13274

MEJORAMIENTO DE LA PAPA PARA RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES

***N. Estrada Ramos** **

RESUMEN

Las diversas enfermedades causadas a la papa por hongos, bacterias, virus, micoplasmas y factores abióticos constituyen un factor limitante muy importante en la producción.

Se ha encontrado resistencia a muchos de estos males, tanto en especies silvestres como en clones cultivados. Algunos están controlados por pocos genes pero otros por numerosos genes.

Debido a la condición tetraploide de la papa y a la gran cantidad de genes que deberían seleccionarse simultáneamente, además de los genes para los caracteres agronómicos y de calidad deseables, resulta en la práctica imposible desarrollar cultivares ideales con las diversas características que se desean.

Se discute y revisa el avance logrado en la selección por resistencia a varias enfermedades y factores que reducen la calidad y producción.

** Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). El Dorado, Bogotá-Colombia.*

Uno de los objetivos importantes en mejoramiento de papa es lograr la resistencia a enfermedades, plagas y/o factores abióticos negativos que, en forma numerosa y fuerte, afectan su producción por calidad y cantidad.

Como observación general, puede decirse que exige mayor esfuerzo obtener la resistencia a enfermedades causadas por hongos que atacan el follaje que las que se encuentran en el suelo y que inician su ataque en la raíz o tubérculo, en razón a que poseen una mayor variabilidad genética y capacidad de mutación para producir nuevos biotipos.

1. Caracteres agronómicos, de calidad y resistencia a enfermedades importantes para mejorar las variedades y su control genético

Características:	Factores genéticos para control
Rendimiento	10 o más
Calidad (peso tubérculo)	3 - 4
Forma de tubérculo	3 - 4
Profundidad de ojos	2
Color de carne	2 con modificantes
Hábito de crecimiento	3
Forma de hojas	2 o más
Color de la piel	2 o más
Reacción al fotoperíodo	3 - 4
Precocidad	3 - 4
Latencia del tubérculo	2 - 3
Resistencia a Phytophthora (poligénica)	4
Resistencia a verruga	2
Resistencia a virus X, A, Y, C, S, M	1 (cada uno)
Resistencia a enrollamiento	varios
Resistencia al nematodo del quiste	3 - 4 debido a razas
Resistencia a nematodo del nudo	3 - 4
Resistencia a heladas	8 o más
Resistencia a altas temperaturas	muchos factores
Resistencia a marchitiz	3 o más
Resistencia a la pata negra *(Erwinia)*	2 o más

Si obtenemos el total nos da más de 60 pares de genes, los cuales si quisiéramos combinarlos teórica e idealmente, trabajando con herencia tetrasómica nos llevaría a cifras astronómicas e imposibles de obtener en la práctica. Aún obteniendo en millones de individuos combinaciones ideales, el trabajo mayor estaría en identificar los individuos buscados dentro de esa enorme población, imposible de hacerlo aún con los métodos más avanzados.

Esta realidad está demostrada en la misma situación actual en la cual nos hallamos a nivel mundial, pues en 200 años de mejoramiento en papa estamos aún muy lejos de obtener una variedad cercana a la ideal. En la práctica ocurre también, como lo anota Howard, que de aproximadamente 7 - 8 variedades que entrega un programa bien organizado en mejoramiento, solo una de ellas llega a tener un relativo éxito en su cultivo, aceptación y mercadeo, para que pueda prevalecer por varios años.

Debemos pues, conformarnos con obtener los tipos que al menos resuelvan parcialmente algunos problemas más urgentes como calidad de tubérculo, producción, resistencia a *Phytophthora* y/o *Alternaria*, resistencia a virus más importantes, a bacterias más limitantes, a heladas o a mucho calor si es el caso, además con relativa precocidad.

2. Características valiosas en varias especies de papa

Características	Especies	2n
Carne amarilla	*S. tuberosum*	48
	S. phureja, Yema de huevo	24
	S. goniocalyx, Amarilla	24
	Resistencia a enfermedades	
Resistencia a virus y un par de factores	*S. chacoense*	24
	S. macolae	24
	S. simplicifolium	24
	S. pinnatisectum	24
	S. stoloniferum	48

