

Salinas: nueva variedad de frijol pinto para áreas de temporal de Guanajuato

Yanet Jiménez-Hernández¹
Víctor Montero-Tavera¹
José Luis Anaya-López¹
José Cruz Jiménez-Galindo²
Guadalupe Herrera-Hernández¹
Brenda Zulema Guerrero-Aguilar¹
Jorge Alberto Acosta-Gallegos^{1§}

¹Campo Experimental Bajío-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato CP. 38110. (jimenez.yanet@inifap.gob.mx; montero.victor@inifap.gob.mx; anaya.jose@inifap.gob.mx; herrera.guadalupe@inifap.gob.mx; guerrero.brenda@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Sierra de Chihuahua-INIFAP. Avenida Hidalgo 1213, colonia Centro, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua (jimenez.cruz@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: acosta.jorge@inifap.gob.mx.

Resumen

Salinas es una variedad de frijol tipo pinto, de hábito indeterminado-postrado tipo III, fotoperiodo de día corto, madurez temprana, resistente a roya, tizón de halo y antracnosis, grano de oscurecimiento lento y de alta capacidad de hidratación. Fue desarrollada por el Programa de Frijol del Campo Experimental Bajío (CEBAJ). Se derivó de la retro-cruza de Pinto Saltillo// (Pinto Saltillo/97-RS-101) y su evaluación se inició como línea F₉ desarrollada por selección de pedigrí. En generaciones posteriores se evaluó con base en rendimiento y resistencia a enfermedades en diferentes lugares del Altiplano Semiárido y del Centro de México. En tres años de prueba (2010-2012) en ambientes de temporal mostró potencial de rendimiento similar y fue superior en resistencia a enfermedades a Pinto Saltillo. Salinas porta marcadores moleculares de genes asociados con la resistencia a roya (Ur3-Ur7, Ur9 y GB), antracnosis (Co1, Co1², Co2, Co4, Co4² y Co6) y tizón de halo (SR13, ST8, SAE15 y SW13) y en campo muestra resistencia a las razas de estas enfermedades prevalecientes en Guanajuato. También es resistente al virus del mosaico común (BCMV) debido a la presencia del gen I. Salinas produce grano de tamaño mediano de tipo pinto moteado (33 ±3 g 100 semillas⁻¹). El rendimiento promedio en temporal depende del ambiente y del manejo agronómico, en las localidades de Guanajuato va de 622 kg ha⁻¹ en San Luis de la Paz, hasta 3 209 kg ha⁻¹ en Salvatierra con fertilización y fecha de siembra óptimas.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., hábito indeterminado-postrado, oscurecimiento lento, resistencia a enfermedades.

Recibido: junio de 2018

Aceptado: julio de 2018

El frijol de tipo Pinto es el segundo de mayor producción y consumo en el país, solo después del tipo Negro, se comercializa ampliamente en el norte y en los últimos años se ha extendido con la aceptación de los productores y consumidores en la región centro-occidente. Los principales estados productores son Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, y en menor proporción Querétaro, Guanajuato, Sonora, Coahuila y Aguascalientes (SIAP-SAGARPA, 2016).

La mayoría de las variedades mejoradas y criollos pintos son susceptibles a roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), por lo que la incorporación de resistencia a éstas enfermedades ha sido uno de los objetivos del Programa de Mejoramiento de Frijol del Campo Experimental Bajío, la incorporación de resistencia se realiza mediante el uso de diversas fuentes de germoplasma (Beaver *et al.*, 2003; Singh y Shwartz, 2010), la selección directa contra roya se realiza en ambientes de temporal, la inoculación con razas de antracnosis de amplia distribución en el Altiplano de México (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2006), y recientemente a través del uso de marcadores moleculares ligados a genes de resistencia.

