

Clones obtenidos de cruces dialélicos y de polinización libre de papas nativas seleccionados por estabilidad fenotípica*

Gustavo Javier Torres**

RESUMEN

Una muestra seleccionada de 24 clones F₁ de cruces dialélicas y 33 clones F₁ de polinización libre fue evaluada por el grado de estabilidad fenotípica del rendimiento, y el número, tamaño y gravedad específica de tubérculos, en una serie de seis experimentos en diseño de bloques completos al azar conducidos en Huachac, El Mantara y Chucú durante las campañas agrícolas 1989-90 y 1990-91.

El análisis de estabilidad fenotípica, sobre un rango de seis ambientes, muestra que el clon de polinización libre P21-38-0 fue simultáneamente estable en rendimiento (1.258 Kg./planta), en tamaño promedio de tubérculo (76.4 gr/planta) y en gravedad específica (1.094). Cuatro clones de polinización libre fueron simultáneamente ESTABLES en dos caracteres: el P09-07-8 en rendimiento y tamaño, el P13-59-9 en rendimiento y número de tubérculos por planta, el P01-11-0 y P02-01-0, ambos en número y gravedad específica. Estos clones serán nominados como nuevos cultivares nativos para ponerlos a disposición de los agricultores.

Se encontró 11 clones dialélicos y 11 clones de polinización libre estables en un solo carácter. Se discuten algunas implicaciones de este estudio en el mejoramiento genético de las papas nativas tetraploides *andigena*.

Palabras claves adicionales: Cultivares tetraploides *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*; Parámetros de estabilidad fenotípica.

Aceptado para publicación: febrero 6, 1995

* Trabajo financiado (1989-91) por el Proyecto de T.T.A. de la Fundación para el Desarrollo del Agro (FUNDEAGRO), Av. Javier Prado Este 1894, San Borja, Lima - Perú.

** Ing. Agr. M. Sc., Profesor de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Calmell del Solar N° 956, San Carlos, Huancayo - Perú.

SUMMARY

Clones Obtained From Diallel Crosses And From Open-Pollinated Native Potatoes Selected For Phenotypic Stability

A selected sample of 24 F₁ diallel hybrid clones and 33 F₁ clones of open-pollination were evaluated for the degree of phenotypic stability, yield, number, size and specific gravity of tubers in a series of six experiments based on a randomized complete block design, carried out at Huachac, El Mantaro and Chuclú during the 1989-90 and 1990-91 growing seasons.

The phenotypic stability analysis over a range of six environments showed that the open-pollinated clone P21-38-0 was simultaneously stable in yield (1.258 Kg./plant), average size tuber (76.4 gr/plant) and specific gravity (1.094). Four open-pollinated clones were simultaneously stable in two characters: the P09-07-8 in yield and size; the P13-59-9 in yield and number of tubers per plant; the P01-11-0 and P02-01-0, both at number and specific gravity. These clones will be released as new native cultivars to be used by farmers.

Eleven diallel and 11 open-pollinated clones were found to be stable in a single character. Some implications of this study on native andigena tetraploid potato breeding is discussed.

Additional index words: tetraploid native *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*;
phenotypic stability parameters

El empleo de nuevas tecnologías para incrementar significativamente la producción y la productividad del cultivo de la papa de la región andina del Perú, implica desarrollar cultivares y técnicas de cultivo accesibles a las condiciones socioeconómicas de la gran mayoría de los pequeños agricultores.

Las crecientes migraciones a los centros urbanos a causa de la situación de aguda pobreza del agro, está produciendo una acelerada pérdida de cultivares nativos andinos que se caracterizan: por su gran tolerancia a los factores bióticos y abióticos adversos, por su alta estabilidad en la producción pese a las fuertes variaciones ambientales y al uso de tecnologías inadecuadas, y por su elevado valor nutritivo que alimenta a la población andina.

Para dar alguna solución al problema de la erosión genética, en 1977 se propuso generar cultivares nativos andinos con características superiores, adecuadas a las necesidades socio-económicas de los pequeños agricultores, y que les permita incrementar su producción.

Utilizando la colección de papas nativas de la especie *Solanum tuberosum ssp. andigena* del Banco de Germoplasma de Papa que mantiene la EEA El Mantaro de la Universidad Nacional del Centro del Perú, se produjeron durante las campañas agrícolas de 1977-78 a 1984-85, paralela y simultáneamente, dos poblaciones de clones híbridos F₁: 3,646 derivados de cruza dialélicas en diseño 3 entre 15 y entre 10 cultivares; y 4,124 derivados de polinización libre de 23 a 51 cultivares nativos *andigena*.

