

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DEL GERMOPLASMA CUBANO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.). EVALUACIÓN DE LAS ACCESIONES CULTIVADAS. PARTE II

J. G. Castillo[✉], Ana Estévez, J. L. Salomón, Aymara Pérez y Ursula Ortiz

ABSTRACT. Over 2002-2003, 2003-2004 and 2004-2005 seasons, 288 cultivated accessions from the Cuban potato germplasm were studied at the National Institute of Agriculture Sciences. A morphoagronomic characterization for these accessions was conducted, including the following qualitative characters: tuber shape, tuber colour and eye depth as well as the quantitative ones as: yield per plant ($t\cdot ha^{-1}$), average tuber weight, tuber number per plant and stem height. Also, its behaviour versus *A. solani* and potato leaf roll virus (PLRV) was evaluated. The qualitative characters are presented by its percentage within the collection. With regard to the quantitative ones, the descriptive statistics as media, maximum and minimum values, standard deviation and coefficient of variation were determined. A main components analysis was performed to know the distribution of each species within the collection and its possible use in Cuban potato breeding program. A high variability was recorded among the cultivated species collection for the environmental conditions of Cuba; and the resistant sources for *A. solani* and PLRV. This work proved there is an extend gene pool in this collection, to be more efficiently used in Cuban potato breeding program.

RESUMEN. En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, durante las campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005, se estudiaron 288 accesiones cultivadas del germoplasma cubano de papa. Se realizó una caracterización morfoagronómica de las especies del banco, que incluyó los siguientes caracteres cualitativos: forma del tubérculo, color del tubérculo y profundidad de los ojos así como cuantitativos: rendimiento por planta ($t\cdot ha^{-1}$), masa promedio del tubérculo, número de tubérculos por planta y altura de la planta. Además, se evaluó el comportamiento ante el hongo *A. solani* y el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV). Los caracteres cualitativos se expresan en porcentajes de presencia dentro de la colección. Para los cuantitativos se determinaron los estadísticos descriptivos, media, valores máximos y mínimos, desviación estándar y coeficiente de variación. Se realizó un análisis de componentes principales, para conocer la distribución de cada una de las especies dentro de la colección y su posible uso en el programa de mejoramiento cubano. Se encontró una alta variabilidad dentro de esta colección de variedades cultivadas para las condiciones cubanas; así como las fuentes de resistencia para el hongo *A. solani* y el PLRV. Se demostró, mediante esta caracterización, que existe un amplio *pool* de genes en esta colección, para ser utilizada más ampliamente en el programa de mejoramiento cubano.

Key words: potato, varieties, germplasm, morphoagronomic characteristics

Palabras clave: papa, variedades, germoplasma, características morfoagronómicas

INTRODUCCIÓN

Existen variadas estrategias de conservación de recursos fitogenéticos, las cuales dependerán básicamente del tipo de germoplasma y sus objetivos. La conservación en sí no se limita a la consecución y posesión física de los materiales (recolección y almacenamiento), sino que requiere asegurar la existencia de estos en el tiempo en condiciones viables y con sus características genéticas originales (1).

El valor de las colecciones de recursos fitogenéticos reside en la utilización que de ellas se haga para producir

nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos, para el beneficio de las actividades productivas (2).

Las colecciones deben proveer a los mejoradores de variantes genéticas, genes o genotipos, que les permitan responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas productivos, siendo para ello imprescindible conocer las características del germoplasma conservado (3).

Tradicionalmente la comunidad científica ha hecho énfasis en la falta de caracterización y evaluación y en la importancia de que las colecciones de germoplasma cuenten con suficientes datos de este tipo. Sin embargo, existe una considerable brecha entre el número de materiales conservados y el de los que se tienen datos de caracterización y evaluación, estimándose a nivel mundial, hace casi diez años atrás, un 80 % de muestras sin datos de caracterización y un 95 % sin datos de evaluación agronómica (4).

Ms.C. J. G. Castillo, Investigador Agregado; Dra.C. Ana Estévez, Investigadora Titular; Ms.C. J. L. Salomón, Investigador Auxiliar; Aymara Pérez y Ursula Ortiz, Especialistas del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700.

✉ juanc@inca.edu.cu

La colecta y conservación de recursos fitogenéticos, sin que esté acompañada de la información sobre sus características, convierte a las colecciones en simples depósitos de materiales, lo cual conlleva a que no se exploten eficientemente sus potencialidades (5).

