

# EVALUACION DEL VALOR PARENTAL DE CLONES DE PAPA POR SU RESISTENCIA AL TIZON TARDIO

## EVALUATION OF PARENTAL VALUE OF POTATO CLONES FOR LATE BLIGHT RESISTANCE

Mario López Rodríguez<sup>1</sup>, Jaime Sahagún Castellanos<sup>2</sup> y  
Francisco X. Flores Gutierrez<sup>3</sup>

### RESUMEN

El tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary) es una de las enfermedades más importantes que limitan la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.). En este contexto, una de las decisiones más importantes para el desarrollo de cultivares resistentes es la referente a la fuente del material del que se va a partir en un programa de mejoramiento. Para evaluar el valor parental de clones de papa, en 1988 se realizó una evaluación de 59 familias formadas por la polinización abierta de 59 clones utilizando tres métodos. De cada uno de 20 de estos clones (10 resistentes y 10 susceptibles) se formaron tres familias: por polinización libre (PL), por polinización con mezcla del polen de los 20 clones (MP) y por autofecundación (A). Estas 60 familias se evaluaron en un experimento de campo en 1989. Los resultados de este estudio indican que: (1) El método A no es adecuado para evaluar el valor parental debido a los efectos enmascarantes de la depresión endogámica. (2) El método MP fue el único que de cada clon resistente siempre produjo una familia resistente también. Con base en este criterio, fue el mejor para determinar el valor parental de los clones, y (3) la resistencia al tizón tardío se comportó como un carácter cuantitativo que interactuó significativamente con el ambiente.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Aptitud combinatoria, depresión endogámica, poliploides, interacción genético-ambiental, heredabilidad.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Edo. de Méx.

<sup>2</sup> Depto. de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México.

<sup>3</sup> Programa Nacional de Papa del INIFAP, Toluca, Edo. de México.

### SUMMARY

One of the most important diseases that limit potato (*Solanum tuberosum* L.) production is late blight caused by *Phytophthora infestans*. One of the main decisions to develop resistant cultivars is about which parental materials to use. To study three methods to evaluate the parental value of potato clones in 1988 an evaluation of 59 families formed by open pollination of 59 clones was made using three methods, from each of 20 (10 resistant and 10 susceptible) of these clones three families were formed, by open pollination (OP), by pollination with a mixture of pollen from the 20 clones (MP), and by selfing (A). The 60 families were evaluated in a field experiment in 1989. Main results of this study indicate: (1) method A is not appropriate to assess the parental value due to the masking effects of the resulting inbreeding depression; (2) MP was the only one that yielded all families from the 10 resistant clones that were resistant too, and (3) a significant genotype by environment interaction.

### ADDITIONAL INDEX WORDS

Combining ability, inbreeding depression, polyploids, genotype x environment interaction, heritability.

### INTRODUCCION

México cuenta con tres características esenciales para obtener variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) resistentes al tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary). Estas son: la existencia de especies silvestres del género *Solanum* que han coevolucionado con el hongo y que representan fuentes de genes de resistencia; el patógeno, que existe en la parte central del país y se recombina continuamente por la presencia de

sus dos grupos de compatibilidad y, finalmente, el ambiente apropiado para que el material genético muestre su potencial de resistencia y el hongo su virulencia.

Lo arriba señalado ha permitido desarrollar variedades con diferentes grados de resistencia, al patógeno. En todos los casos de variedades desarrolladas en el país, la evaluación y la selección del material genético con tolerancia al ataque del hongo se han efectuado en el Valle de Toluca. El mejoramiento genético de la papa, sin embargo, requiere de herramientas adicionales si ha de ser eficiente. En particular, por razones obvias, resulta de gran importancia el conocimiento de la capacidad de materiales con potencial parental para transmitir sus características de resistencia al tizón tardío a su progenie. Pocos son los trabajos sistemáticos que se han desarrollado sobre este tópico, no obstante su enorme trascendencia.

El objetivo central de este trabajo consiste en el estudio de tres métodos para generar progenies (autofecundación, polinización libre y polinización con mezcla de polen) con el fin de estimar el valor parental de los progenitores, clones de papa, en términos de resistencia al tizón tardío.