Ambas poblaciones de clones agrupadas en 8 subpoblaciones por el año de cruzamiento (1978 a 1985), fueron sometidas a la presión de selección natural durante tres a diez campañas agrícolas. Cada subpoblación formada por clones dialélicos y de polinización libre constituyó un experimento de evaluación preliminar que fue conducido con mediana fertilización y escasa aplicación de pesticidas.

Mediante estos experimentos, repetidos en un sólo lugar (EEA El Mantaro), se efectuó parte del proceso de eliminación de los clones segregantes indeseables con el objeto primario de identificar clones F₁, cuyo promedio sobre los años fuese alto y estable. Como resultado de la selección natural y del proceso de eliminación referido, en la campaña agrícola 1988-89 las poblaciones se redujeron a 1,030 clones dialélicos y 834 clones de polinización libre.

Para identificar los "mejores" clones por su estabilidad fenotípica en cuatro caracteres mediante la prueba en varios lugares, dichas poblaciones previamente fueron sometidas a un proceso de selección individual por seis caracteres: sobrevivencia de plantas, rendimiento, forma de tubérculo, profundidad de ojos, color de la carne y de la piel, seleccionándose 370 clones dialélicos y 274 clones de polinización libre. Luego se hizo una reelección por su rendimiento durante tres años, resultando seleccionados 77 dialélicos y 76 de polinización libre.

Con el fin de seleccionar nuevos cultivares de papas nativas *andigena* para ponerlos a disposición de los pequeños y medianos productores de la región andina del Perú, dichos clones fueron evaluados por el grado de estabilidad fenotípica en cuatro caracteres en una serie de tres experimentos en Huachac, El Mantaro y en Chuclú-Jauja durante la campaña agrícola 1989-90; encontrándose 7 y 41 clones fenotípicamente estables en dos y un caracteres, respectivamente.

Para verificar los resultados de los 48 clones, en la campaña agrícola 1990-91 se repitió la serie de experimentos en los mismos tres lugares, agregándose 9 clones de la serie anterior y 36 clones no probados de las poblaciones originales.

El presente artículo se refiere a los resultados obtenidos con los 57 clones (24 dialélicos y 33 de polinización libre) que fueron evaluados en seis condiciones ambientales diferentes mediante seis experimentos conducidos durante las campañas agrícolas de 1989-90 y 1990-91; con los objetivos siguientes:

- a) Evaluar el grado de estabilidad fenotípica del rendimiento, número, tamaño y gravedad específica de tubérculos de 24 clones F_1 dialélicos y 33 clones F_1 de polinización libre comparado con 7 clones mejorados, como controles.
- b) Seleccionar clones F_1 con rendimientos altos y estables a un amplio espectro de variaciones ambientales, en dos o más caracteres económicos, de buena forma de tubérculos, de buen color de carne y de buena calidad nutritiva, para nominarlos como nuevos cultivares nativos *andigena* y ponerlos a disposición de los agricultores para que sean cultivados individualmente o en mezclas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Series de Experimentos

Durante las campañas agrícolas 1989-90 y 1990-91 se condujeron en Huachac (3,353 m), EEA ELMantaro (3,316 m) y en Chuclú-Jauja (3,370 m), dos series de tres experimentos. Estos lugares representan el área geográfica del Valle Mantaro en una longitud de 50 km.

En la serie de tres experimentos de 1989-90 se probaron 77 clones híbridos F_1 dialélicos (D), 76 clones F, de polinización libre (P) y 7 cultivares control: Bolívar, Sucre, Grau, Bolognesi, Constitución, Huaycha y Ollanta, en la serie de tres experimentos de 1990-91 intervinieron 24 D y 33 P probados en 1989-90; 22 D y 14 P adicionales, y los 7 cultivares control indicados.

En efecto, se trató de seleccionar de entre los 24 D y 33 P, aquellos clones fenotípicamente más estables en dos o más caracteres, en respuesta a las seis condiciones ambientales diferentes a que fueron sometidos en las dos últimas campañas, después de un proceso continuado de selección natural y artificial durante 13 años, como se muestra en el esquema de la Figura 1.