El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas conserva desde hace más de tres décadas el germoplasma de papa, del cual se ha caracterizado solo una pequeña parte con fines de mejoramiento. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización morfoagronómica de las accesiones cultivadas del banco cubano de papa, para su posible uso en el programa de mejoramiento y ponerla a disposición del resto de los mejoradores del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, se estudiaron 288 variedades cultivadas del banco cubano de germoplasma de papa durante las campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005, las que se plantaron en la finca Las Papas sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (6). Todas las atenciones culturales se realizaron según las normas técnicas para el cultivo de la papa (7). La distancia de plantación utilizada fue de 0.90 m entre surcos y 0.25 m entre plantas. Se plantaron 10 tubérculos por accesión en cada año evaluado. Se evaluaron los siguientes caracteres:

1. Cualitativos: color del tubérculo, forma del tubérculo y profundidad de los ojos
2. Cuantitativos:
 - ★ Número de tubérculos por planta: número de tubérculos totales entre el número de plantas
 - ★ Masa promedio (kg): peso total de los tubérculos entre el número de tubérculos
 - ★ Rendimiento por planta (kg): peso total de los tubérculos entre el número de plantas
 - ★ Rendimiento total ($t \cdot ha^{-1}$): rendimiento por planta multiplicado por el total de plantas de una hectárea (44 444) y dividido entre mil (una tonelada)
 - ★ Altura de la planta (cm): se evalúa a los 65 días después de la plantación
 - ★ Masa seca (%): Basada en el peso húmedo y peso seco.

Se evaluó el comportamiento ante *Alternaria solani* y el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV); en el primer caso, según la escala de nueve grados propuesta

por Horsfall y Barrat (8), a los 65 días de plantada y en el segundo, en porcentaje de daños según la metodología de Cordero (9). Dichos porcentajes fueron transformados al arcoseno de la raíz del por ciento.

Para los valores cualitativos, se determinaron los porcentajes que representaban cada uno dentro de la colección. A los caracteres cuantitativos se les estimaron los estadígrafos fundamentales, media, valores máximos y mínimos y coeficiente de variación; además, se realizó un análisis de componentes principales, para determinar la ubicación de cada uno de ellos dentro de la colección y su posible uso dentro del programa de mejoramiento cubano de papa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfoagronómica de la colección de variedades cultivadas

➔ Caracteres cuantitativos

En la Tabla I se presentan los estadísticos descriptivos para el rendimiento y sus componentes de la colección de 288 accesiones cultivadas. Se observan claramente valores altos para todos los caracteres evaluados. El número de tubérculos alcanzó un valor medio de 6.35 por planta, con un valor máximo de 15 y un mínimo de 2. En este carácter también se muestra una gran variabilidad con genotipos distantes unos de otros y un coeficiente de variación del 44.25 %.

Respecto a la masa promedio, se observan también altos valores para la mayoría de las accesiones evaluadas, todo lo cual se refleja en un valor de la media que alcanza los 0.086 kg. El valor máximo alcanzó los 0.175 kg, obtenidos en la variedad Spunta. Otros valores altos se observaron fundamentalmente en las variedades cultivadas que más se han plantado en el país en los últimos años; como la Desirée, Santana y Maranca, que poseen tubérculos de gran tamaño y rendimientos estables a través de los años. Además, se destacaron los clones cubanos (actualmente variedades) obtenidos en el programa de mejoramiento.

En cuanto al rendimiento por planta ($t \cdot ha^{-1}$), fue el carácter que más varió con coeficientes de variación que superaron el 50 % en ambos casos; encontrándose una alta diferencia entre los valores máximos y los mínimos. El mayor valor lo alcanzó también para este carácter la

Tabla I. Estadísticos fundamentales para el rendimiento y sus componentes, daños de *A. solani* e incidencias del PLRV en las accesiones cultivadas del banco de germoplasma

Estadísticos Descriptivos	Número (tub.pta ⁻¹)	Masa promedio tub (kg)	Rendimiento (kg.pta ⁻¹)	Rendimiento total (t.ha ⁻¹)	Masa seca (%)	Altura (cm)	AS*	PLRV (%)
Media (X)	6.35	0.086	0.552	2457	18.23	52.2	4.5	49.5
Mínimo	2	0.029	0.093	4.12	13.5	16.0	1.0	0.0
Máximo	15	0.175	1.365	60.66	23.65	89.00	8.0	100
DS	2.81	0.025	0.291	12.95	2.08	10.36	1.46	35.1
CV	44.25	29.06	52.71	52.70	11.40	19.84	32.4	70.9

