

# ESTUDIO DE DIFERENTES PROGENITORES PARA LA OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROGENIES HÍBRIDAS DE PAPA (*Solanum tuberosum*, L.)

J. L. Salomón✉, Ana Estévez, J. G. Castillo y Y. Quiñones

**ABSTRACT.** Several tests with true potato seed (TPS) were planted during two seasons at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). Some agronomic characters and phenotype uniformity in different hybrid combinations were studied for commercial seed production. Reproductive characters were evaluated in some potato varieties flowering under our conditions, and their genotypes were crossed. Flowers, fruits and seeds were evaluated and correlated. Eight hybrid combinations were obtained, evaluating germination and vigor percentages to their seeds and plantlets respectively, as well as color uniformity, tuber shape, tuber number per plant and total yield. In almost all combinations studied, a phenotype variability was found, except Desirée x Fontenot, showing an adequate uniformity, acceptable weight and tuber number.

**RESUMEN.** Durante diferentes campañas en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se desarrollaron experimentos con semilla botánica o semilla sexual de papa (SSP), con el objetivo de estudiar caracteres agronómicos y uniformidad fenotípica en diversas combinaciones híbridas como semilla para la producción comercial. Se comenzó evaluando caracteres reproductivos de algunas variedades de papa que florecieron en nuestras condiciones. Posteriormente, se realizaron cruces con los genotipos seleccionados y se evaluaron características de las flores, los frutos y las semillas, y se realizaron correlaciones entre ellos. Se obtuvieron ocho combinaciones híbridas, a cuyas semillas y plántulas se les evaluaron los porcentajes de germinación y vigor respectivamente; también se evaluaron la uniformidad para el color y la forma del tubérculo, así como el rendimiento total y número de tubérculos por planta. Se pudo constatar la variabilidad fenotípica de la mayoría de las combinaciones estudiadas, a excepción de Desirée x Fontenot, con uniformidad adecuada y aceptables peso y número de tubérculos.

**Key words:** parents, seed, phenotypes, hybrids

**Palabras clave:** progenitores, semilla, fenotipos, híbridos

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*, L.) pertenece a la familia Solanácea. Algunos de los bien conocidos cultivos como el tomate, la berenjena, el tabaco, el pimiento, etc. también pertenecen a esta familia, pero, a diferencia de ellos, la papa es cultivada comercialmente a través de tubérculos. Sin embargo, esta puede ser propagada sexualmente mediante semilla sexual (SSP) o semilla botánica (1).

Desde 1977, el Centro Internacional de la Papa (CIP) tiene un excelente programa de investigación, para explorar el potencial de la SSP en países en desarrollo. En un estudio sobre el caso particular de la India, se proyectó que el área cultivada con SSP alcanzará las 250 000 hectáreas para el 2015 (2). De manera similar, aunque no en términos tan formales, existen cifras estimadas para Bangladesh, Egipto y Filipinas (3, 4).

Los programas de mejoramiento dirigidos a la identificación de líneas parentales apropiadas para el desarrollo de híbridos de papa, encuentran una serie de problemas adicionales. En primer lugar, casi todas las especies de papa son productos de una mezcla. Esto significa que las nuevas generaciones de papas sexualmente propagadas poseen variaciones en el fenotipo que incluye la madurez y las características generales del tubérculo. Estos rasgos heterocigóticos siempre han sido vistos como la desventaja principal de las progenies híbridas de papa. El siglo pasado, muchos fitomejoradores intentaron obtener híbridos de papa que produjeran híbridos uniformes y de altos rendimientos (5).

Una buena progenie híbrida de papa es una colección de individuos, genotípicamente diferentes unos de otros, pero con suficiente uniformidad fenotípica en las características de los tubérculos como para cumplir con las exigencias del mercado. Naturalmente, los fitomejoradores intentan hacer la diferencia fenotípica en una progenie lo más pequeña posible. Por todas las razones antes expuestas, el objetivo de este trabajo fue estudiar los caracteres agronómicos y el fenotipo de diferentes combinaciones híbridas cubanas de papa para su posible utilización como SSP.