CAMPAÑAS	ACTIVIDAD	CRUZAS DIALELICAS D3	POLINIZACION LIBRE
1977-78	Num de cultivares	15-10	23-51
	Apareamientos		
	Selección natural		
	Exptos preliminares		
1984-85	Clones F1 producidos:	3,646	4,124
1988-89	Preseleccionados:	1,030	834
	Selección individual por 6 caracteres	370	274
	Reselec por Rdto.	77	76
1989-90	1ra Serie de 3 Eptos		
	Seleccionados:		
	Estable en 2 caracter	0	7
	Estable en 1 caracter	19	22
	Medio Estables	5	4
1990-91	2da Serie de 3 Exptos	24	33
	Seleccionados		
	Estable en 2 caracter	0	1
	Estable en 1 caracter	7	9
	Selecc por estabilidad en 2 campañas:		
	Estable en 3 y 2 caract	0	5
	Estable en 1 caracter	11	11
	Total selec por estabilidad fenotípica	11	16

Fig. 1 *Secuencia seguida en el desarrollo de clones F₁ a partir de Cruzas Dialélicas en diseño 3 y de Polinización Libre.*

Cada uno de los experimentos de las series se basó en un diseño de bloques completos al azar con dos bloques subdivididos en 5 sub-bloques. Parcelas de un surco de 2 m de largo. Se sembraron cinco tubérculos por parcela a la densidad de 0.4 m entre plantas y 1 m entre surcos. La fórmula de abonamiento NPK utilizada fue de 160-140-120. El control de plagas y enfermedades se redujo al mínimo.

En la campaña agrícola de 1989-90 los tres experimentos soportaron los efectos de la sequía, heladas y granizadas que dañaron en diversos grados a los clones, mostrándose muchos de ellos como muy tolerantes. Y en la campaña agrícola de 1990-91, los tres experimentos soportaron los efectos del exceso de lluvias ocurridas al inicio y al final del desarrollo vegetativo, causando la pudrición de tubérculos en cierto número de clones.

Caracteres analizados

- a) Rendimiento por planta en kg.
- b) Número de tubérculos por planta.
- c) Peso promedio de tubérculo por planta en g como medida del tamaño.
- d) Gravedad específica de tubérculos, calculado por el cociente:
$$G.e. = \frac{\text{Peso en aire} - C}{\text{Peso en aire} - C - \text{Peso en agua}}$$
 Donde, C es el peso de la canastilla en el aire y sumergida; su peso fue nivelado a cero.

La gravedad específica se determinó tomando una muestra de 400 a 900 g de tubérculos de cada parcela después de una semana de cosechados.

Análisis de Estabilidad Fenotípica:

Previamente al análisis de estabilidad fenotípica, los datos de la serie de seis experimentos correspondientes a los 4 caracteres de los 57 clones probados y de los 7 controles fueron sometidos a un análisis combinado de la varianza mediante el modelo matemático clásico.

El análisis de estabilidad fenotípica de los 4 caracteres de los 64 clones se hizo utilizando el modelo de estabilidad (1).

La determinación del grado de estabilidad fenotípica de un carácter de los clones se hizo mediante el diagrama de dispersión de los puntos determinados por la intersección de la media genotípica y el coeficiente de regresión de cada clon (6).

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra que en los cuatro caracteres, existen diferencias altamente significativas entre los efectos medios de los clones y entre las respuestas de los clones al efecto de las variaciones ambientales que ocurrieron en los tres lugares en las dos campañas agrícolas. Este último efecto está expresado por la alta significación de la interacción clones x ambientes.

Tabla 1. Análisis combinado de la varianza de 4 caracteres de 64 clones probados en 6 ambientes.

FV	GL	Cuadrados Medios			
		Rdto kg/plt	Número Tub/plt	Tamaño g/plt	Gravedad específica
Ambientes	5	8.779	789.79	17050.9	0.01285
Rep/Ambientes	6	0.328	188.90	1009.8	0.00005
Clones	63	0.418 **	401.51 **	5479.2 **	0.00075 **
CLxAmb.	315	0.185 **	61.96 **	758.4**	0.00016 **
Error Comb.	378	0.093	41.94	444.0	0.00007
Total	767				
Media General		0.834	16.6	57.2	1.087
CV%	1	36.5	39.0	36.8	0.8

** Significativo al nivel del 1%.

Los índices ambientales son como una medida de la productividad de cada uno de los caracteres bajo las condiciones en que se desarrollaron los clones en las dos campañas agrícolas.