* Escala de nueve grados donde 1 sin afectación y 9 completamente afectada

variedad Spunta con 1.365 kg.planta⁻¹, lo cual equivale a un rendimiento superior a las 60 t.ha⁻¹ para condiciones experimentales, mientras que el más bajo se detectó en la variedad Gaby, que fue precisamente la de menor valor en la masa promedio. La masa promedio y el número de tubérculos son los dos componentes fundamentales del rendimiento; cuando uno de ellos disminuye, se afecta considerablemente este carácter. Lo anterior ha sido demostrado en diversos estudios realizados en las condiciones de nuestro país (10, 11, 12).

Los valores para la masa seca se presentan también en esta tabla. Este carácter fue el que menos varió de todos los evaluados con un coeficiente de variación que no supera el 12 %; estos resultados son lógicos si se tiene en cuenta que la mayoría de las variedades cultivadas poseen valores entre 15 y 20 % de masa seca. No obstante, se encuentran genotipos con valores superiores al 20 % en los diferentes años estudiados. No se puede asegurar que existe un *pool* de genes elevado para este carácter, pero sí se podrían estudiar, en condiciones de producción, algunas de las accesiones evaluadas en este germoplasma, que poseen valores altos de masa seca para su posible utilización en la industria.

La altura de la planta no manifestó grandes diferencias, siendo el coeficiente de variación inferior al 20 %. Se encontraron valores muy bajos para este carácter de 16 cm en una variedad de origen ruso (Funzanum), hasta valores máximos cerca de los 90 cm observados fundamentalmente en las variedades provenientes del Centro Internacional de la Papa. Aunque este carácter es un componente del rendimiento, se ha observado que no existe una correlación directa entre ambos (13) y se pueden presentar genotipos de gran altura con bajos rendimientos, influidos en alta medida por las condiciones ambientales.

➤ *Alternaria* y PLRV

Los estadísticos descriptivos para el comportamiento frente a *A. solani* y el PLRV de la colección de variedades cultivadas se presenta también en la Tabla I. En el caso de los daños producidos por *A. solani*, se observa una evaluación media de 4.5 en la escala evaluada, lo que manifiesta daños sustanciales en la mayoría de las variedades evaluadas; aunque con los valores máximos y mínimos, también se presentan genotipos con muy buen comportamiento y otros con daños casi totales. Solo se observaron niveles de resistencia en algunos clones del programa de mejoramiento cubano y los del CIP, cuyos valores de la escala lo califican como medianamente resistentes.

Este hongo es el de mayor incidencia en el país y los resultados a través de los años manifiestan que es difícil obtener variedades resistentes a este patógeno (10, 11). Algunos resultados recientes avalan la agresividad de este hongo en diferentes especies de *Solanum*, incluidas las de este estudio (13).

Cuando se analiza el comportamiento al PLRV, se observa que existen accesiones con resistencia a este patógeno, pues no se presentaron plantas afectadas. Alrededor de un 12 % de la colección evaluada no manifes-

tó síntomas visuales en campo para este virus que es, sin lugar a dudas, el que mayores daños produce por su efecto secundario en la semilla de papa en la siguiente generación. En ese caso está el clon C-63 (variedad Yara), que no manifestó síntomas en ninguna de las plantas evaluadas y que es catalogado como resistente a este virus. Se observa también que el valor máximo llegó a afectar hasta el 100 % de algunas accesiones. Esto trae consigo la necesidad de sanear a través de novedosas técnicas este material, para evitar pérdidas irreparables en la colección.

Se ha encontrado también resistencia a este virus en algunos programas de mejoramiento, en los que en el caso de la especie *Solanum tuberosum* subespecie *tuberosum*, no se manifestó hasta el tercer retrocruce (14).

En la Tabla II se muestra la contribución de los valores en la conformación de los componentes principales. En las dos primeras componentes se explica el 73.57 % del total de la varianza observada. La componente 1 extrajo el mayor valor con 50.88 %, mientras que la componente 2 lo hizo en un 22.68 %. Las variables que más contribuyeron a la formación de la primera componente fueron el número de tubérculos, la masa promedio y el rendimiento por planta y por área, mientras que en la componente dos lo hicieron la masa seca y la altura. Resultados similares se encontraron, en los que al menos las dos primeras componentes extrajeron más del 60 % de la varianza total acumulada (12, 15, 16).