Ms.C. J. L. Salomón y Ms.C. Y. Quiñones, Investigadores Agregados; Dra.C. Ana Estévez, Investigador Titular; Ms.C. J. G. Castillo, Investigador del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700

✉ salomon@inca.edu.cu

## MATERIALES Y MÉTODOS

En las plantaciones correspondientes a 1998-1999 y 1999-2000, se realizaron las colectas de flores en variedades florecidas (Desirée, Kondor, Atlantic, Fontenot, Carlita, Raja y Century Russet), las cuales se llevaron a cabo en horas tempranas de la mañana en el momento de la antesis. Las flores se dejaron secar a temperatura ambiente y posteriormente se procedió a la extracción del polen, con ayuda de un vibrador eléctrico. Seguidamente se procedió a la evaluación de la viabilidad del polen, para lo cual se colocaron en portaobjetos dos gotas de acetocarmín al 2 % y encima de este colorante se situó el polen de las siete variedades de papa; con la ayuda de una aguja se mezcló bien, extendiéndose sobre el portaobjetos. Los granos de polen redondeados y coloreados de rojo se consideran viables, pero los constreñidos y sin teñir son los no viables (6).

Las observaciones se realizaron con un microscopio Karl Zeiss a 200 x. Los conteos de polen se efectuaron en número de 200 por preparación en un total de cuatro preparaciones, con la ayuda de un contador manual. Se utilizó polen fresco (primer día de colectado) y se estimaron los porcentajes.

Con las variedades de papa seleccionadas, se realizaron ocho cruzamientos y se lograron semillas indistintamente (Tabla I).

**Tabla I. Relación de cruces y número de semillas**

No.	Cruces	Número de semillas
1	Desirée x Century Russet	780
2	Desirée x Kondor	1095
3	Desirée x Fontenot	2064
4	Atlantic x Carlita	289
5	Fontenot x Kondor	233
6	Fontenot x Desirée	409
7	Raja x Fontenot	383
8	Century Russet x Desirée	242

Para la realización de los cruzamientos se utilizó el método de decapitación (7). Los tallos con inflorescencia de las variedades seleccionadas se cortaron en el campo en horas de la mañana y se trasladaron al invernadero, dejándoles dos o tres hojas funcionales y colocándolos en recipientes con agua y sulfato de estreptomycin. El material se dejó recuperar y posteriormente se eliminaron las flores abiertas y botones inmaduros, procediendo a la emasculación con la ayuda de pinzas y agujas. Inmediatamente se realizó la polinización, quedando identificadas estas (combinación, número de flores y fecha).

A los 30 días de realizados los cruzamientos, se cosecharon y se cortaron los frutos o bayas por cada combinación. Posteriormente, estos frutos se colocaron para su completa maduración en un cuarto a temperatura ambiental. A los 15 días después de cosechadas, se tomaron al azar cinco bayas de cada combinación y se procedió a la extracción de las semillas, las que fueron secadas y contadas; posteriormente, se tomaron al azar tres muestras de 100 semillas por cada cruzamiento que se pesaron.

A los datos obtenidos se les calculó el porcentaje de fructificación, teniendo en cuenta el número de flores polinizadas y los frutos logrados; también fueron evaluados el número de semillas por frutos y el peso de 100 semillas (g).

Los porcentajes de viabilidad del polen de las variedades de papa fueron transformados a arcoseno  $v\%$ . Los datos de viabilidad del polen, el número de semillas por fruto y peso de 100 semillas, se procesaron a partir de un análisis de varianza de efecto fijo bajo un diseño Completamente Aleatorizado, donde los factores fueron variedad y años. Para comparar la eficiencia de los cruzamientos, se hallaron las correlaciones lineales entre la viabilidad del polen y el porcentaje de fructificación, número de semillas por fruto y peso de 1000 semillas. Para el porcentaje de fructificación, se utilizó un análisis de proporciones y las medias fueron comparadas mediante la prueba F.

