

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA CARACTERES REPRODUCTIVOS Y AGRONÓMICOS

J. L. Salomón[✉], J. G. Castillo, Ana Estévez, Úrsula Ortiz, J. Arzuaga, A. Caballero y E. R. Vásquez

ABSTRACT. A study on reproductive and agronomic characters was conducted in 1005 genotypes from a different origin -870 clones of the National Potato Breeding Program and 135 foreign commercial varieties of certified category- at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) for two seasons (2004-2005 and 2005-2006). The following reproductive and agronomic characters were evaluated: flower color, skin color, flesh color, tuber shape, yield and tuber number. The occurrence of *Alternaria solani* and *Streptomyces scabies* was recorded by degree scales. The statistics of position and dispersion as well as confidence intervals were calculated for quantitative characters; Chi-square test was employed to compare proportions for the qualitative characters. The minimum, maximum and medium values of both disease occurrences were determined. A low number of 113 genotypes flowered and formed fruits within the two years studied. On the other hand, flowering ranged over a relatively short period between 28 and 38 days. With regard to flower color, there were white, purple and red flowers. Concerning tuber skin color, 84 % genotypes were yellow, 11 genotypes (10 %) were pink and seven individuals (6 %) were red. For tuber shape, genotypes with round tubers did not differ from the oval ones, reaching 33 and 32 % respectively. These results could be used to select parents for varietal breeding and obtain true potato seed offsprings.

Key words: potato, flowering, fruiting, parents, seeds

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*, L.) es de origen americano. Su distribución abarca desde el sur del cañón del Colorado (EE.UU.) hasta el archipiélago de los Chonos

Ms.C. J. L. Salomón, Investigador Auxiliar, Ms.C. J. G. Castillo, Investigador Agregado, Dra.C. Ana Estévez y Dr.C. J. Arzuaga, Investigadores Titulares, Úrsula Ortiz, Especialista de departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Dr.C. A. Caballero, Investigador Titular del departamento de Matemática Aplicada, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700 y E. R. Vásquez, Profesor del Área Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

✉ salomon@inca.edu.ec

RESUMEN. En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), durante dos campañas (2004-2005 y 2005-2006), se llevó a cabo el estudio de caracteres reproductivos y agronómicos en 1005 genotipos procedentes de dos orígenes distintos de semilla, 870 clones procedentes del Programa Nacional de Mejoramiento Genético y 135 cultivares comerciales foráneos de categoría certificada. Se evaluaron los siguientes caracteres reproductivos y agronómicos: color de la flor, piel y masa, forma del tubérculo, rendimiento y número de tubérculos. Se utilizaron escalas en grados para registrar la incidencia de *Alternaria solani* y *Streptomyces scabies*. Se calcularon los estadísticos de posición y dispersión, así como los intervalos de confianza para los caracteres cuantitativos; se utilizó la prueba Chi-cuadrado para la comparación de proporciones en los caracteres cualitativos. Se determinaron el mínimo, el máximo y la mediana para la incidencia de las dos enfermedades evaluadas. Se observó un número bajo de 113 genotipos que florecieron y formaron frutos en los dos años de estudio. Por otro lado, se presentó que la floración osciló en un período relativamente corto entre 28 y 38 días. En relación con los colores de las flores, se observaron blancas, púrpuras y rojas. Para el color de la piel del tubérculo, el 84 % de los genotipos mostraron el color amarillo, en 11 de ellos se apreció el color rosado para un 10 % y el color rojo se manifestó en siete individuos para un 6 %. En cuanto a la forma de los tubérculos, los genotipos con tubérculos de forma redonda no mostraron diferencias con la forma oval, alcanzando 33 y 32 % respectivamente; estos resultados podrían ser utilizados para la selección de progenitores en el mejoramiento de variedades y la obtención de progenies de semilla botánica de papa.

Palabras clave: papa, floración, fructificación, progenitores, semilla

en el sur de Chile, e incluye a todos los países de la Cordillera Andina (1).

La papa es uno de los cultivos con mayor diversidad genética (2). Las 5 000 variedades de papa que se cultivan en el mundo dan testimonio del papel crucial desempeñado por la biodiversidad en dicho cultivo (3).

La papa produce más calorías y proteínas de alta calidad por metro cuadrado que cualquier otra planta alimenticia importante y puede ser cosechada apenas a los 60 días de plantada. Es de importancia para el consumo humano, pero su cultivo tiene altos precios por concepto de semilla fundamentalmente (4).