Tabla II. Contribución de los valores en la conformación de las componentes principales en las variedades cultivadas estudiadas

	Componentes principales	
	C1	C2
Varianza explicada	50.88	22.68
Varianza acumulada	50.88	73.57
Valores propios		
No. de tubérculo	0.779	-0.276
Masa Promedio	0.648	0.324
Rendimiento	0.995	-0.028
Rend. total	0.994	-0.029
Masa Seca	-0.104	0.824
Altura	0.195	0.707

En la Figura 1 se presenta la distribución de los genotipos en estudio, según el análisis de componentes principales. Se conformaron cinco grupos muy bien definidos, si tenemos en cuenta el tamaño de la población: en el I se ubicaron las variedades de mayor rendimiento, una elevada masa promedio y un buen número de tubérculos. En este grupo se ubicaron seis variedades, de las cuales la mayor parte son cultivadas hoy en la producción. En el II se ubican las accesiones que se caracterizan por poseer elevados porcentajes de masa seca, rendimientos de medio a bajos y una adecuada masa promedio. En este grupo se ubican fundamentalmente los clones del CIP. El III está compuesto por accesiones que

presentan un buen rendimiento, buena masa promedio, buen número de tubérculos, pero el porcentaje de masa seca es significativamente inferior a los dos grupos antes mencionados. En este grupo clasifican variedades como Desirée, Diamant y algunos clones cubanos. El IV se caracteriza por contener a las accesiones de peor comportamiento para la mayor parte de los caracteres, bajos rendimientos, bajo contenido de masa seca y bajo número de tubérculos. En el V se concentra el mayor número de genotipos con valores medio para la mayor parte de los caracteres.

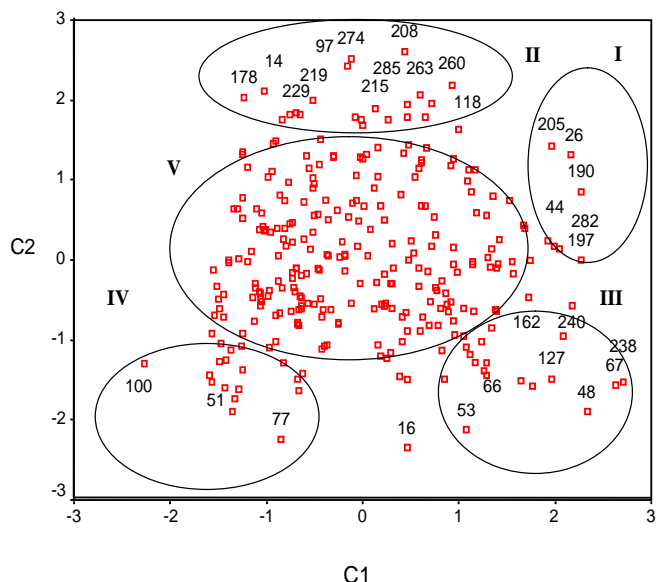


Figura 1. Representación gráfica del análisis de componentes principales para las variedades cultivadas

El análisis anterior demuestra que es posible seleccionar progenitores a partir de este germoplasma para el programa de mejoramiento cubano, con el fin de mejorar caracteres tan importantes en estos momentos como la masa seca y poder ser utilizados directamente en la producción.

➔ **Caracteres cualitativos**

En la Figura 2 se presentan los porcentajes en cuanto al comportamiento del color de la piel del tubérculo para las variedades cultivadas estudiadas. En este caso y a diferencia de las silvestres, analizadas en otro estudio, hubo mayor variación para este carácter al presentarse seis colores diferentes. El mayor porcentaje lo presenta el amarillo (68 %), seguido por rosado (15 %), rojo (11 %), carmelita (3 %), amarillo reticulado (2 %) y violeta (1 %).

En trabajos realizados anteriormente (12, 17, 18), se encontraron siempre porcentajes superiores de estos dos colores sobre el resto, fundamentalmente del amarillo, trabajando incluso con progenies de polinización libre. Respecto a la dominancia, se plantea que el color amarillo es dominante sobre el resto (19); aunque según otros planteamientos (12), los colores rojizos dominan sobre los claros. En este mismo sentido, se ha planteado que la herencia de este carácter se explica por la presencia de un solo gen (20).