## REVISION DE LITERATURA

El valor parental de los materiales es un concepto estrechamente ligado con el de aptitud combinatoria. Existen diferentes métodos para estimar la aptitud combinatoria general (ACG) (Griffing, 1956; Sprague y Tatum, 1942), pero la información que existe al respecto se ha generado en especies diploides. Sin embargo, las metodologías empleadas en diploides se pueden utilizar en especies tetraploides (Wissar *et al.*, 1987).

Tai y Hodgson (1975), al igual que Malcomson y Killick (1980), encontraron que la ACG para resistencia a tizón tardío

es muy importante en el mejoramiento genético de la papa. Mendoza (1988) indica que el análisis de la cruce clon x probador es un método comúnmente utilizado para la evaluación del valor parental en papa. Este investigador lo ha utilizado para determinar la ACG de progenitores resistentes a tizón tardío, tizón temprano (*Alternaria solani*), rendimiento y precocidad. De igual forma, el CIP (1988) ha seleccionado progenitores resistentes al tizón temprano, con buen éxito, por medio del método de clon x probador.

Eslava y Schmiediche (1987) mencionan que por medio del estudio de las progenies provenientes de la cruce clon x mezcla de polen se logra una selección eficiente de clones para resistencia a la marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*).

Wissar *et al.* (1987) señalan que por medio del estudio de las progenies que se obtienen por autofecundación y polinización libre de los clones de papa, éstos pueden ser adecuadamente evaluados en cuanto a su valor parental. Por su parte, el CIP (1987) realizó experimentos durante tres años, sobre la comparación de métodos de selección de progenitores por su ACG para rendimiento, encontrando que las progenies de polinización libre de los progenitores es un método eficiente para seleccionar clones, siendo más simple y más económico que los métodos tradicionales como la polinización masal, la cruce clon x probador y los dialelos completos o parciales.

En relación con otros parámetros genéticos relacionados, Landeo y Calúa (1986), usando un diseño clon x probador en una población de plántulas de papa evaluadas en condiciones de campo, estimaron la heredabilidad en sentido estricto para resistencia a tizón tardío obteniendo un valor de 0.65. Por su parte, Wissar *et al.* (1987), al evaluar la progenie de 51 clones en dos localidades de Venezuela, estimaron una heredabilidad

de 0.47 en sentido amplio para resistencia a tizón tardío.

## MATERIALES Y METODOS

Durante los años de 1988 y 1989 se llevaron a cabo sendos experimentos con la finalidad de estudiar la eficiencia del uso de progenies generadas por autofecundación, polinización libre y por el uso de la mezcla de polen de los materiales en estudio, en términos de la estimación de los valores parentales de los clones para resistencia al tizón tardío.

En el primer experimento (experimento 1) se evaluaron las familias, obtenidas por polinización libre, de 59 clones de papa de origen mexicano del Banco de Germoplasma del Programa de Papa del INIFAP. El experimento se realizó en la Ex-hacienda de San Antonio Atizapán, México (estación experimental Toluca del CIMMYT) con la finalidad de caracterizar a estos materiales por su resistencia al tizón tardío.

La siembra de la semilla botánica de los 59 clones de papa se realizó el 3 de junio de 1988. Esta se hizo en almácigos utilizando cajas germinadoras de 80 x 50 cm. Cada caja se dividió en cuatro secciones de 20 x 50 cm sembrando en cada sección 65 semillas de una familia. A la semana de haber emergido se hizo un aclareo para dejar 50 plántulas en cada sección. Para el almácigo se empleó suelo orgánico y arena previamente esterilizados. Las cajas germinadoras se acomodaron en el invernadero en cuatro grupos, cada grupo contenía las 59 familias de los clones estudiados.

Una vez que se presentaron las condiciones adecuadas del medio ambiente para el desarrollo de tizón tardío, el material se sacó al campo colocando las cajas en la misma forma que se encontraban en el invernadero. A los 25 días de exposición del material al ambiente del exterior se

realizó la evaluación del porcentaje de daño del tizón tardío en la plántula. Esta se realizó en forma individual para cada plántula utilizando el método de Henfling (1987). El análisis de varianza se realizó de acuerdo con un modelo de dos criterios de clasificación (familias y grupos). Previo al análisis, los datos se transformaron según la expresión: arco seno (Porcentaje)<sup>0.5</sup>. Esto con el fin de satisfacer el supuesto de distribución normal en que se basa el análisis de varianza.

