

HÍBRIDOS TRIPLOIDES DERIVADOS DE *Solanum stoloniferum* Y SU VALOR EN EL MEJORAMIENTO DE LA PAPA

Nelson Estrada R. *

RESUMEN

Se utilizaron varios clones seleccionados de la especie tetraploide $2n=4x=48$, *Solanum stoloniferum* Schlecht et Beché (sto) obtenidos del Proyecto IR-1 USDA, para lograr cruzamientos con las especies diploides $2n=2x=24$ *S. phureja* Juz. et Buk. (**phu**), *S. brevidens* Phil. (**bre**) y *S. chacoense* Bitt (**che**). Se obtuvieron híbridos F_1 triploides, $2n=3x=36$, de buen vigor y que producían considerable cantidad de polen pero, como era de esperarse, con baja fertilidad. Sin embargo, el escaso polen viable resultó ser muy funcional al emplearlo en cruzamientos con clones tetraploides de *S. tuberosum* spp. *tuberosum* (**tbr**) y *S. tuberosum* spp. *andigena* (**adg**), $2n=4x=48$. Así se obtuvieron híbridos de primeros retrocruzamientos (BC_1) que poseían muy buenas características en los BC_1 , incluyendo alto rendimiento, buen tipo de tubérculos, resistencia a *Phytophthora infestans*, a PVY y PLRV, provenientes probablemente por la incorporación de los genes valiosos de las especies silvestres utilizadas.

Palabras Claves Adicionales: tuberifera, alopoliploide, diploandroides, restitución, factor de endospermo balanceado (EBN), cruzamientos puentes, "puentes", introgresión, homeólogo, homólogo.

SUMMARY

TRIPLOID HYBRIDS DERIVED FROM *SOLANUM STOLONIFERUM* AND THEIR VALUE IN POTATO BREEDING

Aceptado para publicación: Marzo 18, 1991

* Ph.D. Jefe, Dpto. de Fitomejoramiento, PROINPA-IBTA-CIP. Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.

Several selected clones of the tetraploid potato species $2n=4x=48$, *Solanum stoloniferum* Schlecht et Beché (sto) obtained from the IR-1-USDA project were utilized to make crosses with the diploid species, $2n=2x = 24$ *S. phureja* Juz. et Buk, (phu), *S. brevidens* Phil. (bre) and *S. chacoense* Bitt (chc). Triploid, $2n=3x=36$, F_1 hybrids were obtained, with high vigor and producing fair amount of pollen but, as it was expected, low pollen viability. However, the scarce fertile pollen was quite functional when used in crosses to selected tetraploid *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* (tbr) and *S. tuberosum* spp. *andigena* (adg) $2n = 4x = 48$, clones. By this method, BC_1 hybrids were obtained that possessed good characters, including high yield, good tuber types, resistance to late blight, PVY and PLRV indicating a proper transfer of valuable genes from the wild species.

Additional Index Words: tuberifera, allopolyploid, diploandroids, restitution, endosperm balance factor, bridge crosses, introgression, homeologus, homologus.

Los cultivares de papa comunes, *Solanum tuberosum*, son muy afectados por virus que son limitantes de la producción, tales como el virus del enrollamiento de las hojas (PLRV) y el virus Y causante de la necrosis de las venas de las hojas (PVY) (12). Otra enfermedad muy destructiva en el cultivo es el "tizón tardío" causado por el hongo *Phytophthora infestans*, Mont. De Bary.

La especie silvestre tuberífera mexicana *S. stoloniferum* (sto) es resistente al PVY, al "tizón tardío" y a varias especies de insectos (13). A pesar de tener 48 cromosomas se comporta como diploide por ser un aloploide, (12). La especie cultivada suramericana, *S. phureja* (phu) es valiosa por su alto contenido de proteínas (2), alta fertilidad de polen y precocidad. La especie chilena, diploide y silvestre, *Solanum brevidens* (bre) ha sido reportada con alta resistencia a PLRV y a *Pseudomonas solanacearum* causante de la marchitez bacteriana de la papa (10).

En la especie suramericana, diploide y silvestre, *S. chacoense* (chc) hay clones resistentes a PVA, PVY y a varios nematodos e insectos (13).

Varios autores (8,9,10,11) han indicado que sólo se ha encontrado alta resistencia al destructivo PLRV en *S. etuberosum* (etb) y en *S. brevidens* (bre) siendo ambas especies silvestres, diploides y no tuberíferas, y también en *S. acaule* Bitt (acl) $2n = 4x = 48$.

Por lo tanto resulta muy aconsejable el empleo de cruzamientos con las mencionadas especies para incorporar las resistencias a las enfermedades citadas, en clones mejorados.