Tabla 2. Índices ambientales estimados de los 6 ambientes correspondientes a los 4 caracteres.

	Índices Ambientales			
	Rdto kg/plt	Número Tub/plt	Tamaño g/plt	Gravedad específica
Ambientes				
Huachac 89-90	0.213	0.414	14.560	-0.0034
Mantaro 89-90	0.425	3.703	10.771	0.0043
Chuclú 89-90	-0.248	1.830	-17.406	0.0057
Huachac 90-91	-0.132	-1.576	-5.009	-0.0085
Mantaro 90-91	-0.082	-1.203	0.233	-0.0126
Chuclú 90-91	-0.176	-3.169	-3.149	0.0144

La Tabla 3 muestra que entre las medias genotípicas de los clones existen diferencias altamente significativas para los cuatro caracteres; y que entre los clones existen diferencias genéticas altamente significativas por su regresión sobre los índices ambientales en el rendimiento, tamaño y gravedad específica de tubérculos. No existen diferencias genéticas (CL x Amb Lin) significativas en el número de tubérculos por planta.

Tabla 3. Análisis de la varianza de la estabilidad fenotípica de 4 caracteres de 64 clones sobre 6 ambientes.

FV	GL	Cuadrados Medios			
		Rdto kg/plt	Número Tub/plt	Tamaño g/plt	Gravedad específica
Clones	63	0.209**	200.76**	2739.6**	0.00037***
Amb Lineal	1	21.950	1997.00	42627.4	0.03217
Cl x Amb Lin.	63	0.140**	36.18	629.9**	0.00013**
Desv Comb.	256	0.079	29.22	311.5	0.00007
Total	383				
CV%		33.7	32.6	30.9	0.8

** Significativo al nivel del 1 %.

Tabla 4. Parámetros de estabilidad estimados de 5 clones que resultaron fenotípicamente ESTABLES y MUY ESTABLES en 3 y 2 caracteres simultáneamente.

Clon	Carácter	Ecuación de Regr.	Regr.	Desv Regr
P21-38-0	Rdto	$Y = 1.258 + 0.749 I$	0.0851	0.0384
	Tamaño	$Y = 76.4 + 0.313 I$	545.46	323.45
	Grav esp	$Y = 1.094 + 1.102 I$	0.00009	0.00005
P09-07-8	Rdto	$Y = 1.238 + 1.374 I$	0.1970	0.1504
	Tamaño	$Y = 76.4 + 0.216 I$	447.00	224.99
P13-59-9	Rdto	$Y = 1.089 + 1.339 I$	0.0697	0.0230
	Número	$Y = 30.7 + 0.422 I$	125.45	104.48
P01-11-0	Número	$Y = 21.8 + 1.292 I$	13.111	-7.861
	Grav esp	$Y = 1.102 - 0.112 I$	0.00008	0.00005
P02-01-0	Número	$Y = 23.2 + 2.141 I$	15.021	-5.951
		$Y = 1.102 - 0.456 I$	0.00009	0.00006

Tabla 5. Estimadores de la media genotípica, del coeficiente de regresión y de los límites de confianza del 95 % basado en la distribución de t (=1.98 a 0.05 con 63 g.L), utilizados para la determinación de los grados de estabilidad fenotípica de 4 caracteres de 64 clones.

Estimadores	Rdto kg/plt	Número Tub/plt	Tamaño g/plt	Gravedad específica
<u>Media Genotípica</u>				
Media general	0.834	16.6	57.2	1.087
Error estándar	0.126	2.417	7.894	0.004
L inferior del IC	0.585	11.8	41.6	1.079
L superior del IC	1.084	21.4	72.8	1.094
<u>Coef de Regresión</u>				
Media general	1.0	1.0	1.0	1.0
Error estándar	0.481	0.968	0.684	0.364
L inferior del IC	0.047	-0.916	-0.354	0.280
L superior del IC	1.953	2.916	2.354	1.720

L del IC = Límite del intervalo de confianza de 95%

Tabla 6. Número de clones F_1 dialélicos (D) y de polinización libre (P) por el grado de estabilidad fenotípica dentro de cada carácter, en respuesta al rango de variaciones de 6 ambientes, del total de 57 clones.