Durante 1999-2000 y 2000-2001, se sembraron en condiciones semicontroladas las semillas de los cruces mostrados en la Tabla I. Se utilizaron bandejas de cepellones 8 x 8 x 7 cm. Se empleó como sustrato suelo y materia orgánica con una proporción de 3:1, respectivamente; las siembras se realizaron en la primera semana de diciembre, se colocó una semilla por alvéolo sembrada a 0.5 cm de profundidad cubierta con el mismo sustrato. El diseño experimental fue Completamente Aleatorizado con tres repeticiones; se sembraron 186 semillas de cada progenie y se seleccionaron 40 plántulas al azar por repeticiones.

Al experimento se le evaluaron:

- porcentaje de germinación a los 10 días de sembradas las semillas; del total de semillas sembradas cuántas germinaron.
- a los 25 días el vigor, según la escala de 9 grados utilizada por el CIP (8), donde 0= muy bajo y 9= muy bueno.
- la uniformidad de las plántulas a los 25 días, de acuerdo a la escala de cinco grados según CIP (8), donde 1= muy mala y 5= muy buena.

Durante el período de emergencia de las semillas, se garantizaron dos riegos ligeros (10 minutos) diariamente hasta los 10 días de sembradas las semillas, para mantener una adecuada humedad; seguidamente a este período, los riegos se efectuaron dos veces a la semana, manteniéndose con una duración de 30 minutos cada uno. A los 50 días de la siembra, se fertilizó con un gramo de fórmula completa NPK (913-17) por alvéolo; conjuntamente se le agregó sustrato para el aporque. Las labores fitosanitarias fueron realizadas según la Guía técnica para el cultivo de papa (9). La cosecha se realizó a los 100 días de sembradas las semillas; se evaluaron el número y peso (g) de los tubérculos por planta, así como el color, la forma y la profundidad de los ojos de los tubérculos de cada progenie.

El porcentaje de germinación de la semilla fue transformado a arcoseno  $\sqrt{v}\%$  y sometido a un análisis de varianza completamente aleatorizado de efecto fijo con

arreglo factorial (8x2), donde los factores fueron combinaciones híbridas y años.

Los datos de número y rendimiento de los tubérculos por planta fueron sometidos a un Análisis de Varianza de Clasificación Simple bajo un diseño Completamente Aleatorizado. Se le aplicó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis de varianza para el porcentaje de viabilidad del polen detectó la existencia de diferencias significativas entre variedades (Tabla II), con valores que oscilaron entre 13.53 y 65.15 %, destacándose las variedades Fontenot y Kondor con los porcentajes más elevados, encontrándose diferencias significativas entre ellas y con el resto de las variedades. Todas las variedades presentaron porcentajes por encima del 40 %, excepto la Atlantic con un valor de 13.53 %.

**Tabla II. Porcentaje de viabilidad del polen en las variedades florecidas**

No.	Variedades	Viabilidad (%)
1	Fontenot	65.15 <sup>a</sup>
2	Kondor	55.89 <sup>b</sup>
3	Desirée	44.86 <sup>c</sup>
4	Century Russet	43.42 <sup>cd</sup>
5	Raja	42.12 <sup>cd</sup>
6	Carlita	40.68 <sup>d</sup>
7	Atlantic	13.53 <sup>e</sup>
	± Es X	1.23 ***

Medias con letras comunes no difieren significativamente  
\*\*\* P < 0.001

Los genotipos evaluados para viabilidad del polen pueden ser utilizados como progenitor masculino indistintamente, excepto el cultivar Atlantic, que por el bajo porcentaje de viabilidad podría emplearse como progenitor femenino.

En la Tabla III se presentan los caracteres evaluados de las diferentes combinaciones híbridas. Todos los caracteres mostraron diferencias altamente significativas, con excepción del peso de 100 semillas. Para el porcentaje de fructificación, las combinaciones Desirée x

Fontenot, Raja x Fontenot y Desirée x Kondor no tuvieron diferencias significativas entre sí y alcanzaron mayores porcentajes de fructificación con 64, 57 y 55 % respectivamente. Los cruzamientos Atlantic x Carlita y Desirée x Century Russet no tuvieron diferencias significativas con Raja x Fontenot y Desirée x Kondor. Las combinaciones Fontenot x Kondor y Century Russet x Desirée fueron las que alcanzaron los más bajos porcentajes (32 y 31). Estos valores pudieron ser debido a la incompatibilidad de las combinaciones realizadas, corroborando otros planteamientos (10) que estudiaron la fertilidad y viabilidad del polen en variedades comerciales y silvestres de papa en condiciones de Cuba.