Brown (1) describe los siguientes tres esquemas para incorporar caracteres de especies silvestres alotetraploides como **sto** y **acl** con **EBN2** (factor dos para balance de endospermo), hacia las papas cultivadas:

- I. (Silvestre $4x$ que produce polen $2n$) x (cultivada $4x$)
 F_1 = Híbrido ($2n = 6x = 72$), fértil con apareamiento improbable de cromosomas homeólogos.
 BC_1 = (Híbrido $2n = 6x = 72$) x (cultivada $2n-4x = 48$), produce híbridos $2n = 5x = 60$.

- II. (Silvestre $4x$) x (cultivada $2x$ que produzca polen $2n$).
 F_1 = Híbrido $3x$, triploandroide fértil con probable apareamiento homeólogo y que por falta de un número completo para apareamiento de cromosomas homólogos aumenta la posibilidad de apareamiento entre cromosomas homeólogos y por lo tanto favorece el flujo de genes de la especie silvestre hacia la cultivada.
 BC_1 = (Cultivada $4x$) x (híbrido $3x$ con polen $2n$), produce híbridos $2n = 5x = 60$.

- III. (Silvestre $4x$) x (cultivada $2x$)
 F_1 = híbrido $3x$ estéril, con posible apareamiento homeólogo pero ocurre el bloqueo de su utilización directa por la casi completa esterilidad requiriéndose el doblamiento somático de cromosomas mediante colchicina o cultivo de tejidos para producir individuos $6x$ fértiles.
 BC_1 = (Híbrido $6x$)x(cultivada $4x$), produce híbridos $2n=5x =60$.

Al final, en los tres esquemas se producen híbridos $5x$ pero el esquema II será el que más probabilidades tendrá de lograr la introgresión o sea haber incorporado e intercambiado genes en los cromosomas para que en los BC se logren los caracteres buscados de las especies silvestres.

Por otra parte los intentos conocidos para cruzar **etb** con éxito fueron realizados por Hermsen y Taylor (9) en Holanda. Ellos la cruzaron primero con *S. pinnatisectum* (**pnt**) y agregaron otras especies en cruzamientos puentes antes de lograr los híbridos con *S. tuberosum* spp. *tuberosum* (**tbr**). Posteriormente otros intentos para cruzar **bre** fueron hechos por Hanneman y Ehlenfeldt (7) en los Estados Unidos. Para ello duplicaron los cromosomas de **bre** con colchicina ($2n=4x=48$) y luego lo cruzaron con che ($2n = 2x=24$). Hicieron luego un cruzamiento con **tbr** para obtener pentaploides ($2n=5x =60$) fértiles.

A pesar de estas técnicas elegantes pero complejas no existen informes o conclusiones claros de haber logrado transferir la resistencia a PLRV en clones avanzados de **tbr**.

Estrada (3,4,5) observó que era factible obtener híbridos **sto-phu**, **sto-tbr**-haploide, **sto-bre** y que aunque la producción de polen en la F_1 era considerable y su fertilidad muy escasa, con adecuada manipulación fue suficiente para obtener razonable cantidad de semilla viable en los cruzamientos con clones híbridos en los BC.

El presente trabajo trató de simplificar en manipulación y tiempo, la metodología del mejoramiento y se orientó hacia la hibridación de **sto** con las especies diploides **phu**, **bre** y **chc**, las cuales fueron utilizadas como "puentes" para los cruzamientos posteriores (BC_1) con *S. tuberosum* spp. *tuberosum* (**tbr**) ó *S. tuberosum* spp. *andigena* (**adg**), y además como fuentes de variadas y valiosas resistencias.

El objetivo fue tratar de transferir rápida y eficientemente algunas o varias de las resistencias valiosas presentes en las especies silvestres, sin necesidad de duplicaciones cromosómicas y de muchos retrocruzamientos sucesivos como fue costumbre en el mejoramiento convencional (12).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas "Tibaitatá" del ICA-Colombia, cercano a Bogotá (2.600 msnm) se utilizaron 16 clones de **sto**, dos clones de **chc** y uno de **bre** provenientes del IR-1 y cinco de **phu** de la Colección Central Colombiana de Papa, CCC (Tabla 1).

Los trabajos se iniciaron en 1980 y continuaron hasta 1988, probando también materiales en las Estaciones Experimentales San Jorge del ICA y Marengo de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, Bogotá.