Grados de Estabilidad Fenotípica	Rdto		Número		Tamaño		Grav esp.	
	D	P	D	P	D	P	D	P
MUY ESTABLE	0	0	1	0	0	0	0	2
ESTABLE	1	3	1	5	4	8	4	4
INESTABLE	0	1	1	2	1	0	0	0
MEDIO MUY ESTABLE	1	1	0	0	1	0	1	2
MEDIO ESTABLE	18	22	13	18	11	13	12	17
MEDIO MUY INESTABLE	2	0	2	1	1	2	3	
INDESEABLE	4	4	8	6	6	11	5	5

La Tabla 7 muestra que de los 57 clones F_1 sólo un clon presenta 3 caracteres simultáneamente estables y cuatro clones presentan 2 caracteres simultáneamente estables, siendo los cinco derivados de polinización libre.

Los clones restantes, correspondientes a 11 dialélicos y 11 de polinización libre, presentan sólo un carácter estable. Se muestra también el grado de estabilidad de los otros caracteres de cada uno de los clones; observándose que los clones tienen diferentes grados de estabilidad en sus diversos caracteres.

Tabla 7. Clones F_1 con 3,2 y 1 caracteres fenotípicamente ESTABLES (E) y MUY ESTABLES (ME) simultáneamente y grados de estabilidad de los otros caracteres.

Clones F_1	Rdto kg/plt	Número tub/plt	Tamaño g/plt	Gravedad específica
P21-38-0	1.258 E	17.5mE	76.4E	1.094E
P09-07-8	1.238E	17.5mE	76.4E	1.082mE
P13-59-9	1.089E	30.7E	38.1ID	1.079ID
P01-11-0	0.687mE	21.8E	31.0ID	1.102ME
P02-01-0	0.795mE	23.2E	33.2ID	1.102ME
D10-03-8	0.800mE	10.0ID	86.0E	1.079ID
D16-12-8	1.176E	17.3mE	70.1mE	1.080mMI
D28-02-9	0.782mE.	18.2mE	42.6mE	1.098E
P04-50-9	1.013mE	12.9mE	81.7E	1.090mE
P31-50-9	0.585ID	17.7mE	36.6ID	1.095E
D24-11-0	0.851mE	180mE	49.9mE	1.094E
P02-02-0	0.723mE	17.5mE	44.7mE	1.098E
P12-05-0	1.026mMI	12.2mE	76.8E	1.079ID
P13-28-0	1.050mE	21.8E	50.2mE	1.092mE
D09-05-2	0.959mE	23.21	48.4mE	1.094E
P06-03-2	0.762mE	10.1ID	76.1E	1.089mE
P22-03-2	0.793mE	9.1ID	106.8E	1.082mME
D13-42-3	0.815mE	10.5ID	79.7E	1.092mE
D18-21-3	0.972mE	12.0mE	82.2E	1.072ID
D41-91-3	0.819mE	14.1mE	60.2mE	1.096E
P12-16-3	0.981mE	11.2ID	87.3E	1.085mE
P13-03-3	0.949mE	29.8E	31.5ID	1.079ID
P25-19-3	0.622mE	12.5mE	49.2mE	1.104E
P36-07-3	0.748mE	9.1ID	79.1E	1.073ID
D13-11-5	0.719mE	26.6E	26.6ID	1.083mE
D13-13-5	0.712mME	21.7ME	33.4ID	1.071ID
D19-06-5	0.743mE	8.8ID	92.5 E	1.085mE

mME = MEDIO MUY ESTABLE; mE=MEDIO ESTABLE; I = INESTABLE;
mMI = MEDIO MUY INESTABLE; ID = INDESEABLE

DISCUSIÓN

Los valores de los índices ambientales (Tabla 2), expresan que el rango de variaciones de los factores ambientales de las dos campañas agrícolas en los tres lugares, produjeron una interacción genotipo-ambiente altamente significativa (Tablas 1 y 3), que influyó en la productividad de los cuatro caracteres de los clones.

La alta significación de la interacción clones x ambiente lineal indica que entre los clones existen diferencias genéticas altamente significativas por su respuesta al efecto de las variaciones ambientales, expresado por los índices ambientales (Tablas 3).

Una variedad con una media alta, un coeficiente de regresión igual a la unidad y una varianza de las desviaciones desde la regresión no significativamente diferente de cero, ha sido definida como una variedad (genotipo) estable, por (1).

