



17 e 20 de setembro de 2012  
Uberlândia-MG-Brasil

XXV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa - ALAP  
XIV Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Batata - ENB

## RESISTENCIA GENÉTICA DE HÍBRIDOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) AL ESTRÉS HÍDRICO POR SEQUÍA

**Gabriel, Julio L.<sup>1</sup>; Ancasi, Gabriela R.<sup>1</sup>; Angulo, Ada L.<sup>1</sup>; Magne, Jury I.<sup>1</sup>; La Torre, Jaime<sup>2</sup>; Mamani, Pablo F.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fundación PROINPA, Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia. E-mail: [j.gabriel@proinpa.org](mailto:j.gabriel@proinpa.org), <sup>2</sup>Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias Forestales y Veterinarias, UMSS, Cochabamba, Bolivia.

### Introducción

Según el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE, 2008), la sequía es uno de los eventos más importantes que han afectado a Bolivia durante los últimos años. En el año 2007 se han reportado 37.638 familias afectadas por sequía, un número cinco veces superior al reportado en el año 2002 (INE, 2008). Estas cifras están demostrando que algo está pasando con el clima y la amenaza a afrontar se caracteriza por sequías prolongadas, desertificación extrema, agotamiento de fuentes de agua, etc. (Magne, 2009). La sequía en el territorio boliviano se presenta con mucha frecuencia, y al ser un factor abiótico no tiene control en zonas sin riego, siendo una importante limitación del medio ambiente en la producción de papa.

Para afrontar el problema de la sequía, existen dos opciones: optimizar el uso del agua y/o generar variedades genéticamente resistentes y/o tolerantes (Ceccarelli, 1984). Siendo que el manejo agronómico se aplicaría específicamente para cultivos bajo riego. Para los suelos a secano se contaría únicamente con la segunda alternativa, la cual permitiría lograr rendimientos estables en condiciones de ambientes contrastantes y esto se lograría a través del uso de germoplasma resistente y/o tolerante. En este sentido, la presente investigación tuvo el objetivo de evaluar y seleccionar clones resistentes a estrés hídrico por sequía bajo invernadero en nueve familias de cruzamientos inter-específicos de papa (563 clones).

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en el año agrícola 2011 en uno de los invernadero de la Fundación PROINPA (zona de El Paso), provincia de Quillacollo del departamento de Cochabamba (Bolivia). Las familias fueron sometidas a estrés hídrico por sequía durante 10 días durante la etapa de inicio de tuberización (a los 76 días después de la siembra). Las variables de respuesta fueron la severidad (S), recuperación (R), grado de postrado (P), volumen de raíz (VR), peso seco de raíz (PSR), longitud de raíz (LR), eficiencia de uso de agua (WUE), peso de tubérculos (PT) y número de tubérculos (NT) (Blum, 1993; Mamani, 2000; Angulo *et al.*, 2008; Gabriel *et al.*, 2011a). Para el análisis genético de la resistencia a sequía se utilizó el Diseño I de Carolina de Norte en el que cada progenitor masculino se apareó con *m* hembras diferentes (Martínez-Garza, 1988). Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre S, R y las demás variables para determinar que variables se encontraban correlacionadas y en que magnitud con la S y/o R. Los análisis de varianza fueron realizados en el Proc Mixed de SAS (SAS, 2004).

### Resultados y discusión

Fueron seleccionados 19 clones con mayor resistencia a estrés hídrico por sequía y con mayor número de tubérculos. La familia 02-208 [(phu x blb) x phu] mostró la menor severidad y mayor recuperación con respecto a las demás familias. Hubo alta correlación de la variable R versus P (turgencia), VR, LR y WUE (Tabla 1). El análisis de la varianza genética (Tabla 2) mostró que los efectos aditivos y dominantes son igualmente importantes en la resistencia al estrés hídrico por sequía en la mayoría de las variables evaluadas. Al respecto Cattivelli (2008), mencionó que en la resistencia genética a la sequía en trigo, hay baja heredabilidad, un control poligénico, epístasis, una interacción significativa del genotipo y el ambiente (G x E) y los caracteres cuantitativos y el ambiente (QTL x E). Las heredabilidades en sentido amplio para S, R y P fueron las más altas (mayores al 80%), esto sugiere que estos caracteres son los más adecuados para la selección de

clones con genes de resistencia a estrés hídrico por sequía. El genotipo macho [phu x blb] mostró alta ACG para las variables mencionadas y las cruzas [A (blb x phu) x NKD – 164 (stn)] y [Chulina 3 (phu)] x (phu x blb) mostraron la más alta ACE (Tabla 2).

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico de los proyectos Fontagro - CLIPAPA (FTG/RF-1025-RG), Fontagro - papa Cambio Climático (FTG-8037/08) y “Fortaleciendo capacidades de innovación participativa para luchar contra la pobreza rural” (IP – Holanda).

