *A. manihot* fue la más tardía iniciando la floración a los 67 días desde la siembra. En la Tabla 6 también se pone de manifiesto la alta capacidad reproductiva de los diferentes grupos agronómicos del quimbombó, el coeficiente de multiplicación por cada fruto va desde 1:53 para los cultivares del tipo ‘Emerald’ hasta 1:77 en los cultivares del tipo ‘Clemson’ y en el caso de *A. manihot* 1:61.



Figura 7. Evidencia de hibridación en variedad de quimbombó del tipo ‘Clemson’ con pigmentación de antocianina en los frutos



Figura 8. Variedad de quimbombó del tipo ‘Criollo’ que presenta como carácter distintivo la forma achatada del fruto en la parte superior

Durante el mantenimiento de la colección de quimbombó se observaron numerosos insectos que acudían a sus flores, notándose la presencia de las especies citadas en la Tabla 7. Algunas de estas especies son referidas como fitófagos de polen y actúan también como controles biológicos de larvas y adultos de insectos dañinos. Se observó como polinizadores potenciales a insectos del género *Agapostemon* y se advirtió además dañando los pétalos y consumiendo polen los adultos del crisomélido *Diabrotica balteata*.

En relación con las posibilidades de alogamia señalan Hamon y Koechlin (1991b) que sólo el polen que llega a la flor antes del medio día tiene oportunidad de contribuir a la progenie y esta oportunidad disminuye en la medida que avanza el día, producto de que la flor del quimbombó cierra posteriormente y al ser auto fértil, suficientes óvulos habrán sido fertilizados para asegurar el cuajado del fruto.

A través de las variables evaluadas se puede apreciar que cada especie estudiada puede aportar un alto número de semilla a la próxima generación, por lo que los riegos por contaminación con polen de otra accesión pueden ocasionar dificultades en las sucesivas generaciones de cada entidad y en el mantenimiento de la integridad genética de las accesiones.

Las características de las colecciones de tomate y quimbombó con sus parientes silvestres ponen de manifiesto la complejidad del manejo de ambas colecciones, que abarca desde el alto número de accesiones que se conservan hasta diferentes aspectos de la biología reproductiva como son: el sistema de mantenimiento de la especie, que a pesar de ser autógena, con la introducción de especies silvestres, se incluyen características de alogamia como son: en el caso de *Solanum peruvianum* y *S. pimpinellifolium* la presencia de estigmas exsertos, flores numerosas y de gran tamaño que se distribuyen por encima del dosel de la planta, y variabilidad en la compatibilidad de las especies. En el caso del quimbombó se manifiesta como una especie autógena facultativa con niveles variables de alogamia, dependientes de las condiciones ecológicas del sitio de reproducción, la temperatura y sobre todo al actividad de los insectos. Unido a las características del

Tabla 6. Distribución de frecuencias (%) de acuerdo con el tipo de fruto, para las diferentes accesiones en la colección de quimbombó y valores medios para la floración y el número de semillas por fruto del INIFAT

Tipos	Frecuencia del tipo (%)	Pigmentación del tallo (%)	Tipo de fruto (%)	Días a inicio de floración	Promedio de semillas por fruto
Criollo	48.07	7.69	10.9	55.07 ± 2.9	75.25 ± 16.02
Clemson	21.15	25.0	5.45	48.59 ± 5.72	77.68 ± 11.28
Chino	21.15	0.00	0.00	51.92 ± 2.99	69.22 ± 11.13
Emerald	7.69	0.00	1.81	52.00 ± 4.64	53.50 ± 11.41
A. manihot	1.92	0	0.00	67	61.6
Acumulado	--	9.09	16.36	--	--

Tabla 7. Especies de insectos asociadas a la colección de quimbombó

Especie	Parte de la flor donde fue observado
<i>Agapostemon femoralis</i>	Anteras, polinizador
<i>Agapostemon spp.</i>	Anteras, polinizador
<i>Diabrotica balteata</i>	Pétalo, anteras, polen, fitófago
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	Nectarios
Himenópteros	Nectarios
Dípteros, lepidópteros	Nectarios
<i>Hippodamia convergens</i>	Nectarios
<i>Coleomegilla cubensis</i>	Nectarios, Anteras, fitófago (polen)
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Nectarios, Anteras, fitófago (polen)