Características	Especies	2n
	S. demissum	72
	S. hougasii	72
	S. tuberosum	48
Resistencia a virus C (raza de Y) un par de factores	*S. simplicifolium*	24
	S. vernei	24
Resistencia a virus A (raza de Y0 un par de factores	*S. demissum*	72
	S. stoloniferum	48
	S. hougasii	48
	S. maglia	24,36
	S. ssp andigena	48
	S. phureja	24
Resistencia a virus S ("para crinkle") un par de factores	*S. ssp tuberosum* V saco	48
Resistencia a virus X (Mosaico suave) un par de factores	*S. stoloniferum*	48
	S. acaule	48
	S. ssp tuberosum # 41956 (USDA)	
	S. sucrense	24
	S. bulbocastanum	24
	S. pinnatisectum	24
	S. berthaultii	24
Resistencia a enrollamiento de las hojas. Polifactorial probablemente	*ssp andigena*	48
	ssp tuberosum	48
	S. acaule x S. demissum	60
	S. phureja	24
	S. stenotomum	24
	S. ajanhuiri	24

Características	Especies	2n
	S. chacoense	24
	S. acaule	48
Resistencia a la verruga	*S. tub ssp andigena*	48
(Synchytrium endobioticum)	*S. curtilobum*	60
un par de factores	*S. demissum*	72
dominantes	*S. vernei*	24
	S. commersonii	24
	S. simplicifolium	24
	S. acaule	
	S. polyadenium	24
	S. guerreroense	24
	S. andreanum	24
	S. chiquidenum	24
	S. pinnatisectum	24
	S. bulbocastanum	24
	S. polyadenium	24
	S. cardiophyllum	24
Resistencia a la "gota"	**S. phureja*	24
Phytophthora infestans	*S. verrucosum*	24
(mono o polifactorial)	**S. stoloniferum*	48
	S. polytrichom	48
	**S. ssp andigena*	48
	**S. demissum*	78
	S. hougasii	72
*polifactorial	**S. ssp tuberosum* (Record, Libertas Penopernel)	48
Roña común	*S. chacoense*	24
Streptomyces scabies	*S. commersonii*	24
un par de factores	*S. jamesii*	24

Características	Especies	2n
Pudrición anular *Corynebacterium sepedonicum*	*S. ssp tuberosum* Friso, President	48
Marchitez *Pseudomonas solanacearum*	*S. bulbocastanum*	24
	S. pinnatisectum	24
	S. jamesii	
	S. chacoense	24
	S. stoloniferum	48
	S. ssp andigena	48
	S. demissum	72
	S. phureja (excelente resistencia parcial	24
	S. sparsipilum	
Pata negra *Erwinia carotovora*	*S. ssp tuberosum*	48
	S. ssp andigena	48
	S. acaule	48
Roña polvosa *Spongospora subterránea*	*S. andigena*	48
	S. acaule	48
	S. commersonii	24
Gota temprana *Alternaria solani*	*S. tarijense*	24
	S. saltense	24
	S. toralapanum	24
	S. bulbocastanum	24
	S. chacoense	24
Escama plateada *Spondylocladium atrovirens*	*S. phureja*	24
Mildeo polvoso *Oidium solani*	*S. simplicifolium*	24
	S. polyadenium	24

Características	Especies	2n
	S. macolae	24
	S. stoloniferum	48
	S. sucrense	48
Rhizoctonia	*S. suaveolens*	48
	S. acaule	48
Marchitez causaa por:	*S. ssp andigena*	48
Macrophomina	*S. commersonii*	24
Verticillium	*S. ssp tuberosum*, V. Houma	48
Fusarium	*S. ssp tuberosum* V. King Edward	48

3. Fuentes de resistencia a factores bióticos y abióticos y su herencia

a) Resistencia a los virus

1. Enrollamiento de las hojas. Es el virus que más daño económico causa en la papa debido a que disminuye profundamente la producción. Es transmitido por varias especies de áfidos, pero el más común es el *Myzus persicae*. Existen dos tipos de resistencia: a la infección y a la tolerancia. No hay extrema resistencia. Este virus se localiza básicamente en el floema, Ross (1986).

La resistencia proviene en buena parte de lo que contribuyan los padres y abuelos. Las especies más resistentes son dos silvestres de Chile, no tuberíferas, diploides, *S. etuberosum* y *S. brevidens* y también *S. acaule*. En algunos materiales híbridos con ellas se ha observado resistencia. Probablemente varios genes están involucrados en la resistencia, Hawkes (1974), Jones (1979) y Rizvi (1983).