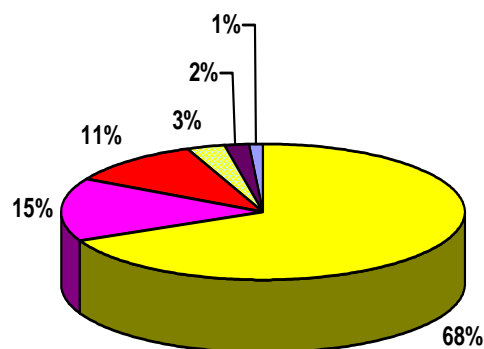


Figura 2. Comportamiento del color de la piel del tubérculo de las variedades comerciales

La Figura 3 presentan los porcentajes de la forma de los tubérculos: el mayor porcentaje fue para la forma oval (40 %), seguido de la redonda (22 %) y la oblonga (19 %). Estas son las formas típicas más comunes para las cultivadas en nuestro país, aunque se pueden presentar otras en menor porcentaje o combinaciones de ellas, como oblongo-alargada (7 %) y oval-alargada (3 %), también estuvieron presentes la forma alargada (7 %) y comprimida (1 %).

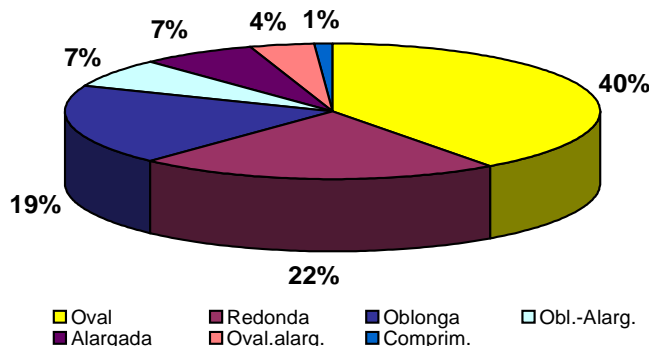


Figura 3. Comportamiento de la forma del tubérculo de las variedades cultivadas estudiadas

Estos resultados concuerdan con otros encontrados (17, 18, 21), donde las formas redondeadas predominaron sobre el resto. Aunque existen desacuerdos en cuanto a la dominancia de las formas, la mayoría concuerda que esta característica posee una herencia simple, determinada por un gen mayor con efecto acumulativo y un número desconocido de genes menores (22).

Una característica notablemente diferente en comparación con los resultados alcanzados para las especies silvestres, es la profundidad de los ojos (Figura 4). El mayor porcentaje se presentó en los ojos superficiales (66 %), seguidos de los ojos medios (28 %) y los ojos profundos (6 %). La profundidad de los ojos es un carácter monogénico y los programas de mejoramiento genético en este cultivo tratan de incorporar siempre esta característica a las variedades mejoradas (16). Se ha encontrado siempre para las variedades cultivadas un mayor porcentaje de ojos superficiales. Se ha planteado así mismo que para los ojos superficiales codifican al menos dos genes complementarios (23).

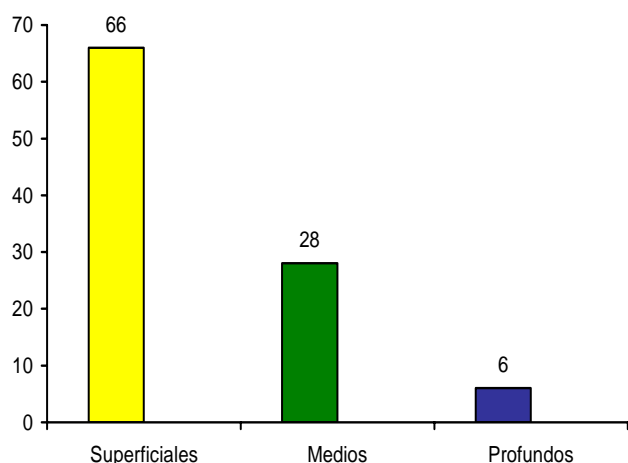


Figura 4. Comportamiento de la profundidad de los ojos en las variedades cultivadas estudiadas

Se demostró en este trabajo que existe una alta variabilidad en la colección de variedades cultivadas; los valores máximos y mínimos demuestran que se pueden encontrar accesiones con valores muy elevados para los diferentes caracteres y otros muy bajos. La masa seca fue el carácter con menor variación en el estudio; sin embargo, se observaron genotipos con buenas potencialidades, que pudieran ser utilizadas más ampliamente en el país. Además, se encontraron accesiones con buen comportamiento para el hongo *A. solani* y otros resistentes al PLRV.