Para el número de semillas por fruto, se encontraron diferencias altamente significativas entre las combinaciones, siendo Desirée x Fontenot la que alcanzó el valor más alto (118 semillas) con diferencias significativas del resto; le siguió con 88 semillas la progenie Raja x Fontenot, sin diferencias significativas con Desirée x Century Russet, Fontenot x Desirée, Desirée x Kondor y Atlantic x Carlita, donde estas dos últimas no presentaron diferencias con Century Russet x Desirée, la que obtuvo el menor número de semillas por fruto con 58 semillas. Se han encontrado números de semillas por fruto que oscilaron entre 150 y 250, teniendo en cuenta el tamaño de las bayas, el ambiente y los progenitores (1).

El peso de 100 semillas no mostró diferencias significativas en las combinaciones híbridas, pero los mayores valores se observaron en las progenies híbridas Desirée x Fontenot y Raja x Fontenot. Este carácter es de gran importancia, ya que está directamente correlacionado con la emergencia y el vigor de las plántulas. *Potato Products International Ltd.* informó pesos entre 7 y 8 mg en 100 semillas (5).

Como se pudo observar en aquellas combinaciones donde Fontenot funcionó como progenitor masculino, se alcanzaron los mayores porcentajes de fructificación, número de semillas por fruto y peso de 100 semillas; sin embargo, se aprecia también que la variedad Desirée a pesar de tener alta viabilidad de polen alcanzó bajos números de semillas por fruto y peso de 100 semillas, como es el caso de Century Russet x Desirée.

**Tabla III. Comportamiento de combinaciones híbridas para caracteres reproductivos**

Combinaciones híbridas	Número de flores polinadas	Número de frutos logrados	Fructificación (%)	Número de semillas/fruto	Peso de 100 semillas (g)
Desirée x Century Russet	38	16	48 <sup>bc</sup> (0.03)	79.60 <sup>bc</sup>	0.0691
Desirée x Kondor	61	34	55 <sup>ab</sup> (0.03)	77.00 <sup>bc</sup>	0.0686
Desirée x Fontenot	50	32	64 <sup>a</sup> (0.04)	118.00 <sup>a</sup>	0.0724
Atlantic x Carlita	34	17	50 <sup>bc</sup> (0.03)	61.20 <sup>bc</sup>	0.0563
Fontenot x Desirée	56	26	46 <sup>c</sup> (0.04)	79.20 <sup>bc</sup>	0.0638
Fontenot x Kondor	50	16	32 <sup>d</sup> (0.03)	70.40 <sup>bc</sup>	0.0599
Raja x Fontenot	14	8	57 <sup>ab</sup> (0.06)	88.10 <sup>b</sup>	0.0709
Century Russet x Desirée	32	10	31 <sup>d</sup> (0.04)	58.00 <sup>c</sup>	0.0577
± ES X	-	-	-	8.63 **	0.00001NS

Porcentajes con letras comunes no difieren significativamente según prueba de Duncan p < 0.05

\*\* significativo para P < 0.01

En la Tabla IV se presentan los valores de los coeficientes de correlación lineal entre el porcentaje de viabilidad del polen, porcentaje de fructificación, número de semillas por fruto y peso de 100 semillas. Se observan correlaciones positivas y significativas entre las variables, presentándose la asociación más alta (0.779\*\*) entre el número de semillas por fruto y peso de 100 semillas. Diversos criterios se mencionan en la literatura relacionados con las correlaciones del peso de 100 semillas y el número de semillas por fruto; esto puede ser debido a la diferencias de genotipos, condiciones de cultivo y otros factores, que ejercen su efecto sobre estas relaciones (1). Se encontró correlación positiva y altamente significativa (0.99\*\*) entre el peso de 100 semillas y el número de semillas por fruto en el cultivar R-128-6 (1). Por otro lado, se ha encontrado correlación significativa entre el peso de 100 semillas y el número de semillas por fruto, y se informan variaciones genotípicas para el número de semillas por fruto y tamaño de las semillas (11); se sugiere hacer selecciones de progenitores identificando los materiales con los caracteres antes mencionados. Se ha informado uniformidad para la forma y el color de tubérculo en progenies con progenitores tetraploides (12). Por otra parte, se sugiere que los altos rendimientos en las descendencias es producto del temprano crecimiento vigoroso de las plántulas (13) y la uniformidad de la forma del tubérculo depende de la uniformidad del tubérculo en los materiales estudiados. La calidad de la semilla depende también de la selección apropiada de progenitores (14).