Para determinar si un clon se debería clasificar como resistente o susceptible se utilizó el criterio establecido por Villarreal (1984). De acuerdo con este criterio, un clon para ser considerado como resistente debe tener un daño en el follaje, causado por tizón tardío, menor al 25%.

El segundo experimento (experimento 2) se realizó en el campo experimental Toluca del INIFAP durante el ciclo primavera-verano de 1989. Se estudiaron tres métodos: polinización libre (PL), autofecundación (A) y la cruz clon x mezcla de polen (MP), para generar progenies con el fin de estimar el valor parental de los clones.

Los clones considerados en el experimento 2 fueron 20 de los que se estudiaron en el experimento 1, 10 resistentes y 10 susceptibles. Cada clon se polinizó con una mezcla del polen de los 20 en consideración. La técnica de cruzamiento fue la siguiente: de cada clon en campo se seleccionaron plantas que presentaron buena floración. De éstas se seleccionaron ramas de 4-5 botones florales próximos a abrirse; las ramas se colocaron dentro de una cubeta con agua y se transportaron al invernadero y ahí se hizo un corte en bisel en el tallo de cada rama para romper la capilaridad del agua, dejándole 3-4 hojas para que pudieran efectuar la fotosíntesis, haciéndose una aplicación de una mezcla de fungicida (Manzate 200) e insecticida (Tamaron). Posteriormente, de

cada clon se colocaron tres ramas en un frasco con agua, fungicida (1 g de manzate 200) y un bactericida (1 g de agrimicin 500). Después se colectaron flores perfectamente abiertas, se les eliminó el estigma y por medio de un suave golpeteo se extrajo el polen. El polen de los 20 clones se mezcló perfectamente para realizar la polinización. Por su parte, la autofecundación se realizó en condiciones de invernadero; las flores de las ramas que se seleccionaron se cubrieron con bolsas de papel para que no hubiera cruzamiento con otros clones. Finalmente, en el Banco de Germoplasma del Programa de Papa del INIFAP (el cual consta de 800 clones en el campo) se marcaron los 20 clones en cuestión para obtener posteriormente la semilla, generada por polinización libre.

Las 60 familias generadas constituyeron los tratamientos del experimento 2. La siembra de la semilla botánica de las 60 familias se realizó en almácigos bajo condiciones de invernadero, el 12 de mayo de 1989, utilizándose suelo orgánico y arena previamente esterilizados con bromuro de metilo. A los 15 días de la emergencia se realizó el trasplante de cada plántula a un vaso de papel encerado. El trasplante a campo se hizo a los 15 días del trasplante a los vasos.

En campo, el diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de parcela fue de cuatro surcos de 5 m con 92 cm de separación y plantas separadas a 30 cm.

Para la evaluación se tomaron ocho lecturas (una cada semana) del porcentaje de daño al follaje causado por el tizón tardío; la primera lectura fue el 6 de julio y la última el 24 de agosto. Las lecturas se hicieron de acuerdo con la escala propuesta por Henfling (1987). Los datos se transformaron según la expresión utilizada en el experimento 1. Con estos datos se corrió un

análisis de varianza, descomponiendo la suma de cuadrados debida a tratamientos en cuatro partes independientes; una para dar cuenta de la variación entre las familias dentro de cada tipo de progenie (polinización libre, autofecundación y clon por mezcla de polen) y la debida a la variación entre los tres tipos de progenie.

Para estudiar los métodos, dentro de cada tipo de familia se calculó la amplitud (rango) de las medias de las 10 progenies y se determinó el número de clones de los 10 previamente identificados como resistentes que dieron lugar a familias resistentes también. El criterio que se utilizó para determinar qué clones seleccionar fue el propuesto por Villarreal (1984).

Los estimadores de componentes de varianza debidos al error ( $\sigma^2_E$ ), a variación entre familias obtenidas por autofecundación ( $\sigma^2_{GA}$ ), a variación entre familias obtenidas por polinización libre ( $\sigma^2_{GPL}$ ), y por mezcla de polen ( $\sigma^2_{GMP}$ ) fueron: ( $\sigma^2_E$ ) = CME, ( $\sigma^2_{GA}$ ) = (CMA-CME)/r, ( $\sigma^2_{GPL}$ ) = (CMPL-CME)/r y ( $\sigma^2_{GMP}$ ) = (CMMP-CME)/r. CME, CMA, CMPL y CMMP son el cuadrado medio del error, el debido a las familias obtenidas por autofecundación, por polinización libre y por polinización con mezcla de polen, respectivamente, r es el número de repeticiones. Con esta información se calculó la heredabilidad en sentido amplio para cada tipo de familia. El cálculo se hizo como un cociente cuyo numerador fue la estimación de la varianza genética y el denominador fue la estimación de la varianza fenotípica del tipo de familia correspondiente. Por ejemplo, para las familias obtenidas por autofecundación, la heredabilidad se calculó con la fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_{GA}}{\sigma^2_{GA} + \sigma^2_{E/r}}$$