### Referencias bibliográficas

- Angulo, A., M. Siles, R. Ríos, J. Gabriel. 2009. Caracterización de 118 accesiones de arveja (*Pisum sativum* L.) del Banco de Germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pirumani para resistencia a sequía. *Revista de Agricultura* 42 (60): 25-31.
- Cattivelli, L. 2008. Plant adaptation to abiotic stress conditions: An integrated view from breeding to genomics. Page 135-137 in Carmen M Avila, Sergio G Atienza, José I Cubero, Maria T Moreno (eds); *Actas de Horticultura. IV Congreso de mejora genética de plantas*, 14 - 16 Octubre, 2008, Córdoba, España.
- Blum, A. 1993. Selection for sustained production in water deficit environments. *Crop Sci.* 1: 343-347.
- Ceccarelli, S. 1984. Plant responses to water stress. *Gen. Agr.* 38:43-74.
- Gabriel, J., P. Porco, A. Angulo, J. Magne, J. La Torre, P. Mamani. 2011b. Resistencia genética a estrés hídrico en variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. *Revista Latinoamericana de la Papa* 16 (2): 173 – 208.
- Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE). 2008. Bolivia: Eventos adversos de origen natural reportados, según tipo de evento, 2002–2008. <http://www.ine.gov.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC80601.HTM>. Consulta: Febrero 2012.
- Magne, J., R. Ríos, J. Gonzáles, M. Siles. 2009. Herencia de la resistencia genética de arveja (*Pisum sativum* L.) al anegamiento. *Revista de Agricultura* 47 (62): 44 – 51.
- Mamani, P. 2000. Effet de la secheresse sur six variétés de pomme de terre dans les andes boliviennes. Tesis M.Sc., Université Catholique de Louvain Faculte des Sciences Agronomiques, Bélgica. 43 p.
- Martinez-Garza, A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México D.F., México. 756 p.
- SAS. Institute Inc. 2004. User's guide. Statistics. Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación de Pearson para nueve progenies de papa sometidas a estrés hídrico en pre-tuberización. Año 2011.

	S	P	R	VR (mL)	LR (cm)	PSR (g)	NT	PT (g)	WUE
<b>Severidad</b>	1	<b>0,40</b>	<b>0,43</b>	-0,16	-0,16	-0,11	0,12	0,08	-0,15
		<.0001	<.0001	0,0003	0,0002	0,014	0,1733	0,3409	0,0004
<b>Recuperación</b>	<b>0,43</b>	<b>0,70</b>	1	<b>-0,71</b>	<b>-0,65</b>	-0,42	0,13	0,07	<b>-0,67</b>
	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	0,1261	0,4375	<.0001

Severidad = 0 a 5, Recuperación = 0 a 5, Turgencia = 1 a 3. Las variables en negrilla son las que mostraron mayor correlación.

**Tabla 2.** Varianzas genéticas, heredabilidades e importancia de los efectos genéticos en una población de papa bajo estrés hídrico por sequía durante la pre-tuberización. Año 2011..

Variables	Severidad	Recuperación	Turgencia	(mL)	Paso seco raíz (g)	Longitud raíz (cm)
$\sigma^2_a$	4,11	0,74	0,12	1,25	0,79	0,83
$\sigma^2_d$	3,73	0,56	0,09	0,04	0,49	0,01
$H^2$	0,87	0,79	0,8	0,41	0,39	0,32
$\gamma$	0,95	0,87	0,87	0,17	0,79	0,13
<b>Machos</b>	<b>ACG</b>					
NKD136	0,29	-0,13	0,09	-0,40	-0,39	-0,31
NKD158	0,28	-0,11	0,05	-0,16	-0,21	-0,19
NKD162	0,20	-0,17	0,04	-0,05	-0,05	-0,22
NKD164	0,33	<b>-0,18</b>	0,06	-0,50	-0,53	-0,39
YHxblb21	<b>-1,10</b>	0,59	-0,24	<b>1,11</b>	<b>1,18</b>	<b>1,11</b>
<b>Cruza</b>	<b>ACE</b>					
D x NKD136	0,03	-0,01	0,01	-0,04	-0,04	-0,03
Wilapala x NKD158	-0,01	0,13	-0,07	0,54	0,50	0,26
D x NKD158	0,07	-0,16	0,09	-0,63	-0,58	-0,33
D x NKD162	0,24	-0,20	0,13	-0,75	-0,76	-0,61
G x NKD162	-0,17	0,17	-0,11	0,67	0,67	0,54
A x NKD164	0,31	-0,07	0,06	-0,45	-0,54	-0,58
D x NKD164	-0,25	0,05	-0,04	0,36	0,45	0,51
BoI 2835 x YHxblb21	0,71	-0,43	0,10	-0,68	-0,78	-0,74
Chulina3 (phu) x YHxblb21	-0,64	0,41	-0,08	0,60	0,69	0,67

$\sigma^2_a$  = Varianza aditiva,  $\sigma^2_d$  = Varianza de dominancia,  $H^2$  = Heredabilidad en sentido amplio,  $\gamma$  = importancia de efectos genéticos (= aditiva y dominante son igualmente importantes, >1=aditivos importantes;<1 dominantes importantes). Severidad = 0 a 5, Recuperación = 0 a 5, Turgencia = 1 a 3. A = blb x phu, D = can x phu, G = jam x gon.