Salinas se derivó de una retrocruza entre Pinto Saltillo como progenitor recurrente y la línea 97-RS-101 realizada en el Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, en 2002. Pinto Saltillo es una variedad de semillas con cubierta de oscurecimiento lento desarrollado por selección por pedigrí de una cruce multi-parental (Sánchez-Valdez *et al.*, 2004). La línea 97-RS-101 es de hábito de crecimiento semi-erecto tipo II, resistente a roya y de semillas con cubierta de oscurecimiento normal (Stavely *et al.*, 1998). El objetivo de la cruce fue recuperar líneas con resistencia a la roya y cubierta de semilla de oscurecimiento lento.

Las plantas F₁ se autofecundaron en el invernadero en el otoño-invierno 2002- 2003 y se realizaron selecciones individuales de plantas F₂ en condiciones de temporal; con base en la resistencia a las enfermedades que ocurrieron en forma natural. Posteriormente se llevaron a cabo selecciones entre y dentro de las familias segregantes durante dos ciclos de cultivo por año hasta la generación F₉. Las selecciones en el campo se basaron en la precocidad, la resistencia a enfermedades y la carga de vainas, mientras que en gabinete se basaron en características de la semilla como el tamaño, el color y la oscuridad de la cubierta. El proceso de selección se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Proceso de selección para el desarrollo de la variedad Salinas.

Año	Actividad	Descripción
2002	Cruzamiento	Cruza de progenitores Pinto Saltillo (femenino) y 97-RS-101 (masculino), y retrocruza de F ₁ (masculino) al progenitor Pinto Saltillo.
2003-2006	Selección de plantas individuales dentro de poblaciones y familias segregantes.	Selección en poblaciones y familias segregantes bajo riego y temporal desde la generación F ₂ a la F ₈ con base en precocidad, vigor de la planta, carga de vainas y resistencia a enfermedades en campo.
2007	Evaluación preliminar de líneas fenotípicamente uniformes en generación F ₉ .	Evaluación preliminar de líneas bajo diseño experimental y comparación con testigos en ensayo local de rendimiento.

Año	Actividad	Descripción
2008-2009	Evaluación de líneas en Ensayo Uniforme de Adaptación y Rendimiento.	Evaluación bajo diseño experimental y comparación con testigos en diversas localidades de temporal del Altiplano. Evaluación del grano de líneas superiores bajo luz UV.
2013	Selección de plantas individuales en la línea PTB 09016.	Selección de plantas individuales de PTB 09016 bajo temporal en el Bajío, con base en reacción de resistencia a la roya.
2015-2017	Evaluación de la línea PTB 09016 en ensayo uniforme de adaptación y rendimiento.	Evaluación de PTB 09016M bajo diseño experimental y comparación con testigos en ambientes de riego y temporal en Guanajuato.
2017	Caracterización de la nueva variedad Salinas mediante marcadores moleculares.	Identificación de marcadores moleculares asociados al oscurecimiento lento y a genes de resistencia a mosaico común, roya y antracnosis.
2018	Registro de la variedad Salinas	Registro ante SNICS-SAGARPA y multiplicación de semilla de original a básica en el CEBAJ.

Salinas tiene hábito de crecimiento postrado tipo III y buena capacidad para cubrir el suelo, lo que la hace adecuada para los ambientes marginales de temporal prevalecientes en el Altiplano Semiárido del centro-norte de México, incluyendo el norte de Guanajuato y el semiárido de Querétaro. Las plantas producen flores blancas, su floración inicia entre 39 a 46 días después de la siembra, y madura entre los 82 y 92 días.

El número de días a floración se reduce conforme se atrasa la siembra al final de julio. Salinas es de reacción de día corto al fotoperiodo, como se comprobó en condiciones de invernadero al extender la duración del día con luz suplementaria, y en condiciones de campo en Dakota del Norte, EE. UU. (Osorno, 2017. Com. Pers.). Por ser sensible al fotoperiodo, las plantas de Salinas pueden mostrar plasticidad fenológica, una característica adaptativa en condiciones de temporal (Acosta y White, 1995) y plasticidad morfológica, por lo que en siembras atrasadas la planta acelera su desarrollo, modifica la distribución de asimilados y reduce su tamaño. Las vainas son planas de color verde claro, con cuatro a seis semillas, y antes de llegar a la madurez fisiológica presentan manchas de color rojizo. El color y forma de la semilla (Figura 1) y el peso de cien semillas (33 ± 3 g) son similares a los de Pinto Saltillo, y al igual que este, la testa es de oscurecimiento lento.