Con la información de las 20 familias obtenidas por polinización libre en ambos experimentos se realizó un análisis de varianza combinado con el fin fundamental de estudiar la interacción entre genotipos y ambientes. Finalmente, con los datos de los 20 clones se calculó la correlación entre cada dos de los tres tipos de familias.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza correspondiente a la evaluación de los 59 clones en el experimento 1 arrojó un coeficiente de variación de 18.9% el cual resulta ser aceptable en relación a lo que es típico en este tipo de experimento (Wissar *et al.*, 1987). El cuadrado medio debido a las familias resultó ser altamente significativo, indicando ésto la existencia de variabilidad genética para la resistencia al tizón tardío. Las medias de las familias obtenidas por PL, evaluadas en ambos experimentos se presentan en el Cuadro 1.

La familia del clon 77-18-36 fue la que presentó la media de daño más alta a pesar de que este clon se había caracterizado por su resistencia a la enfermedad. Así pues, existen clones que no transmiten sus características de resistencia a su progenie, aspecto éste muy importante en la selección de material parental.

El análisis de varianza del experimento 2 (Cuadro 2) incluyó una descomposición ortogonal de la suma de cuadrados debida a la variación entre las 60 familias en cuatro partes: Variación entre tipos de familias y variación entre las familias de cada uno de los tres tipos. En este experimento el coeficiente de variación fue bajo (6.05%) en relación a lo que es típico en este tipo de experimentos. Este análisis de varianza nos muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre los tipos de familias y entre las familias de cada tipo.

El comportamiento de las familias del clon 676027, reconocido por su buen grado de resistencia, resulta ser interesante (Cuadro 3). Este clon dio lugar a tres familias con grados de daño ubicados entre los más altos; de hecho, la familia generada por autofecundación fue la que acusó el mayor porcentaje de infección de todas las estudiadas. En el experimento 1 este clon también presentó un elevado porcentaje de daño. Estos resultados son indicadores de que en la expresión del carácter en estudio se puede presentar además de una componente ambiental, una de tipo genético de consideración, situación ésta que puede dificultar la eficiencia en el mejoramiento genético.

Cuadro 1. Daños al follaje (%) por tizón tardío en 1988 en las familias de los clones estudiados en los experimentos 1 y 2. Los clones con daños menores al 25% fueron clasificados como resistentes.

Clon	Daño	Clon	Daño	Clon	Daño	Clon	Daño
575048-47	24.2	750615	23.9	77-18-36	41.0	750650	30.6
575048-69	14.3	750x13	15.6	750505	25.1	77-1A-11	31.0
575048-74	19.5	77-5-9	20.8	676146	30.7	78-24-6	36.7
676216	23.4	77-69-43	21.5	676027	33.4	750494	31.2
720053	21.1	77-97-65	23.7	750477	32.7	77-64-43	25.9

Cuadro 2. Análisis de varianza del experimento 2.

Fuente de variación	GL	CM	E(CM)
Repeticiones	3	2.08	
Familias	59	0.49 **	
PL	19	0.24 **	$\sigma^2_E + r\sigma^2_{GPL}$
MP	19	0.37 **	$\sigma^2_E + r\sigma^2_{GMP}$
A	19	0.46 **	$\sigma^2_E + r\sigma^2_{GA}$
Entre PL, MP y A	2	0.30 **	
Error	177	0.0513	$\sigma^2_E$

\*\* = P < 0.01

Cuadro 3. Daños al follaje (%) por tizón tardío en tres tipos de familias derivadas de 10 clones resistentes y 10 clones susceptibles (experimento 2).