En Cuba, todos los años se cultivan aproximadamente 10 000 ha, las cuales se plantan con tubérculos-semilla de alta calidad procedentes de Europa y Canadá¹, los que alcanzan altos precios en el mercado y el estado cubano tiene que invertir millones de dólares para adquirirlos. Una de las alternativas para disminuir los costos por concepto de semilla es utilizando la semilla botánica o verdadera producto de la reproducción sexual de la papa.

En otras condiciones de días largos y temperaturas templadas, la mayoría de las variedades de papa florecen y producen frutos que contienen semilla botánica (SB) o sexual.

Algunos programas de mejoramiento genético han generado progenies aceptables de SB partiendo de la selección de progenitores para caracteres reproductivos y agronómicos.

La floración escasa y fertilidad del polen de los genotipos de papa son causantes de la baja producción de bayas y semillas; por tanto, son las principales limitaciones para producir SB en los diferentes ambientes.

El objetivo de este trabajo es evaluar diferentes genotipos de papa para caracteres reproductivos y agronómicos, resultados que podrían ser utilizados como progenitores dentro del mejoramiento para la obtención de variedades y progenies de SB de papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos de evaluación de germoplasma para caracteres reproductivos se realizaron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de Las Lajas, La Habana. Los experimentos de campo se llevaron a cabo sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado (5) durante dos campañas (2004-2005 y 2005-2006) y el cultivo se desarrolló desde diciembre hasta marzo, que es la época para el cultivo de la papa.

Se utilizaron tubérculos-semilla de 1005 genotipos de papa procedentes de dos fuentes diferentes de semilla: 870 clones con tubérculos-semilla nacionales del programa de mejoramiento genético y 135 cultivares foráneos con tubérculos-semilla de categoría certificada. El primer experimento se plantó el 20 de diciembre del 2005 y el segundo el 22 de diciembre del 2006. El tamaño de las parcelas fue de 9 m² y el marco de plantación de 0.90 m entre surcos y 0.25 m entre plantas. El fertilizante se aplicó antes de la plantación a razón de 1.49 t.ha⁻¹ de la fórmula 9-13-17. Las labores culturales y protección fitosanitaria se realizaron según el Instructivo técnico para el cultivo de papa (6).

La floración se evaluó por apreciación visual, si floreció o no, así como días para florecer, contando desde la fecha de plantación hasta la aparición de los primeros botones florales en la parcela. Se evaluaron los colores de las flores según el descriptor propuesto (7).

Se evaluaron, además, el rendimiento (kg/planta) y número de tubérculos por planta y, para los caracteres cualitativos, la forma de los tubérculos, el color de la piel y la masa.

Se registró la incidencia de *Alternaria solani* (Ellis y Martín) Jones y Grout en una escala de nueve grados propuesta por Horsfall y Barrat (8) y la de *Streptomyces scabies* en el tubérculo utilizando la escala de seis grados (4).

Se calcularon los estadísticos de posición y dispersión así como los intervalos de confianza al 95 % para los caracteres cuantitativos (rendimiento y número de tubérculos); se utilizó la prueba Chi-cuadrado para la comparación de proporciones en los caracteres cualitativos (forma del tubérculo y color de la flor, piel y masa). Se determinaron el mínimo, el máximo y la mediana para la incidencia de las dos enfermedades evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla I muestra el número y porcentaje de genotipos de papa que florecieron según su origen; se observa que en la campaña 2004-2005, 82 genotipos cubanos florecieron de 870 evaluados, lo que representa el 9.4 %. En relación con los genotipos foráneos, de 135 solo 31 lograron florecer para un 22.9 %. Sin embargo, del total de cultivares evaluados (1005) solo 11.2 % florecieron. En la campaña 2005-2006 solo florecieron 81 genotipos para un 9.3 %; sin embargo, 16 genotipos foráneos llegaron a florecer, lo que representa un 11.8 % y en relación con el total solo 97 genotipos (9.6 %) lograron florecer.

Los resultados pueden deberse a las diferentes potencialidades que tienen los genotipos para florecer: unos lo hacen abundantemente, otros en menor cantidad y otros simplemente no florecen (9).

Estos resultados concuerdan con el autor cuando evaluó los genotipos que florecieron y otros no en las condiciones de Cuba (10). Se ha reportado floración en un 50 % de las accesiones (11) o ninguna en 14 genotipos de papa (12) en condiciones de día corto en la India.