En las evaluaciones de adaptación y rendimiento (Cuadro 2) se incluyeron ambientes de riego, temporal y de temporal con un riego suplementario y tres variedades registradas previamente. En algunos ambientes bajo temporal (Ocampo, Guanajuato, en los años 2012 y 2015 y Jamaica, Dolores, Guanajuato, en el año 2013) se obtuvieron rendimientos bajos; mientras que en los demás ambientes que incluyeron al Rancho de Peña (Pénjamo, Guanajuato), Rancho Los Prado (San Luis de la Paz, Guanajuato), La Calera (Salvatierra, Guanajuato) y el Campo Experimental Bajío (Celaya, Guanajuato), se obtuvieron los mayores rendimientos. En general, el rendimiento de las variedades se modificó en función del ambiente, debido principalmente a la presencia de enfermedades y a la cantidad y distribución de la precipitación.



Figura 1. Grano típico de la variedad de frijol Salinas. La semilla es de color crema claro con manchas de color café, tiene forma elíptica en su corte transversal con una forma externa romboédrica y semi-arriñonada.

Cuadro 2. Rendimiento y peso de cien semillas de cuatro variedades de frijol Pinto establecidos en diversos ambientes de Guanajuato bajo condiciones de riego y temporal.

Año y variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)			Peso de cien semillas (g)		
	Ocampo ^a	CEBAJ ^a	Peña ^b	Ocampo ^a	CEBAJ ^a	Peña ^b
2012	Ocampo ^a	CEBAJ ^a	Peña ^b	Ocampo ^a	CEBAJ ^a	Peña ^b
San Rafael	668	1 649	1 550	34.9	33.3	32.1
Rarámuri	754	2 167	2 025	27.6	33	38.2
P. Saltillo	743	1 752	1 760	29.3	34.4	31.1
Salinas	852	1 852	1 895	28.1	33.7	31.6
2013	CEBAJ ^b	CEBAJ ^a	Jamaica ^a	CEBAJ ^b	CEBAJ ^a	Jamaica ^a
San Rafael	1 681	1 167	851	36.3	43.8	30.8
Rarámuri	2 229	1 400	535	29.5	44	31.5
P. Saltillo	2 107	1 437	1 132	31.6	37.6	29.1
Salinas	2 262	1 278	775	29.9	35.7	28.4
2015	Ocampo ^a	CEBAJ ^a		Ocampo ^a	CEBAJ ^a	
San Rafael	714	2 494		33.2	ND	
Rarámuri	1 335	2 061		36.2	ND	
P. Saltillo	806	1 522		30.2	ND	
Salinas	985	1 499		32.2	ND	
2017	Prado ^b	CEBAJ ^c	Calera ^a	Prado ^b	CEBAJ ^c	Calera ^a
San Rafael	2 502	3 216	2 009	ND	ND	43.4
Rarámuri	2 953	2 996	2 012	ND	ND	40.9
P. Saltillo	2 113	2 001	2 025	ND	ND	35.2
Salinas	2 641	3 209	1 761	ND	ND	35.2

CEBAJ= Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato; Calera= La Calera, Salvatierra; Jamaica= Jamaica, Dolores Hidalgo; Prado= Rancho Los Prado, San Luis de la Paz; Ocampo: Ocampo. Peña= Rancho de Peña, Pénjamo. ^a= temporal; ^b= riego; ^c= temporal más un riego suplementario; ND= no se determinó.