Clones resistentes	Tipo de familia			Clones susceptibles	Tipo de familia		
	PL	A	MP		PL	A	MP
575048-47	30.0	17.8	22.6	676027	27.0	31.5	30.5
575048-69	15.4	13.6	13.6	676146	25.0	25.3	23.4
575048-74	21.8	19.0	15.0	750477	23.4	15.3	13.2
676216	12.9	13.5	18.7	750409	27.5	26.1	26.5
720053	13.6	22.8	12.4	750505	25.1	27.5	20.7
750615	17.2	21.3	22.8	750650	17.2	21.3	22.8
750x13	25.1	15.3	17.8	77-1-A-11	21.4	21.7	13.2
77-5-9	26.5	26.4	23.5	77-18-36	28.8	27.5	23.2
77-69-43	22.9	27.4	17.8	77-64-43	20.8	22.8	21.4
77-97-65	15.3	22.2	20.4	78-24-6	23.2	30.4	22.2

PL = Polinización libre, A = Autofecundación, MP = Mezcla de polen.

Por otro lado, el clon que produjo la familia que acusó el menor porcentaje promedio de daño al follaje fue el clon 720053 cuando éste se polinizó con la mezcla de polen. Este clon se había caracterizado por un buen nivel de resistencia al tizón tardío. Su comportamiento en el experimento 1 también es consistente con esta caracterización. Todos estos hechos son

elementos que sugieren la existencia de un gran potencial del clon en cuestión respecto a la resistencia al tizón tardío.

En algunas ocasiones, como en el caso de los clones 676146 y 77-5-9, las medias de las familias obtenidas por polinización libre y por autofecundación resultaron ser prácticamente idénticas. No se puede descartar

que en casos como éste la supuesta polinización libre no se presentó o fue mínima. En otros casos, como en los de los clones 575048-69 y 750494, los comportamientos de las familias generadas por autofecundación y por polinización con mezcla de polen, resultan ser muy similares.

Realizar una comparación de medias de los experimentos 1 y 2 es ilustrativo. Mientras que los tres tipos de familias generadas a partir de los clones 575048-47, 575048-69, 575048-74, 676216, 720053, 750615 y 77-97-65 resultaron ser resistentes al patógeno, las de los clones 750x13, 77-5-9 y 676027, 750494, 77-18-36 y 77-69-43 resultaron ser susceptibles. Estos mismos 13 clones produjeron familias que en el experimento 1 fueron calificadas como resistentes. Por otra parte, clones que produjeron familias que mostraron susceptibilidad en el experimento 1, 676146, 750477, 750505, 750650, 77-1A-11, 77-64-43 y 78-24-6, dieron lugar a familias que exhibieron daño en el follaje menor al 25% en el experimento 2.

La falta de consistencia en el comportamiento del material genético es un fenómeno de ocurrencia relativamente frecuente en el mejoramiento genético de los cultivos. En conexión con este problema, por lo que respecta a la papa, se puede hacer referencia al tipo de resistencia. Henfling (1987) señala que la resistencia vertical no depende de factores ambientales locales. La resistencia horizontal, en cambio, sí depende de este tipo de factores, incluyendo las condiciones de crecimiento.

De acuerdo con el comportamiento de los materiales estudiados y con el concepto de resistencia horizontal, la resistencia al tizón tardío en los clones mencionados arriba es probable que sea un carácter de tipo cuantitativo. Robinson (1973) indica que en la resistencia al tizón tardío pueden contribuir la resistencia de la cutícula y de la

epidermis a la fuerza mecánica o a las enzimas y a la actividad de algunas sustancias de las hojas para inhibir la germinación y penetración de las esporas.

En el análisis de varianza combinado, todas las fuentes de variación de interés, años, genotipos y la interacción entre genotipos y años, fueron altamente significativas. La alta significancia de la interacción de las familias con los años es consistente con la falta de regularidad en los comportamientos relativos de las familias al pasar de un año a otro. Por el contrario, el CIP (1988) realizó ensayos para probar la estabilidad de la resistencia al tizón tardío en Colombia y Perú encontrando que la interacción genotipo-ambiente no fue notable.

Con la información del experimento 2 también se realizó una comparación de medias de los tres tipos de familia y con las medias de las familias de cada tipo se calculó la amplitud (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey, 0.01) y amplitudes entre y dentro de tipos de familia, respectivamente.