**Tabla IV. Correlaciones entre la viabilidad del polen (%) y los caracteres del fruto**

Variabes	Número semillas/fruto	Peso de 100 semillas (g)	Fructificación (%)	Viabilidad del polen (%)
Número de semillas/fruto	1.000			
Peso de 100 semillas (g)	0.779**	1.000		
Fructificación (%)	0.697**	0.700**	1.000	
Viabilidad del polen (%)	0.640**	0.677**	0.564*	1.000

\*significativo para  $p < 0.05$

En la Tabla V se presentan los resultados del estudio en condiciones semicontroladas para la emergencia de las semillas, el vigor y la uniformidad de las plántulas en las progenies obtenidas. Al evaluar el primer carácter (germinación), se encontró diferencia significativa entre los cruces, donde la progenie Fontenot x Desirée presentó el porcentaje más alto con 81.56 % difiriendo del resto. Por otro lado, no existió diferencia estadística entre las progenies Desirée x Fontenot, Desirée x Century Russet, Raja x Fontenot, Desirée x Kondor y Fontenot x Kondor, las cuales sobrepasaron el 60 % de emergencia. Las progenies Atlantic x Carlita y Century Russet x Desirée mostraron los peores porcentajes de germinación.

Se informa que el sistema S provoca la formación anormal del endospermo (15), que puede ser atribuida a un bloqueo poszigótico durante la formación de la semilla que conlleva al aborto y la muerte del embrión.

**Tabla V. Comportamiento de la germinación, el vigor y la uniformidad de las plántulas**

Combinaciones híbridas	Emergencia (%)	Vigor (**)	Uniformidad (*)
Desirée x Century Russet	68.93 <sup>b</sup>	6.8	3.8
Desirée x Kondor	67.94 <sup>b</sup>	7.2	4.2
Desirée x Fontenot	69.07 <sup>b</sup>	7.6	4.5
Atlantic x Carlita	43.64 <sup>c</sup>	3.0	3.3
Fontenot x Desirée	81.56 <sup>a</sup>	7.2	4.4
Fontenot x Kondor	64.25 <sup>b</sup>	3.4	3.5
Raja x Fontenot	68.51 <sup>b</sup>	8.4	4.4
Century Russet x Desirée	51.00 <sup>c</sup>	2.8	3.4
Es X	2.824 <sup>*</sup>	-	-

Letras comunes no difieren significativamente según prueba de Duncan para  $p < 0.05$

(\*\*) Escala de vigor 0=Muy bajo y 9=Muy bueno

(\*) Escala de uniformidad 0=Muy malo y 5=Muy bueno

En la Tabla V también se aprecia la evaluación del vigor y la uniformidad de las plántulas. Los mayores valores de vigor fueron alcanzados por Raja x Fontenot, Desirée x Fontenot, Desirée x Kondor y Fontenot x Desirée; el resto de las progenies tuvieron un comportamiento de regular a malo. Por los resultados mostrados, parece ser que los parentales Desirée y Fontenot le confieren por lo general cierto vigor a su descendencia. Los mayores valores de uniformidad se reflejaron en Desirée x Fontenot, Raja x Fontenot, Fontenot x Desirée y Desirée x Kondor.

El vigor y la uniformidad son elementos tenidos en cuenta (11), que confieren gran importancia a la selección de parentales para los programas de mejoramiento genético de semilla sexual. En el análisis de varianza para el rendimiento y número de tubérculos en la etapa de invernadero, no se encontró interacción de cruces por año, pero sí entre los años y entre progenies.