Para obtener los híbridos iniciales **sto-phu**, **sto-chc** y **sto-bre** se efectuaron aproximadamente 1000 polinizaciones obteniendo cerca de 6000 semillas de las cuales fueron sembradas unas 3000 para obtener 1.200 plántulas en los tres años siguientes. De todas estas plántulas solo quedaron seis clones de **sto-phu** y cuatro clones de **sto-bre** después de la cosecha debido a la baja tuberización de la mayoría de ellas y a la selección muy exigente por fertilidad y vigor.

Tabla 1. Clones de *S. stoloniferum*, *S. phureja*, *S. chacoense* y *S. brevidens* utilizados en los cruzamientos.

Especies	Clone(s)
<u><i>S. stoloniferum</i></u>	P.I. 275246.1, 0.2, 0.3 P.I. 160225.4, 0.6, 0.7 P.I. 161172.3, 0.4, 0.5, 0.9 P.I. 230477.1, 0.2, 0.4 P.I. 230490.4, 0.7, 0.10
<u><i>S. chacoense</i></u>	P.I. 414143.7 P.I. 473404.2
<u><i>S. phureja</i></u>	CCC 10 CCC81 Mambera Ratona MN 82695
<u><i>S. brevidens</i></u>	P.I. 218228.1

Estos 10 clones triploides se utilizaron como progenitores masculinos, no obstante su baja fertilidad para intentar hacer retrocruzamientos.

Como progenitores **tbr-adg** femeninos en los retrocruzamientos BQ se usaron 18 clones seleccionados tetraploides, $2n = 4x = 48$, y de buena producción, obtenidos por el Programa de Papa del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los híbridos F_1 , como era de esperarse, fueron de bajo rendimiento y tenían mala forma y escaso tamaño de tubérculo pero se hizo una selección de los clones menos indeseables (Tabla 2). Al contar cromosomas en puntas de raíz y con tinción de aceto-carmin se observó que eran triploides, $2n = 2x = 36$. El polen tenía tinción variable de 0 a 20% para los híbridos **sto-phu** y de 0 a 2% para **sto-bre** (5). Los híbridos **sto-chc** tuvieron muy baja tuberización y vigor.

Por otra parte los híbridos de primeros retrocruzamientos BC_1 (Tabla 3) mostraron características sobresalientes, tales como alto rendimiento (cerca de 1kg/planta), buena forma y tamaños de tubérculos, buen color de su piel y aún buena calidad culinaria.

Tabla 2. Híbridos triploides de F₁, seleccionados y su genealogía.

No	Genealogía
80-655 -3	Sto P.I. 275246.1 x phu CCC 81
84-636-3	Sto P.I. 161172.9 x phu CCC 81
-18	Sto P.I. 161172.9 x phu CCC 81
84-632 -3	Sto P.I. 230477.4 x phu CCC 81
-6	Sto P.I. 230477.4 x phu CCC 81
85-97 -1	Sto P.I. 230490.10x phu CCC 81
84-75 -1	Sto P.I. 275246.1 x bre P.I. 218228.1
-77 -4	Sto P.I. 275246.1 x bre P.I. 218228.1
-630-4	Sto P.I. 160225.6 x bre P.I. 218228.1
-635 -1	Sto P.I. 230490.7 x bre P.I. 218228.1
82-13 -7	tbr Atzimba x chc P.I. 414143.7

Tabla 3. Híbridos élite de BC₁ que mostraron resistencia a PVY, PLRV y/o a *Phytophthora infestans*, además de buen rendimiento y buen tipo de tubérculos.

Clones	Especies	Clones	Calidad Culinaria	Rend.* kg/pl
82-95 -7	tbr x(sto-phu)	BR-73-74 X 80-655-1	buena	1.3
85-111-2	(tbr-adg)x(sto-phu)	79-94-3 X 80-655-2	buena	1.1
85-115-3	(tbr-adg)x(sto-phu)	80-428-4 X 80-655-1	regular	1.4
85-258-10	(tbr-adg)x(sto-phu)	79-94-3 X 80-655-3	buena	1.5
85-304-1	(tbr-adg)x(sto-phu)	80-4284 X 80-655-3	buena	1.2
90-64-3	(tbr-adg)x(sto-phu)	85-258-10X autofec	buena	1.3
85-303-11	(tbr-adg)x(sto-bre)	80-4204 X 84-75-1	regular	0.8
85-389-2	(tbr-adg)x(sto-bre)	79-94-3 X 84-75-1	buena	0.9
86-16-7	(tbr-adg)x(sto-bre)	380073-2 X 84-75-1	buena	1.5
86-258-10	(tbr-adg)x(sto-bre)	79-94-3 X 84-75-1	buena	1.2
Parda	adg x adg		buena	0.9
Pastusa (Testigo)				
Capiro (Testigo)	tbr x adg		buena	1.0

* Todos mostraron buena forma y buen tamaño de tubérculos.