Tabla I. Número de genotipos de papa que florecieron durante dos campañas

Origen	Número de genotipos	2004-2005		2005-2006	
		Floración	%	Floración	%
Cubanos	870	82	9.4	81	9.3
Foráneos	135	31	22.9	16	11.8
Total	1005	113	11.2	97	9.6

En la Tabla II se observa el número de genotipos que fructificaron en dos campañas. En 2004-2005 alcanzaron fructificar 54 genotipos cubanos para un 6.2 %; sin embargo, solo 16 genotipos foráneos lograron formar frutos para un 11.8 % de fructificación. Se observó que de 1005 genotipos evaluados, solo 70 llegaron a fructificar para un 6.9 %.

Tomado del Informe final de la Plenaria Nacional de Papa, Cuba, MINAGRI, 2009.

En 2005-2006, 43 genotipos cubanos fructificaron para un 4.9 % y solo tres genotipos foráneos lograron fructificar para un 2.2 %. Respecto al total, se obtuvo que el 4.5 % fructificó. Se apreció un comportamiento diferenciado dentro de los genotipos, tanto en la floración como fructificación, en las dos campañas estudiadas.

En papa, los caracteres reproductivos están determinados por múltiples factores incluidos el fotoperíodo, la temperatura, la humedad, el estado nutricional de las plantas y la variedad (9). Sin embargo, muchos de estos factores pueden ser controlados en invernaderos y en condiciones de campo, con fotoperíodos largos entre 14 y 16 horas luz y temperaturas entre 18 y 22°C.

Tabla II. Número de genotipos de papa que fructificaron durante dos campañas

Origen	Número de genotipos	2004-2005		2005-2006	
		Floración	%	Floración	%
Cubanos	870	82	9.4	81	9.3
Foráneos	135	31	22.9	16	11.8
Total	1005	113	11.2	97	9.6

En la Tabla III se observan los valores mínimo y máximo para los días a la floración en los clones evaluados. En el 2004-2005 los días a la floración oscilaron entre 28 y 35, mientras que en el 2005-2006 entre 29 y 38 días.

Tabla III. Estadígrafos fundamentales para días a la floración durante dos años

Estadígrafos	Días a la floración	
	2004-2005	2005-2006
Mínimo	28	29
Máximo	35	38
Media	32	33
D.S	2.1	2.1
CV(%)	7	6

Estos resultados no coinciden con otros anteriores, que reportaron floración a los 53 días como mínimo y 81 días como máximo en los genotipos estudiados (13).

El inicio de la floración se relaciona con la madurez del cultivo. Genotipos con madurez temprana florecen más temprano que los de madurez tardía. Por otro lado, en condiciones de días cortos (11-12 horas luz), la madurez de los genotipos es más temprana, por ende, florecen más temprano comparados con los mismos genotipos en condiciones de días largos.

En la Figura 1 se muestra el porcentaje de colores de las flores y su respectivo análisis de proporciones presente en los genotipos de papa. Se observaron flores blancas, púrpuras y rojas. Existieron diferencias significativas para los colores de la flor. El blanco alcanzó mayor porcentaje (65 %), seguido del color intensamente púrpura (16 %) y el ligeramente púrpura (8 %); las flores ligeramente rojas estuvieron representadas en un 11 %.

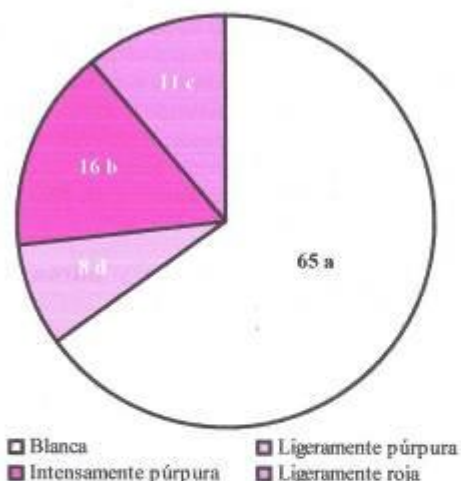


Figura 1. Porcentaje del color de las flores

En la Figura 2 se presenta el porcentaje para el color de la piel del tubérculo: el 84 % de los genotipos mostraron el amarillo, en 11 materiales se apreció el rosado para un 10 % y el rojo se manifestó en siete individuos para un 6 %.