Tipo de familia	Media <sup>1</sup>	Amplitud
Autofecundación	19.91 a	14.05
Polinización libre	19.15 b	13.65
Clon x Mezcla de polen	18.44 c	11.10

<sup>1</sup> Medias con una misma letra no difieren estadísticamente.

De acuerdo con lo que la información sobre medias y medidas de variación significan, el mejor método para evaluar el valor parental de los clones debería incluir la característica de producir la mayor variabilidad. Esta es una característica que le

permite al fitomejorador una mayor facilidad para discriminar entre los materiales en estudio. Por otro lado, en la evaluación de un material parental es importante generar información sobre su aptitud combinatoria general. De acuerdo con la naturaleza de la variable en estudio (porcentaje de infección), son los valores bajos de esta variable los que interesan. Idealmente entonces el mejor método de los tres estudiados deberían producir una media baja y una amplitud alta, sin embargo, esta combinación no se presentó; a la amplitud más alta le correspondió la media más alta también (autofecundación) y a la media más baja (mezcla de polen) le correspondió la amplitud de menor magnitud.

Cuando el criterio para evaluar la eficiencia de los tres métodos fue el número de clones resistentes que fueron detectados como tales según la resistencia de las familias que produjeron, el método más eficiente resultó ser el de clon x mezcla de polen. Las familias generadas por este método provenientes de los 10 clones resistentes resultaron ser resistentes también (Cuadro 5). Por su parte, los métodos de polinización libre y autofecundación permitieron la

identificación de sólo ocho de estos clones. De acuerdo con este criterio, la cruce clon x mezcla de polen, resultaría ser el mejor de los tres métodos. Sin embargo, la realización de las cruces clon x mezcla de polen demanda de recursos adicionales a los requeridos en los otros dos métodos.

Por otro lado, los coeficientes de correlación entre cada dos de los tres métodos nos indican que la asociación lineal más fuerte fue entre las familias generadas por los procedimientos "mezcla de polen" y "polinización libre" con un valor de 0.51 y una  $P < 0.05$ . Las otras dos correlaciones no alcanzaron la significancia estadística. En general, las correlaciones obtenidas reflejan, al menos en parte, los resultados en cuanto a clones seleccionados (Cuadro 5). En efecto, los ocho clones seleccionados por el método de polinización libre también fueron seleccionados por el método mezcla de polen. En cambio, aunque los clones seleccionados por autofecundación también lo fueron por el de mezcla de polen, la diferencia entre las dos medias fue la más alta. Por otra parte, los métodos de polinización libre y autofecundación seleccionaron ocho clones cada uno pero sólo siete fueron comunes.

Cuadro 5. Clones que produjeron familias resistentes en 1988 y 1989.

Polinización libre	Tipo de familia	
	Autofecundación	Clon x Mezcla de polen
575048-47	575048-47	575048-47
575048-69	575048-69	575048-69
575948-74	575948-74	575948-74
676216	676216	676216
720053	720053	720053
750615	750615	750615
77-69-43	750x13	750x13
77-97-65	77-97-65	77-5-9
		77-69-43
		77-97-65

La autofecundación reduce los grados de heterocigosis de cada locus. Esto, dependiendo del tipo de acción génica que prevalezca, tiende a producir depresión endogámica que en el caso de especies poliploides puede llegar a ser muy severa (Busbice y Wilsie, 1966). Se ha mostrado (Cuadro 4) que, efectivamente, la media de las familias generadas por autofecundación fue la superior. Adicionalmente, esta depresión endogámica también podría ser la culpable de que algunos de los clones que originalmente fueron clasificados como resistentes, al autofecundarse generaran familias susceptibles.

En la generación de familias mediante el uso de polinización con mezcla de polen, ésta puede variar de un clon a otro. En el caso de la formación de familias mediante polinización libre, además de los problemas inherentes a la polinización con mezcla de polen se presentan los asociados con la distribución en el campo de los clones polinizadores alrededor de cada clon en estudio, dirección y velocidad del viento, etc. El caso de la formación de familias por autofecundación es el que se esperaría que produjera mayor variabilidad entre familias debido a la mayor heterogeneidad entre las muestras de polen con que se poliniza a los mismos clones.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, la variación entre las medias de las familias sería mayor entre las generadas por autofecundación que la variación entre las familias generadas por polinización con mezcla de polen y que entre las generadas por polinización libre. Los valores de las amplitudes obtenidas son consistentes con esta lógica.