2. Resistencia a virus Y. El efecto en las plantas por este virus es muy fuerte y causa necrosis de las hojas y sus venas y caída de las hojas inferiores. El virus es transmitido por el *Mizus persicae*. El mejoramiento

busca la resistencia a la infección y la hipersensitividad. En algunos clones de *S. phureja* y *S. stenotomum* se observa alta resistencia, Ross (1986). También se ha encontrado resistencia de genes mayores en las especies silvestres *S. chacoense, S. demissum, S. microdontum, S. stoloniferum* y en clones de la especie cultivada *S. ssp andigena*, Muñoz *et al* (1975).

b) Resistencia a los nematodos del quiste de la raíz

Existen dos especies: *Globodera rostochiensis* y *G pallida* llamados comunmente nematodos del quiste de la raíz que poseen además variantes o patotipos. Su efecto es muy severo ya que se localizan en la raíz y la planta no desarrolla bien, tiende a estar clorótica y su producción decrece de 10% a 50% según el grado de infección. Se ha encontrado resistencia especialmente en *S. vernei, S. spegazzinii, S. oplocence, S. multidissectum, S. sucrense, S. kurtzianum, S. acaule* y algunos clones de *S. andigena*. Existe el tipo de hipersensitividad en resistencias y también la tolerancia. La primera controlada por genes dominantes y la segunda por genes menores.

c) Resistencia a la "gota", causada por *Phytophthora infestans*

Es la enfermedad fungosa de la papa más universal y de mayor importancia económica. En 1845 causó la terrible hambruna en Irlanda que ocasionó la muerte de más de un millón de personas. Se trabajó a principios de este siglo y hasta 1930 en cruzamientos con la especie silvestre hexaploi de de México *S. demissum* la cual impartía hipersensibilidad en resistencia. Sin embargo, debido a que esta resistencia era monogénica y hoy es llamada "vertical", su duración fue corta por la capacidad mutagénica del *Phytophthora* . Más modernamente se ha buscado la resistencia llamada "horizontal", de origen poligénico, mediante la cual la planta no presenta inmunidad sino tolerancia y así el avance de la enfermedad es lento y limitado debido a varios mecanismos de defensa. Esta resistencia se ha observado en clones de las especies *S. bulbocastanum*, Graham *et al.* (1959), *S. stoloniferum, S. vernei y S. verrucosum*, Toxopeus (1964), Graham (1963), Black (1970) y en limitados clones de las especies cultivadas *S. phureja, S. tuberosum y S. andigena*, Guzmán (1964).

BIBLIOTECA AGROPECUARIA

En Colombia existe un buen y claro ejemplo de la estabilidad de la resistencia horizontal al *Phytophthora* y su valor para el agricultor. El cultivar Monserrate dado a los agricultores en 1957, conserva la misma resistencia de hace 30 años y produce su cosecha normalmente con solo 30% de las aplicaciones de fungicidas que se hacen a los cultivares comunes susceptibles, Estrada et al. (1959).

d) Resistencia a la sarna del tubperculo causada por Streptomyces scabies y a los hongos Rhizoctonia solani, Fusarium solani, Phoma exigua

Pocos estudios se han hecho sobre la resistencia de las especies silvestres a estos hongos que causan necrosis a los tubérculos y tallos especialmente. Se ha hecho una selección por ligera resistencia en algunos cultivares. Es muy probable que exista una mayor resistencia en varias especies silvestres.

e) Resistencia a las bacterias Erwinia carotovora y Pseudomonas solanacearum

Tampoco se han estudiado bien las especies silvestres por su resistencia a estas bacterias. Inicialmente se ha mencionado tener resistencia a *S. pinnatisectum, S. sparsipilum y S. acaule.* Ambas bacterias causan fuertes daños en los tubérculos ocasionando pudrición de ellos y marchitez del follaje. Algunos cultivares han sido descritos como menos susceptibles a *Erwinia.* Se observó alta resistencia a *Pseudomonas* en unos pocos clones de *S. phureja* de la Colección Central Colombiana de papas, por Thurston y Lozano (1968).

f) Resistencia a las heladas

Varios autores han descrito la resistencia que muestran cerca de 30 especies tuberíferas de papa y las cuales han llegado a sobrevivir heladas de -6 grados C y -7 grados C por varias horas. Esta resistencia se ha logrado transmitir a varis híbridos obtenidos de algunas de estas especies, Ross y Rowe (1969-a), Estrada (1978, 1980, 1982, 1984, 1986), Li (1977), Richardson y Estrada (1971).

La resistencia de estas especies se debe a factores morfológicos como

menor tamaño de células, paredes celulares gruesas, índices de estomas mayores, hábitos arrosetados de planta, dos o más capas de palisada en el tejido parenquimatoso de las hojas, Palta y Li (1978), Estrada (1982). También se debe la reistencia a factores fisio-químicos como: contenidos de lípidos en las células, capacidad de transformación de almidón hacia azúcares, capacidad de formar hielo extracelular, pigmentos protectores, habilidad para soportar deshidratación celular y mantener la cohesión bajo la presión de congelación, Chen et al. (1976), Li et al. (1981), Li y Palta (1978), Mendoza y Estrada (1979), Sukamaran y Weiser (1971).