En promedio el rendimiento de San Rafael fue de 1 665 kg ha⁻¹ variando de 668 kg ha⁻¹ hasta 3 216 kg ha⁻¹; el de Rarámuri fue de 1 861 kg ha⁻¹ variando de 535 kg ha⁻¹ a 2 996 kg ha⁻¹, el de Pinto Saltillo fue de 1 581 kg ha⁻¹, variando desde 743 kg ha⁻¹ a 2 113 kg ha⁻¹, y el de Salinas fue de 1 728 kg ha⁻¹, variando desde 775 kg ha⁻¹ a 3 209 kg ha⁻¹. El valor mínimo de cosecha fue superior en Salinas, mientras que en el valor máximo no hay diferencias significativas entre Salinas y San Rafael, lo cual demuestra el alto potencial de Salinas en diferentes ambientes.

El grano de Salinas, producido en 2012 bajo condiciones de temporal y de temporal con un riego suplementario, se comparó con el de Pinto Saltillo y San Rafael por su capacidad de absorción de agua y tiempo de cocción (características relacionada con la calidad del grano), así como en el contenido de hierro, zinc y proteínas totales (relacionados con la calidad nutrimental). La capacidad de absorción de agua del grano de Salinas fue superior a 100% en ambas condiciones de cultivo y similar al de las otras variedades, con excepción del grano de Pinto Saltillo producido bajo condiciones de temporal que fue de 96.3 ±3.29%, esto indica que el grano de Salinas duplica su peso con la hidratación y no presenta problemas de impermeabilidad o de endurecimiento, lo que la convierte en una variedad apta para la industria del enlatado.

En tiempo de cocción, que se considera como uno de los parámetros de calidad más importante del grano, Salinas tuvo un tiempo de 140 ±4 min en condiciones de temporal y de 139 ±13 min en condiciones de temporal con un riego suplementario, valores similares a los de las otras dos variedades, que rondaron los 139 y 145 min.

En relación a la calidad nutrimental, el grano de Salinas producido en condiciones de temporal tuvo contenido intermedio de hierro (5.1 ±0.07 mg 100 g⁻¹) y proteína (22.3 ±0.08%) en comparación con San Rafael y Pinto Saltillo y el contenido más bajo de zinc (2.7 ±0.21 mg 100 g⁻¹), similar al de Pinto Saltillo; mientras que en condiciones de temporal con un riego suplementario el contenido de proteína se mantuvo similar al obtenido en condiciones de temporal (22.8 ±1.19%), pero el contenido de hierro y zinc se incrementó, aunque se mantuvo en valores intermedios en comparación con el de las otras variedades.

Con respecto a las enfermedades, en los ensayos realizados entre 2013 y 2017 bajo condiciones de temporal en el Campo Experimental Bajío, Salinas y Pinto Saltillo se comportaron de manera similar mostrando resistencia al tizón común y tizón de halo con valores de daño entre 2 y 3 (en una escala de 1 a 9), excepto en el año 2015 en el que Pinto Saltillo tuvo una reacción de resistencia intermedia al tizón común con un valor de daño de 4. La principal ventaja de Salinas es la resistencia a roya con un valor promedio de daño de 2.5 en los tres años de evaluación, mientras que Pinto Saltillo tuvo un promedio de 4.2. La roya es una de las enfermedades más importantes debido a que causa pérdidas de rendimiento de 25% a 100% en variedades susceptibles (Souza *et al.*, 2013), además presenta una amplia variabilidad genética de razas, de las que se han identificado decenas en todo el mundo (Jochua *et al.*, 2008).

En el año 2015, la roya afectó severamente a Pinto Saltillo bajo condiciones de temporal en Ocampo, Guanajuato; La Calera, Guanajuato; Zacatecas, Zacatecas y San Juan del Río, Querétaro, con un valor de daño promedio de 6.5 en comparación con el valor promedio de 3 de Salinas.

Entre los marcadores moleculares que se identificaron en Salinas se encuentra el SAS13 (Young *et al.*, 1998) asociado al gen Co4² que confiere amplia resistencia a antracnosis; el SW13 (Melotto *et al.*, 1996) asociado al gen I que confiere resistencia al mosaico común, los marcadores Sk14 (Nemchinova y Stavely, 1998), SA14 (Meine *et al.*, 2004), y SI19 (Melotto y Kelly, 1998) asociados a los genes Ur-3, Ur-4 y Ur-5, respectivamente, que confieren resistencia a roya, y el Pvsd1157 (Felicetti *et al.*, 2012) asociado al oscurecimiento lento de la testa de la semilla.