sistema de mantenimiento, se debe tener presente la época más adecuada para la producción de una semilla de calidad que en el caso del quimbombó corresponde con el período de mayor actividad de los insectos polinizadores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La fuente primaria de la alogamia en las colecciones de quimbombó y tomate es la polinización entomófila y los principales vectores del polen en el quimbombó son los insectos del género *Agapostemon* y en la colección de tomate los insectos del género *Exomalopsis*.
- En el caso específico de la especie *Abelmoschus esculentus* el grupo que ha mostrado una mayor

tendencia a la variación como resultado del flujo de polen en el mantenimiento varietal son los cultivares del tipo 'Criollo' alcanzando un nivel de heterogeneidad que supera el 10%, presentando la colección una sumatoria de 16.36%. Resultaron más estables los cultivares de quimbombó del tipo 'Chino'.

- La simultaneidad de la floración entre las diferentes especies del género *Solanum Sect. Lycopersicon* osciló entre los 23 y 60 días estando el período de inicio de la floración en el cual concurren el mayor número de accesiones entre los 50 y 60 días del trasplante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Giordano, L. B y Silva J. B. C. 2002. Clima e Época de Plantio. En: Tomate para processamento industrial. (Joao Bosco Carvalho da Silva y Leonardo de Britto (Organizadores) Ministerio da Agricultura e do Abastecimento, EMBRAPA Hortaliças, 168 pp.
- Hamon S. & J. Koenchlin 1991a. The reproductive biology of okra. 1. Study of the breeding system in four *Abelmoschus* species. *Euphytica* 53: 41-48.
- Hamon S. & J. Koenchlin. 1991b. The reproductive biology of okra. 2. self-fertilization kinetics in the cultivated okra (*Abelmoschus esculentus*) and consequences for breeding. *Euphytica* 53: 49-55.
- Martin, F. W. 1983. Natural outcrossing of okra in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. of Puerto Rico* 67:50-52.
- Moya, C.; F. Pivovarov; N. Díaz y D. Echevarría. 1983. Cruzamiento natural en Tomate. *Ciencias de la Agricultura*, 16: 49-54.
- Peralta, I.E.; Knapp, S.; Spooner, D.M. 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. *TGC Report* 56: 6-12.
- Shagarodsky, T., V. Fuentes Fiallo, R. Cristóbal y E. Lago. 2005a. Valor descriptivo de la forma de la hoja y de la estructura floral del tomate en la caracterización del germoplasma de *Lycopersicon* spp. *Agrotecnia de Cuba* (número Especial) Vol. 29, Dic. 2005. ISSN 0568-3114.
- Shagarodsky, T. 2006. Caracterización de la variabilidad del germoplasma de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) conservada *ex situ* en Cuba: su presencia y distribución *in situ*. Tesis en Opción al Título de Maestro en Biología Vegetal. Mención Genética Vegetal. Universidad de La Habana –INIFAT.
- Shagarodsky, T. y C. Moya. Capítulo 18. *Lycopersicon*. En: Hammer, K.; M. Esquivel y H. Knüpffer (eds.), «... y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros...». Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources. Vol. 3. Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben, Germany, p 568-577, 1994.
- Shagarodsky, T., G. Puldón, E. Centeno, M.F. Pérez, y C. Guevara .2005 b. Diez años en el estudio, caracterización y conservación de Recursos Genéticos de quimbombó (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moech. y especies afines. FITOGEN 2005. VI Taller Internacional sobre Recursos Fitogenéticos. Memorias. 2-4 noviembre, 2005. Instituto de Ganadería Tropical, Estación Sancti Spíritus, Hotel Brisas, Playa Ancón, Sancti Spíritus Cuba.
- Shagarodsky, T. y H. Uranga. 2002. Comportamiento de cultivares de quimbombó del tipo criollo. *Agrotecnia de Cuba* 28 (1):14-20.
- Sigarroa, A. y Ana Estévez. 1979. Determinación de la frecuencia de polinización cruzada en tomate mediante la utilización de marcadores genéticos. *Cultivos Tropicales*. Año I (2):145-155.
- TCGC. 1996. Tomato Crop Germplasm Committee Report. Consultado el 15/6/2004.
- USDA. 2004. Tomato Crop Germplasm Committee Report. Crop Germplasm Crop Lists. National Plant Germplasm System.

Recibido: 23 de septiembre de 2011

Aceptado: 4 de junio de 2012