Figura 2. Representación del porcentaje para color de la piel del tubérculo

Existen diversos criterios respecto a la dominancia en el color de la piel de los tubérculos; algunos han encontrado siempre mayor presencia del color amarillo en la piel de los tubérculos, en las progenies derivadas de cruces entre parentales tetraploides (14). Otros han planteado que las coloraciones rojizas dominan sobre las amarillas y que esto depende de la constitución genética de los progenitores (15).

La Tabla IV muestra las diferentes formas observadas en los genotipos evaluados y su porcentaje. El análisis de proporciones arrojó diferencias estadísticas para las formas de los tubérculos. Genotipos con tubérculos redondos no mostraron diferencias con la forma oval, alcanzando 33 y 32 % respectivamente. Este carácter presentó poca variación, sin embargo, otros han reportado gran diversidad de formas de tubérculos en diferentes poblaciones de papa (16).

Tabla IV. Número de genotipos y porcentaje de la forma del tubérculo

Forma del tubérculo	Número	%
Redonda	36	32 a
Redonda oblonga	5	4 e
Oval oblonga	9	8 c
Oblonga	16	14 b
Oval	37	33 a
Oval alargada	6	5 d
Alargada	4	4 f
Total	113	100

La Figura 3 presenta el porcentaje para el color de la masa de los tubérculos. El análisis de proporciones mostró diferencias significativas dentro de los genotipos evaluados para los diferentes colores. Se observa cómo el mayor porcentaje de clones y genotipos presentaron el color amarillo (46 %), seguido del crema con 30 % y el menor porcentaje (24 %) de materiales con el color blanco en la masa del tubérculo.

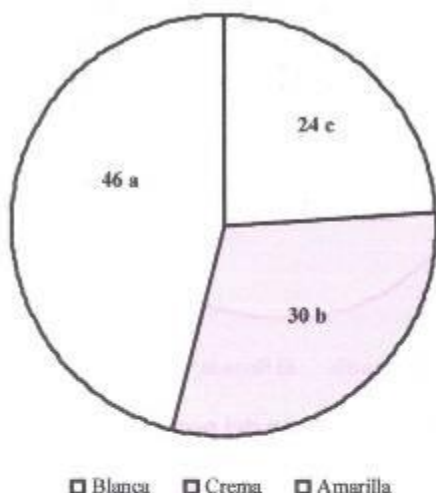


Figura 3. Porcentaje del color de la masa del tubérculo

La Tabla V representa los grados de afectación por *Streptomyces scabies* en el tubérculo y por *Alternaria solani* en el follaje durante dos años. En la campaña 2004-2005, la afectación por *Streptomyces scabies* osciló entre los grados 1 y 5, con una mediana de 3.

Tabla V. Grados de afectación de las enfermedades evaluadas

Estadígrafo	<i>Streptomyces scabies</i>		<i>Alternaria solani</i>	
	2004-2005	2005-2006	2004-2005	2005-2006
Mínimo	1	1	1	2
Máximo	5	4	7	8
Mediana	3	2	4	4

En la campaña 2005-2006, la afectación se presentó entre los grados 1 y 4 para una mediana de 2. Los valores de la mediana en ambos años indican la baja afectación en los tubérculos, lo cual puede estar dado por la tolerancia de algunos materiales evaluados.

La afectación en la campaña 2004-2005 por *Alternaria solani* en el follaje osciló entre los grados 1 y 7, lo que indica la presencia de genotipos con baja incidencia de la enfermedad y genotipos con alta afectación del follaje; sin embargo, la mediana se presentó con 4 y, en la campaña 2005-2006, los grados oscilaron entre 2 y 8, valores algo superiores a la campaña 2004-2005; no obstante, la mediana se mantuvo con 4, lo que se puede considerar como de buen comportamiento para los genotipos evaluados.

La Tabla VI presenta los estadígrafos fundamentales para el rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) y número de tubérculos durante dos años. En el 2004-2005, el número de tubérculos osciló entre 4 y 16, y una media de 8 tubérculos/plantón. En el 2005-2006, el número osciló entre 6 y 17, y una media de 9 tubérculos/plantón. Este carácter mostró una alta variación para los dos años, lo cual indica una alta variabilidad para el número de tubérculos por plantón.