Pero desde el punto de vista de la producción agrícola bajo las condiciones ambientales de la región de los Andes, dicha definición no es satisfactoria, puesto que se requiere de cultivares que presenten valores genotípicos de dos o más caracteres, significativamente superiores al promedio de un conjunto de cultivares sobre un rango de ambientes, y que respondan paralelamente a los efectos ambientales. Esto significa que se debe seleccionar clones con un coeficiente de regresión tendiente a cero, una varianza de las desviaciones desde la regresión significativamente igual a cero y un valor genotípico del carácter significativamente superior a la media genotípica general sobre una serie de ambientes.

En efecto, basado en estos criterios se efectuó el proceso de selección (Tabla 5), en la que, la determinación del grado de estabilidad fenotípica de un carácter se hizo mediante la dispersión de los puntos determinados por la intersección de la media genotípica y el coeficiente de regresión del clon en un espacio bidimensional, subdividido en 9 cuadrantes por líneas a partir de los límites del intervalo de confianza de 95 % de las respectivas medias generales, en donde se han definido siete grados de estabilidad fenotípica (6 y 7).

Esta técnica estadística se basa en (1), quienes señalan que en la selección de híbridos estables, es útil usar un gráfico de puntos determinados por la relación entre el rendimiento promedio y el coeficiente de regresión de los híbridos; subdividiendo el espacio muestral por líneas verticales y horizontales a una desviación estándar respectivamente, de la media general y de la media de la pendiente.

El clon P21 -38-0 con 3 caracteres simultáneamente ESTABLES (Tabla 4), presenta un coeficiente de regresión y la varianza de las desviaciones de regresión estadísticamente iguales a cero. Igualmente los 4 clones con 2 caracteres simultáneamente ESTABLES, presentan ambos parámetros estadísticamente iguales a cero o sólo uno de ellos. En ningún caso ambos son estadísticamente mayores que cero.

La distribución de frecuencia del número de clones F_1 dialélicos (D) y de polinización libre (P) (Tabla 6), muestra que en el conjunto de 57 clones, ocurrieron en diferentes proporciones los 7 grados de estabilidad fenotípica:

Clones MUY ESTABLES escasos en número y gravedad específica, y no existen en rendimiento y tamaño de tubérculos.

Clones ESTABLES se encontraron pocos en los 4 caracteres, con mayor frecuencia en los clones P.

Clones INESTABLES muy escasos en los 3 caracteres, y en gravedad específica no se encontró ninguno.

Clones MEDIO MUY ESTABLES muy escasos en los 3 caracteres, y en número no se encontró ninguno.

Clones MEDIO ESTABLES notablemente frecuentes en los 4 caracteres y con predominancia de los clones P.

Clones MEDIO MUY INESTABLES escasos en los 4 caracteres.

Clones INDESEABLES relativamente frecuentes en los 4 caracteres tanto en los clones D y P.

La selección simultánea por los 4 caracteres mediante la determinación del grado de estabilidad fenotípica de cada carácter en forma independiente, condujo a la identificación de tres grupos de clones F_1 con 3,2 y 1 caracteres fenotípicamente estables (Tabla 7).

El clon P21 -38-0, ESTABLE simultáneamente en rendimiento, tamaño y gravedad específica, y MEDIO ESTABLE en número de tubérculos, es el mejor. Con tales características de estabilidad o adaptabilidad a las variaciones ambientales que incluyen los estreses bióticos y abióticos, constituye un clon de alto valor económico y de gran comportamiento bajo las condiciones ambientales de la región de los Andes. Por lo tanto será lanzado como un nuevo cultivar nativo tetraploide *andigena* para su utilización por los agricultores de subsistencia y empresariales.

Del grupo de cuatro clones estables en 2 caracteres, el clon P09-07-8, ESTABLE en rendimiento y tamaño de tubérculos, y MEDIO ESTABLE en número de tubérculo y gravedad específica, es el mejor. Los tres restantes, aunque INDESEABLES en tamaño de tubérculos, pueden constituir nuevos

cultivares, especialmente los clones P01-11-0 y P02-01-0, ESTABLES en número y gravedad específica, y MEDIO ESTABLE en rendimiento. En cambio, el P13-59-9, aunque ESTABLE en rendimiento y número, tiene el inconveniente de ser INESTABLE en tamaño y gravedad específica.