En la Tabla VI se presenta el comportamiento de las diferentes progenies; las que alcanzaron los mayores rendimientos fueron Fontenot x Kondor (40.97 g) y Desirée x Fontenot (37.98 g) sin diferencias significativas entre ellas, les siguieron la combinación Desirée x Kondor con 33.52 g por planta y la progenie Raja x Fontenot (26.32 g) con diferencias entre ambas. Las combinaciones Atlantic x Carlita y Century Russet x Desirée fueron las de más bajos rendimientos.

El comportamiento para el porcentaje de color de la piel, forma y profundidad de los ojos en los tubérculos de las combinaciones híbridas se muestran en las Tablas VII y VIII y Figura 1.



**Tabla VI. Medias de número y rendimiento de los tubérculos en las progenies**

No.	Progenies híbridas	No. tubérculos/planta	Rendimiento (g/planta)
1	Desirée x Century Russet	5.26	17.27 <sup>de</sup>
2	Desirée x Kondor	5.20	33.52 <sup>b</sup>
3	Desirée x Fontenot	5.14	37.98 <sup>a</sup>
4	Atlantic x Carlita	4.80	16.17 <sup>e</sup>
5	Fontenot x Desirée	4.82	21.37 <sup>d</sup>
6	Fontenot x Kondor	4.84	40.97 <sup>a</sup>
7	Raja x Fontenot	4.79	26.32 <sup>c</sup>
8	Century Russet x Desirée	5.06	17.43 <sup>de</sup>
± ES X		0.32 <sup>NS</sup>	1.52 <sup>***</sup>

\*\*\* significativo para p < 0.01

**Tabla VII. Comportamiento del color de la piel en los tubérculos en las progenies**

No	Combinaciones	Fenotipo parental		Fenotipo de progenies (%)		
		Madre	Padre	Rojo	Rosado	Amarillo
1	Desirée x Century Russet	Rosado	Amarillo	7	29	64
2	Desirée x Kondor	Rosado	Rojo	24	39	36
3	Desirée x Fontenot	Rosado	Rojo	63	38	0
4	Atlantic x Carlita	Amarillo	Amarillo	4	44	52
5	Fontenot x Desirée	Rojo	Rosado	68	5	28
6	Fontenot x Kondor	Rojo	Rojo	57	35	9
7	Raja x Fontenot	Rosado	Rojo	41	56	9
8	Century Russet x Desirée	Amarillo	Rosado	12	21	68

**Tabla VIII. Comportamiento de las formas en los tubérculos de diferentes progenies**

No	Combinaciones	Fenotipo parental		Fenotipo de progenies (%)			
		Madre	Padre	R	OV	A	O
1	Desirée x Century Russet	O.A	R	16	35	30	20
2	Desirée x Kondor	O.A	O.A	30	27	29	13
3	Desirée x Fontenot	O.A	R	78	13	5	5
4	Atlantic x Carlita	R	O	42	15	31	10
5	Fontenot x Desirée	R	O.A	48	21	13	18
6	Fontenot x Kondor	R	O.A	30	33	7	30
7	Raja x Fontenot	OV	R	58	27	9	6
8	Century Russet x Desirée	R	O.A	6	26	35	32

R= Redondo, OV= Oval, A= Alargado, O= Oblongo

Se alcanzó en casi todas las progenies variados colores de piel: amarillo, rosado y rojo (Tabla VII). En aquellos cruces donde fue incluido un progenitor de color amarillo y otro rosado o rojo, en la descendencia dominó el color amarillo, y donde ambos progenitores tenían colores rojizos, se observó también la presencia del amarillo, como son los casos de Desirée x Kondor (36%), Fontenot x Kondor (9%), Fontenot x Desirée (28%) y Raja x Fontenot (9%), excepto Desirée x Fontenot, donde la coloración de toda la descendencia fue rojo (63%) y rosado (37%). Sin embargo, donde se cruzaron dos progenitores con tubérculos de color amarillo en la población, se encontraron tonalidades rojizas, como es Atlantic x Carlita con 4 % rojo y 44% rosado, indicando también la dominancia de la coloración rojiza sobre el amarillo.