Tabla VI. Estadígrafos de dispersión para el número y peso de tubérculos

Estadígrafos	Número de tubérculos		Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)	
	2004-2005	2005-2006	2004-2005	2005-2006
Mínimo	4	6	17.56	21.47
Máximo	16	17	38.89	40.70
Media	8	9	28.74	30.26
Desviación	2.4	2.2	4.52	4.09
CV (%)	31	25	16	14

Se han informado resultados similares, los que encontraron una elevada divergencia entre 15 variedades foráneas para el rendimiento y sus componentes. Otros estudios evidencian lo anteriormente planteado en las condiciones cubanas (16).

Estos resultados coinciden con los que reportaron una amplia diversidad para el número de tubérculos al evaluar el germoplasma de papa (8). Por otro lado, se ha informado que el número de tubérculos es un componente directamente relacionado con el rendimiento (16), cuando uno de estos disminuye se afecta el rendimiento.

REFERENCIAS

1. Faiguenbaum, H. Labranza siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago de Chile: Editora Ograma, 2003. 760 p ISBN: 9562919773.
2. Hijmans, R.; Spooner, D. M.; Salas, A. R.; Guarino, L. y Cruz, J. de la. Atlas of wild potatoes. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 2002. 130 p. [Systematic and eco-geographic studies on crop gene-pools, no. 10].
3. Grain. La papa, el nuevo viajero global. Biodiversidad Sustento y Culturas. [en línea] Abril, 2001. [Consultado: 20-01-2008] Disponible en: <http://www.grain.org/sp/publications/biodiv283-sp.cfm>
4. Beukema, H. P.; Turkensteen, L. J. y Peeten, J. M. G. Potato production, seed, varieties, diseases, storage and markets. In: NIVAA, Potato Explorer. [CD-Rom] Version 3.3. The Netherlands, 2008.
5. Hernández, A. *et al.*. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba; La Habana: Agrinfor, 1999, 64 p.
6. Deroncelé, R.; Salomón, J.; Manso, F.; Linares, J.; Santo, R.; Roque, R.; González, P.; Navarro, H. y Tabera, O. Guía técnica para la producción de papa en Cuba. La Habana: Editorial Lilliana. ISBN 959-7111-05-05. 2000, 42 p.
7. Huamán, Z. y Gómez, R. Descriptores de papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Edición actualizada. Centro Internacional de la Papa Lima: CIP, 1994, 10 p.
8. Castillo, J. G.; Salomón, J. L.; Estévez, A.; Pérez, A. y Ortiz, U. Caracterización morfo-agronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum ssp.*). Evaluación de las especies silvestres. Parte I. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 63-68.
9. Malagamba, P. y Cabello, R. Producción de semilla sexual de papa. En: Fascículo 2.1. Manual de producción de papa con semilla sexual. Lima. Centro Internacional de la Papa (CIP). 1996, p. 1-7.
10. Salomón, J. L. Estudio y selección de progenies híbridas de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en Cuba. [Tesis de Maestría]. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2001. 52 p.
11. Patel, P. K.; Parmar, L. D.; Patel, J. B.; Pandey, S. K. y Khurana, S. M. P. Optimum planting period of parental lines for production of hybrid TPS in Northern Gujarat. *J. Indian Potato Assoc.*, 2000, vol. 27, p. 65-67.
12. Gopal, J.; Kumar, V. y Thakur, S. S. Evaluation of potato germplasm for characters important in true potato seed production. *Potato Journal*, 2001, vol. 28, no.1, p. 11-12.
13. Khan, A. Development hybrids and open-pollinated true potato seed in NWFP. [A thesis submitted for the partial fulfillment of the degree of Doctor of Philosophy in Plant Breeding and Genetics]. Peshawar-Pakistan: NWFP Agricultural University, 2004, 98 p.
14. Ortiz, R. y Golmirzaie, A. M. Genetic parameters for agronomic characteristics. I. Early and intermediate breeding populations of true potato seed. *Hereditas*, 2003, vol. 139, no. 3, p. 212-216.
15. Jong, H. de y Tai, G. C. C. Evaluation of potato hybrids obtained from tetraploid-diploid crosses in an incomplete mating design. I. Parent-offspring relationships. *Plant Breeding*, 1991, vol. 107, no.3, p. 177-182.
16. 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 mediante las representaciones Biplots. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 1, p. 81-84.

Recibido: 9 de julio de 2009

Aceptado: 1 de diciembre de 2009