Del grupo de 22 clones F_1 dialélicos y de polinización libre, estables en un sólo carácter, siete de ellos podrían constituirse en nuevos cultivares puesto que son MEDIO ESTABLES en los tres caracteres restantes.

En relación al origen de los clones F_1 se observa que los clones con mayor número de caracteres estables se derivan de polinización libre: cinco clones con 3 y 2 caracteres estables y once con un sólo carácter estable (Tabla 7).

Se concluye que de una población de 3,646 clones F_1 dialélicos y 4,124 clones F_1 de polinización libre (Figura 1), sometida a un intenso proceso de selección natural y artificial en experimentos preliminares; a la selección individual por seis caracteres con reselección por rendimiento; y a la selección por estabilidad fenotípica de cuatro caracteres en seis ambientes; finalmente se seleccionaron 11 clones dialélicos y 16 clones de polinización libre.

De estos resultados se infiere que en el desarrollo de nuevos cultivares nativos tetraploides *andigena*, el método de apareamiento por polinización libre, genéticamente es tan eficaz o probablemente mejor que el método de apareamiento por cruza dialélicas.

Dicha inferencia apoya la hipótesis de que, debido al alto grado de heterozigosis de los cultivares nativos tetraploides *andigena*, las progenies de polinización libre son muy variables; y que mediante el proceso de selección natural y artificial a que fueron sometidos, se eliminaron muchos genotipos endogámicos con caracteres indeseables, quedando los de mayor vigor y mejores características, que superaron a los mejores genotipos de las progenies híbridas F_1 de cruza dialélicas paralelamente desarrolladas.

La alta variabilidad de las progenies de polinización libre también se habría incrementado por el mayor número de progenitores que intervinieron (23 a 51), a diferencia que en las cruza dialélicas solamente intervinieron de 10 a 15 progenitores.

Finalmente, puede concluirse que el método de polinización libre en el desarrollo de cultivares nativos tetraploides *andigena* es eficiente, y es más simple y económico que los métodos dialélicos completos.

CONCLUSIONES

En la determinación de la estabilidad fenotípica de cuatro caracteres de 57 clones F₁ bajo seis ambientes se encontró que:

1. El clon P21-38-0 de polinización libre es ESTABLE en 3 caracteres simultáneamente: rendimiento, tamaño de tubérculos y gravedad específica.
2. Los clones P09-07-8, P13-59-9, P11-01-0 y P02-01-0 son ESTABLES en 2 caracteres simultáneamente: en rendimiento y tamaño, en rendimiento y número, y los dos últimos, ambos en número y gravedad específica.
3. Once clones F₁ dialélicos y 11 clones F₁ de polinización libre son ESTABLES en un solo carácter.
4. Los clones P21-38-0, P09-07-8, P01-11-0 y P02-01-0 serán nominados como nuevos cultivares nativos tetraploides *andigena*, para su utilización por los agricultores.
5. En el desarrollo de nuevos cultivares nativos tetraploides *andigena*, el método de polinización libre es genéticamente eficaz, más simple y económico que los métodos dialélicos completos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eberhart, S.A.; Russell, W.L. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
2. Finlay, K.W.; Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian J. Agr. Res.* 14:742-754.
3. Freeman, G.H. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity* 31:339-354.
4. Golmirzaie, A.M. 1988. Comparison of hybrids with different open-pollinated (OP) generations of true potato seeds (TPS) from agronomic characters. *Amer. Potato J.* 65(8):480.
5. Hill, J. 1975. Genotype-environment interactions - a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci., Camb.* 85:477-493.
6. Javier, T.G. 1990. Selección de clones F₁ de cruas dialélicas y de polinización libre en papas nativas. Artículo Inédito. Proyect de T.T.A. FUNDEAGRO e INVESTIGADOR. Huancayo, Perú. 23 p.

7. Javier, T.G. 1991. Selección de clones F₁ de cruzas dialélicas y de polinización libre en papas nativas. Informe Final. Convenio FUNDEAGRO e INVESTIGADOR. Huancayo, Perú. 26 p.
8. Mendoza, H.A.; Marca, J.L. 1986. Performance of selfed, open-pollinated, and hybrid progenies in a *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* population. Amer. Potato J. 63(8):444.
9. Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11:184-190.
10. Tai, G.C.C.; Young, D.A. 1980. A biometric model for predicting the performance of potato clones in different environments. Report of the Planning Conference CIP. Lima, Perú. pp. 184-203.