Existen diversos criterios con respecto a la dominancia en el color de la piel de los tubérculos; las coloraciones rojizas dominan sobre las amarillas, lo que depende de la constitución genética de los progenitores. Algunos de los resultados alcanzados coinciden con otros (7), que mostraron altos porcentajes de tubérculos de coloraciones amarillas, al estudiar la estabilidad de las descendencias en variedades de tubérculos rojos.

Estos resultados también concuerdan en alguna medida con estudios realizados diversas combinaciones con progenitores de coloración rojiza y amarilla (10), encontrando un elevado porcentaje de tubérculos de piel amarilla dentro de sus poblaciones.

La forma del tubérculo (Tabla VIII) varió desde redonda, oval, alargada hasta oblonga, con predominio generalmente de los tubérculos redondos sobre los oblongos, alargados y ovals. La presencia de la forma redonda fue predominante en aquellos cruces donde uno de los progenitores presentaba esa forma; por ejemplo, Fontenot x Desirée, Atlantic x Carlita y Desirée x Fontenot.

Esta última combinación presentó aceptable uniformidad de forma; sin embargo, Century Russet x Desirée no tuvo similar comportamiento, a pesar de presentar uno de sus progenitores con forma redonda.

La forma alargada es dominante sobre la redonda y depende esencialmente de la presencia o no de un gen simple para el largo del tubérculo (16). Pero la mayoría coincide en que el carácter tiene una herencia simple y la forma del tubérculo es controlada por tres o cuatro genes; además, se señala que la forma redonda domina sobre la alargada. Algunos consideran que el carácter es gobernado por un gen mayor con efecto acumulativo y un número no conocido de genes menores (7).

En la profundidad de los ojos (Figura 1), se apreció que varió de superficial a media, con predominio de los superficiales, aunque se manifestaron en las progenies bajos porcentajes de ojos medios, así como muy bajos porcentajes de ojos profundos (Desirée x Century Russet y Desirée x Kondor). Existen diversos criterios sobre la herencia de este carácter; se ha planteado que los ojos superficiales son dominantes sobre los profundos (7), pero algunos dicen que el carácter profundidad de los ojos es recesivo y controlado por más de un factor. Otros plantean que son necesarios dos genes complementarios para ojos superficiales; sin embargo, se ha indicado que los profundos dominan sobre los superficiales (7). Lo cierto es que la herencia de este carácter no está definida (15).

Los resultados obtenidos coinciden con otros encontrados (17), que indican la importancia relativa de los parentales de que no se puede afirmar nada sobre un progenitor masculino o femenino al margen del cruzamiento específico en cuestión.