REFERENCIAS

- Jaramillo, S. y Baena, M. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos. Cali. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. 2000, 209 p.
- Tabaré A. y Berretta, A. Conservación de recursos genéticos *ex situ*. En: Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur^o. PROCISUR, 2001. 12 p.
- Yencho, G. C. y Clough, M. E. Potato variety trial and breeding report, North Carolina. NC Potato Variety Trial Report, USDA (Consultado 19-4-2007). Disponible en: (<http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/hort/potato/index.html>).
- Reem Hajjar y Hodgkin, T. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*, 2007, vol. 156, no. 1-2, p. 1-13.
- Bonierbale, M.; Amoros, W.; Espinoza, J.; Mihovilovich, E.; Roca, W. y Gómez, R. Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. *Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa*, 2004, p. 3-12.
- Cuba-MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana; Agrinfor 1999, 64 p.
- Cuba-MINAGRI. Normas técnicas para el cultivo de la papa. La Habana, Ministerio de la Agricultura. 1990, p. 46.
- Estévez, A.; Salomón, J. L.; Castillo, J. G., Ortiz, U., Ortiz, E. Regionalización de clones cubanos de papa (*Solanum tuberosum* L.) *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 3, p. 59-63.
- Cordero, M. Bases metodológicas para la evaluación de la resistencia al PLRV en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) en Cuba (Tesis de Maestría); Universidad de La Habana, 1998, 69 p.
- Estévez, A.; González, M. E.; Castillo, J. G. y Salomón, J. L. Anita, una nueva variedad de papa. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 69.
- Castillo, J.; Salomón, J. L.; Estévez, A.; Pérez, A. y Ortiz, U. Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum* ssp). Evaluación de las especies silvestres. Parte I. *Cultivos Tropicales*. 2007, vol. 28, no. 1, p. 63-68.
- Salomón, J. L.; Estévez, A.; Castillo, J. G. y Quiñones, Y. Estudio de diferentes progenitores para la obtención y evaluación de progenies híbridas de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 4, p. 83-88.
- González, M. E. Mejoramiento por hibridación de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. (Tesis de doctorado). INCA, 1998.
- Chaerani, R.; Remmelt, G.; Piet, S. y Voorrips, R. E. Assessment of early blight (*Alternaria solani*) resistance in tomato using a droplet inoculation method. *Journal of General Plant Pathology*, 2007, vol. 73, no. 2, p. 96-103.
- Novy R. G.; Gillen, A. M. y Whitworth, J. L. Characterization of the expression and inheritance of potato leafroll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY) resistance in three generations of germplasm derived from *Solanum tuberosum*. *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 2007, vol. 114, no. 7, p. 161-1172.
- Estévez, A.; Salomón, J. L.; Castillo, J. G.; Ortiz, U. y Ortiz, E. Correlaciones y coeficientes de sendero en papa. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26, no. 3, p. 59-63.
- Castillo, J. G. Conservación, estudio y utilización de los recursos fitogenéticos de la papa en Cuba. (Tesis de grado). ISCAH. 1994.
- Estévez, A.; González, M. E.; Nimubona, N. y Castillo, J. G. Obtención y evaluación de progenies de semilla sexual de papa. Parte 1. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 60-64.
- González, M. E.; Estévez, A.; Castillo, J. G.; Salomón, J. L.; Varela, M.; Ortiz, U. y Ortiz, E. Análisis de la estabilidad genotípica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante representaciones BILOTS. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 1, p. 81-84.
- Howard, H. W. Genetics of the potato (*Solanum tuberosum* L.) London: Lagos Press. 1970. p. 324.
- Castillo, J. G.; Estévez, A.; González, M. E. y Ortiz, E. Comportamiento de familias híbridas de papa en su primera generación clonal. *Cultivos Tropicales*, 1998, vol. 19, no. 1, p. 61-64.
- De Jong, H y Burns, V. Inheritance of tuber shape in cultivated diploid. *Chemistry Evolution*. London. The Linnean Society. 1993, p. 23.
- Ortiz, R. y Huaman, Z. Inheritance, morphological and tuber characteristics. En: *Potato Genetics*. Wallenford, CAB International. 1994. p. 263-283.

Recibido: 12 de julio de 2007

Aceptado: 21 de febrero de 2008