Por esta información se puede claramente deducir que el control genético de la resistencia a heladas debe estar controlado por un número considerable de genes. Para concluir, se puede generalizar de acuerdo a los resultados de muchos autores, que existen numerosas especies silvestres diploides resistentes a una gran diversidad de factores adversos a la producción de papa y que además existen algunas otras especies muy valiosas que son tetraploides como *S. acaule* y *S. stoloniferum* pero las cuales se cruzan más fácilmente con diploides, Ross y Rowe (1969a, 1969b), Hawkes (1963), Estrada (1978, 1980, 1982) y Ross (1986).

Esta circunstancia hace deseable realizar los cruzamientos iniciales y sus selecciones a nivel diploide y luego aprovechar la producción de gametos 2n en los híbridos F1 o F2 para cruzarlos con cultivares o clones tetraploides (2n=48), para así poder transmitir rápida y eficientemente los caracteres deseados de resistencia y calidad a las papas cultivadas, Peloquin y Mendiburu (1972), Mendiburu y Peloquín (1976), Estrada (1982, 1985, 1986).

BIBLIOTECA AGRICOLA
ICA COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

1. *ALLARD, R.W. 1960. Pinciples of plant breeding. John Wiley L. Sons Inc. N.York. 485 pp.*

2. *BROWN, CIR. 1981. Basic concepts of potato genetics. Curso Internacional de Mejoramiento de Papa. CIP, Lima. 20 pp.*

3. *ESTRADA, N. Herencia del albinismo en especies de papa diploides y tetraploides. Agr. Tropical 16: 349-353.*

4. *ESTRADA, N. 1966. Taxonomía de la papa y formación de especies. Información recopilada de apuntes en la Biblioteca de Agricultura, Universidad de Wisconsin, Madison. 19 pp.*

5. _____ *y GUZMAN-NARANJO, J. 1969. Herencia de la resistencia de campo al "tizón". **Phytophthora infestans** Mont. de Bary) en variedades cultivadas de papa (**subespecies tuberosa** y **andigena**) Revista ICA 4: 117-137.*

6. _____ ***et al.*** *Informes inéditos del Programa de Tuberosas, ICA, años 1958-1971.*

7. *GRUN, P. 1961. Early stages in the formation of internal barriers to gene exchange between diploid species of **solanum**. Amerj. Botany 48: 79-89.*

8. *HAWKES, J. 1963. A revision of the tuber-bearing solanums. Scottish Plant Breeding Station, Annual Report, 1963. 181 pp.*

9. *HAWKES, J. 1979. Evolution and polyploidy in potato species. In, the biological and taxonomy of the solanaceae. Linnean Soc. Symp. Series 7: 637-645.*

10. *HOLDEN, J. 1977. Potato breeding at Pentlandfield. Scottish Plant Breeding Station. Anual Report 1977. 32 pp.*

11. HOWARD, H.W. 1970. Genetics of the potato, **Solanum tuberosum.** Logos Press Ltd. England. 126 pp.

12. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1977. Report of the Planning conference on utilization of the genetic Resources of the potato I. 32 pp.

13. KRANTZ, F.A. 1924. Potato breeding methods. Univ. Minnesota tech bull 25, 32 pp.

14. LANDEO, J.A. 1981. Basic concepts of potato breeding. Curso Internacional de Mejoramiento de Papa. CIP, Lima. 33 pp.

15. MENDIBURU, A. y PELOQUIN, S. Sexual polyploidization and depolyploidization: some terminology and definitions. Theoretical and Applied Genetics 48: 137-143.

16. MENDOZA, H. y ESTRADA, N. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress: heat and frost. Stress physiology in crop plants, H. Mussell L.R. Staples, editors. John Wiley L Sons Inc. 228-262 pp.

17. MENDOZA, H. 1981. Genetic aspects. Curso Internacional de Mejoramiento de Papa. CIP, Lima. 20 pp.

18. OCHOA, C. 1955. Species of **Solanum** (**tuberarium**) of South America, present taxonomy status and species used in plant breeding with special reference to Peru. Phytopathology. 45: 247-250.

19. SCHMIEDIECHE, P. 1981. The taxonomy of wild potato species and their use in breeding. Curso Internacional de Mejoramiento de Papa. CIP, Lima. 7 pp.

20. SIMMONDS, N.W. 1969. Prospects of potato improvement. Scottish Plant Breeding Station, Ann Rept. 18-38 p.