Algunos híbridos compitieron en producción y calidad con varios cultivares en condiciones de campo pero no se tenía suficiente cantidad de tubérculos de ellos para hacer evaluaciones estadísticas precisas. Durante tres años, 1986-1987-1988, no se observaron infecciones de PVY, PLRV y sólo escasos

daños del hongo *Phytophthora infestans*, en estos híbridos BC₁ seleccionados. A pesar de que en estas condiciones fue frecuente observar muchos clones comunes o testigos que se infectaron con estos patógenos (Tabla 3).

Se presume que el polen fértil de los clones F₁ que intervinieron en los cruzamientos para obtener los híbridos de BC₁ provino de células con restitución parcial de cromosomas, teniendo $2n=2x=24$ y no $2n=36$ ya que el polen fue sumamente efectivo en la fertilidad de los huevos en los clones de **tbr-adg**, ocasionando una producción de 100 o más semillas por baya en BC₁.

Estos híbridos BC₁, fueron a su vez altamente fértiles en los cruzamientos para obtener los BC₂. Es lo más probable que si el polen de F₁ hubiera resultado con gametos $2n=36$ producido por células con restitución total de cromosomas, la fertilidad y producción de semillas en los BC₁ habría sido mucho más baja debido a problemas del Factor Balanceado del Endospermo (EBN) (7) y a la misma baja fertilidad del propio polen.

En conclusión, después de las observaciones cuidadosas de los materiales promisorios obtenidos, se puede decir que mediante el empleo de **sto** en cruzamientos con las especies diploides **phu** y **bre**, se logró simultáneamente:

- a. Acortar las generaciones de cruzamientos para obtener clones de tipo comercial,
- b. Reducir las poblaciones necesarias para transferir los genes adecuados de las especies silvestres.
- c. Emplear estas especies para incorporar valiosas características como resistencia al "tizón tardío" y aceptable calidad de tubérculos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown, C.R. 1988. Characteristics of $2n$ pollen producing triploid hybrids between *Solanum stoloniferum* and cultivated diploid potatoes. Am. Potato J. 65:75 - 84.
2. Desborough, S.; F. Lauer. 1977. Improvement of potato protein II. Selection for protein and yield. Am. Potato J. 54: 371-376.
3. Estrada-Ramos, N. 1963. Crossability of *Solanum tuberosum* haploids. En: Ann. Meet./Amer. Soc. Agron, Denver, USA. p.79 (Abs).

4. Estrada-Ramos, N. 1967. Cruzabilidad de *Solanum stoloniferum* Schelechdt et Beche con *Solanum phureja* juz. et Buk. En: Congr. Nac. Ing. Agr. (40), Barranquilla-Colombia. 2p.
5. Estrada-Ramos, N. 1986. Transferencia rápida de genes valiosos de las especies silvestres de papa hacia las cultivadas. Premio Nal. de Ciencias. Fundación Alejandro Ángel Escobar. 82pp. Bogotá-Colombia.
6. Estrada-Ramos, N. 1988. Utilization of *Solanum brevidens* Phil. to transfer PLRV resistance into cultivated potatoes. Abstr. III Int. Solanaceae Congress (Bogotá-Colombia). p.49 (Abstr.).
7. Hanneman, R.E.; M.K. Ehlenfeldt. The use of endosperm balance number (EBN) concept in potato improvement. 9th. Triennial Conf. Eur. Ass. Potato Res. Interlaken. 99-100 (Abstr.).
8. Hawkes, J.G. 1947. Some observations on South American potatoes. Ann. Appl. Bio. 34: 622-631.
9. Hermsen, J.G.T.; L.M. Taylor. 1979. Successful hybridization of non-tuberous *Solanum etuberosum* Lindl. and tuber bearing *S. pinnatisectum* Dun. Euphytica 28: 1-8.
10. Jones, R.A.C. 1979. Resistance to potato leaf roll virus in *Solanum brevidens*. Potato Res. 22: 149-152.
11. Rizvi, S.A.H. 1983. Extreme resistance to potato leaf roll virus (PLRV) in seedlings of *Solanum etuberosum* x *Solanum pinnasectum* with 4x chromosomes. Proc. Int. Congr. Res. Potato for year 2000. CIP (Lima-Perú). 162pp.
12. Ross, H. 1986. Potato breeding problems and perspectives. Supl. 13 to J. of Plant Breed. (Germany). 132pp. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.
13. Ross, R.; P.R. Rowe. 1969. Inventory of tuber-bearing *Solanum* species. Wis. Agr. Exp. Sta. Bul. 533, 73pp.