Conclusiones

La disponibilidad de una nueva variedad de frijol de tipo pinto con adaptación a las áreas de temporal en Guanajuato, con alto potencial de rendimiento, mayor resistencia a roya y capacidad para la industria del enlatado, ofrece una opción más a productores y consumidores de frijol en Guanajuato. Las características morfológicas del grano, similares a las de Pinto Saltillo, permitirán su comercialización y aceptación por los consumidores de frijol que ya prefieren este tipo de grano.

Literatura citada

- Acosta, G. J. A. and White. J. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. *Crop Sci.* 35(1):199-204.
- Beaver, J. S.; Rosas, J. C.; Myers, J.; Acosta, J.; Kelly, J. D. S.; Nchimbi, M. R.; Misangu, J.; Bokosi, S.; Temple, E.; Arnaud, A. and Coyne. D. P. 2003. Contributions of the bean/cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. *Field Crops Res.* 82(2-3):87-102
- Felicetti, E.; Song, Q.; Jia, G.; Cregan, P.; Bett, K. and Miklas, P. N. 2012. Simple sequence repeats linked with slow darkening trait in Pinto bean discovered by single nucleotide polymorphism assay and whole genome sequencing. *Crop sci.* 52(4):1600-1608.
- Jochua, C.; Amane, M. I. V.; Steadman, J. R.; Xue, X. and Eskridge, K. M. 2008. Virulence diversity of the common bean rust pathogen within and among individual bean fields and development of sampling strategies. *Plant Dis.* 92(3):401-408.
- Meine, C. M. S.; Naidoo, R. and Liebenberg, M. M. 2004. Conversion of the RAPD marker for *Ur-4* to a co-dominant SCAR marker SA141079/800. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 47:261-262.
- Melotto, M. and Kelly, J. D. 1998. SCAR markers linked to major disease resistance genes in common bean. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.* 41:64-65.
- Melotto, M.; Afanador, L. and Kelly J. D. 1996. Development of a SCAR marker linked to the *I* gene in common bean. *Genome.* 39(6):1216-1219.
- Nemchinova, Y. P. and Stavely. J. R. 1998. Development of SCAR primers for the *Ur-3* rust resistance gene in common bean. *Phytopathology.* 88:S67.
- Rodríguez, G. R.; Acosta, G. J. A.; González, Ch. M. M. y Simpson, J. 2006. Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. *Agric. Tec. Mex.* 32(1):101-114.
- Sánchez, V. I.; Acosta, G. J. A.; Ibarra, P. F. J.; Rosales, S. R. R. and Singh. S. P. 2004. Registration of 'Pinto Saltillo' common bean. *Crop Sci.* 44(5):1865-1866.
- SIAP-SAGARPA. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Atlas agroalimentario 2017. Frijol. 84-85 pp.

- Singh, S. P. and Schwartz, H. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci.* 50(6):2199-2223.
- Souza, T. L. P.; Faleiro, F. G.; Dessaune, S. N.; Paula, J. T. J. D.; Moreira, M. A. and Barros, E. G. D. 2013. Breeding for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rust resistance in Brazil. *Trop Plant Pathol.* 38(5):361-374.
- Stavely, J.R.; Grafton, K.F. and Kelly J.D. 1998. Release of BelDakMiRMR-14 erect, short vine, rust and mosaic resistant Pinto bean germplasm line. USDA, North Dakota and Michigan Agric. Exp. Stations. USDA Release Notice.
- Young, R. A.; Melotto, M.; Nodari, R. O. and Kelly, J. D. 1998. Marker assisted dissection of the oligogenic anthracnose resistance in common bean cultivar, 'G2333'. *Theor. Appl. Genet.* 96(1):87-94.