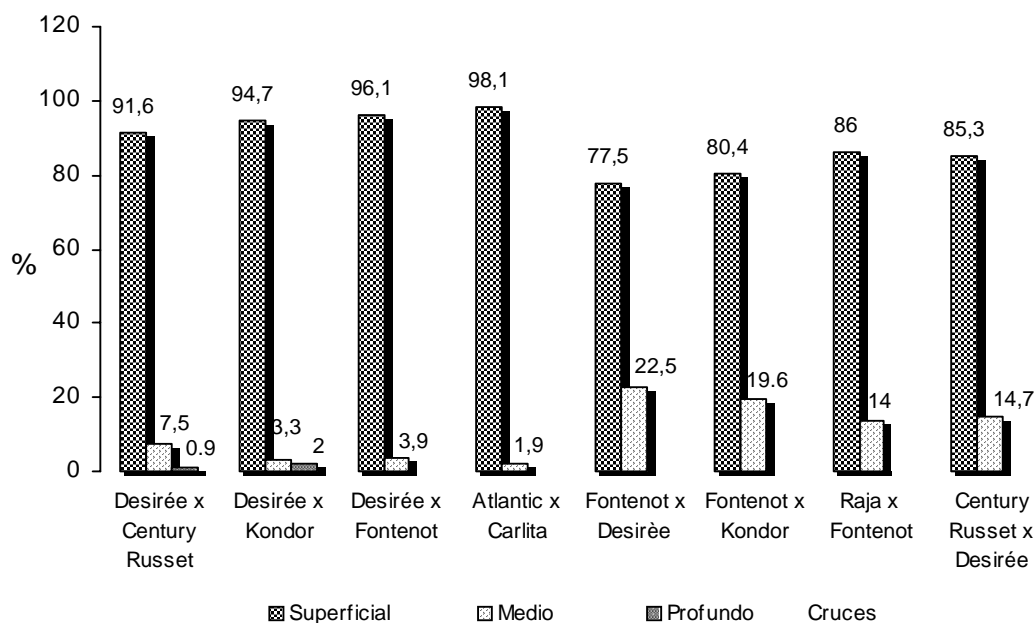


Figura 1. Representación grafica de la profundidad de los ojos en los tubérculos

## REFERENCIAS

- Almekinders, C. J. M. On flowering and true potato seed production (*Solanum tuberosum*, L.) [Tesis de grado]; Wageningen Agricultural University, 1995, 133 p.
- Kathana, U. S.; Upadhaya, M. D.; Chilver, A. y Crissman, C. Economic impact of true potato seed production in India. En: Case of studies of economic impact of CIP related technologies. Lima : International Potato Center, 1996. 10 p.
- Manrique International Agrotech (2000). Potentials and realities of true potato seed. TropAg Noytes, 2000, vol. 4, no. 1. Disponible en: <<http://www.lava.net/manrique>>.
- Struik, P. y Wiersema, S. G. Seed potato technology. Wageningen : Wageningen Pers, 1999. 383 p.
- Potato Products International Ltd (2001). Introduction to potato hybrids. [Consultado 12-2002]. Disponible en: <<http://www.bejoseeds.com/potato>>.
- González, M. E.; Estévez, A.; Castillo, J.; Salomón, J. L.; Moré, O. y Ortiz, Ú. Cruzamientos entre diferentes especies de papa y asociación entre caracteres relacionados con el fruto botánico. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 1, p. 31-35.
- Estévez, A.; González, M. E.; Nimubona, N. y Castillo, J. Obtención y evaluación de progenies de semilla sexual de papa. Parte 1. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 1, p. 60-64.
- CIP. Manual de producción de papa a partir de semilla sexual. Lima, 1997. 109 p.
- Cuba. Minagri. Guía técnica para el cultivo de la papa. La Habana : Ministerio de la Agricultura, 2000. 46 p.
- González, M. E.; Estévez, A.; Ortiz, E. y Castillo, J. Comportamiento de familias híbridas tetraploides de papa (*Solanum tuberosum*, L.). *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 3, p. 67-71.
- Pandey, S. K. y Gupta, P. K. Studies in character association for selection on TPS populations. *Journal Indian Pot. Assoc.*, 1996, vol. 23, no. 1, 2, p. 15-19.
- Castillo, J.; Estévez, A.; González, M. E.; Salomón, J. L.; Ortiz, E. y Ortiz, Ú. Comportamiento de cruces entre progenitores tetraploides de papa (*Solanum tuberosum*, L.) para su uso en un programa de semilla sexual en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 2, p. 71-75.
- Ortiz, R. y Golmirzaie, A. Genetic parameters for agronomic characteristics, I. Early and intermediate breeding populations of true potato seed. *Hereditas*, vol. 139, no. 3, p. 212.
- Cabello, R.; Chujoy, E. y Upadhya, M. Heterosis y endogamia en la producción de la semilla sexual de papa (TPS) y en el rendimiento del tubérculo. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 2004.
- Estrada, N. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Lima : CIP, 2000. 372 p.
- Ortiz, R. y Huaman, Z. Inheritance of morphological and tuber characteristics. En: *Potato Genetics*. Wallenford : CAB International, 1994. p. 263-283.
- Sarquiz, J. y López, F. Evaluación de características en planta, tubérculo y rendimiento para progenies de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en valle alto del centro de México. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 1999, vol. 11, no. 1, p. 26-39.

Recibido: 7 de noviembre de 2003

Aceptado: 16 de julio de 2004