En relación con la variabilidad entre progenies, dado un cuadrado medio del error igual para los tres casos, la heredabilidad en sentido amplio calculada con base en las familias obtenidas por autofecundación

debería ser mayor que la correspondiente a familias generadas por polinización con mezcla de polen y por polinización libre. En efecto, las heredabilidades respectivas fueron 0.87, 0.86 y 0.75. Estos valores de heredabilidad, de magnitudes de consideración, no permiten obtener conclusiones importantes acerca de los métodos utilizados para estudiar el valor parental de los clones. Más bien podrían ser considerados como indicadores del potencial de la selección de clones de las familias ya que por las características de reproducción de la papa, un clon sobresaliente que se logre identificar nos permite su explotación como tal en forma directa, independientemente de los grados de acción génica aditiva y no aditiva que gobiernen el carácter. Sin embargo, habrá que tomar en consideración que las medias de porcentajes de daño por tizón tardío en las familias tendieron a ser mayores en la medida en que presentaron mayores grados de variabilidad.

La información derivada de este estudio sugiere que en la acción génica que determina la respuesta al ataque del tizón tardío en los materiales estudiados y los por ellos representados existe una parte no aditiva, asociada a componentes heterocigóticos de consideración que se expresan produciendo elementos de resistencia al tizón tardío y que por efecto de la endogamia (autofecundación en este caso) la depresión resultante puede ocasionar una distorsión del valor auténtico de un clon con respecto a su valor parental, lo cuál indica que el método de autofecundación no sería adecuado en estos casos.

## CONCLUSIONES

La resistencia al tizón tardío es un carácter que se comportó como un carácter cuantitativo para el cual la interacción genético-ambiental fue estadísticamente significativa.

La depresión endogámica debida a la autofecundación es un fenómeno que podría indicar la no recomendación de esta forma de estimar el valor parental de los materiales. En el presente estudio se generó información que es consistente con este razonamiento: La autofecundación produjo la media de daño por tizón tardío más elevada y produjo familias que resultaron ser susceptibles a partir de clones resistentes.

El método de polinización con mezcla de polen fue el único de los tres que de cada clon resistente produjo una familia resistente lo que, de acuerdo con este criterio, lo ubica como el mejor de los tres métodos para determinar el valor parental de clones de papa.

### BIBLIOGRAFIA

- Busbice, T.H. and C.P. Wilsie. 1966. Inbreeding depression and heterosis in autotetraploids with applications to *Medicago sativa* L. *Euphytica* 15:52-67.
- Centro Internacional de la Papa. 1988. Informe anual del CIP, 1988. Lima, Perú. 226 pp.
- \_\_\_\_\_. 1987. Informe anual del CIP, 1986-1987. Lima, Perú. 232 pp.
- Eslava, W.M. y Schmiediche, P. 1987. Avances en la utilización de nuevas fuentes de resistencia a *P. solanacearum* en papa. En: Memoria de la XIII reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Panamá, Panamá. pp. 165-178.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. Jour. Biol. Sc.* 9:463-491.
- Henfling, J.W. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. CIP, Lima, Perú. 25 pp.
- Landeo, J.A. and L. Calúa. 1986. Combining ability analysis for field resistance to late blight in potato seedlings. *Am. Potato J.* 63:438 (abst).
- Malcomson, J.F. and R.J. Killick. 1980. The breeding values of potato parents for field resistance to late blight measured by whole seedlings. *Euphytica.* 29:449-459.
- Mendoza, H.A. 1988. Progreso en el mejoramiento de papa por resistencia, en función de la eficiencia de los procedimientos de tamizado. CIP, Lima, Perú. 37 pp.
- Robinson, R.A. 1973. Horizontal resistance. *Rev. Plant Pathol.* 52:483-501.
- Sprague, G.F. and L. Tatum. 1942. General Vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Tai, G.C.C. and W.A. Hodgson. 1975. Estimating general combining ability of potato parents for field resistance to late blight. *Euphytica.* 24:285-289.
- Villarreal, G., J.M. 1984. Mejoramiento genético en papa. En: Memoria del curso internacional sobre tecnología de producción de papa. Toluca, México.
- Wissar, R., B. Paz, y E. Cevedo. 1987. Obtención de variedades Venezolanas de papa con resistencia a patógenos. En: Memoria de la XIII reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Panamá, pp. 228-241.