

## ANÁLISIS Y COMENTARIOS

ADELANTOS EN EL MEJORAMIENTO DE  
FRIJOL ANDINO CARIBEÑO <sup>1</sup>James Beaver<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Adelantos en el mejoramiento de frijol andino caribeño.** Las enfermedades mosaico dorado, roya, mustia y bacteriosis común frecuentemente limitan el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en el Caribe. Los resultados de los viveros de adaptación caribeños de PROFRIJOL demuestran que los programas de mejoramiento del Caribe y CIAT han desarrollado líneas de frijol rojo moteado y rojo arriñonado con resistencia a una o más de estas enfermedades. La disponibilidad de marcadores moleculares debería permitir la combinación de diferentes genes específicos de resistencia. Sin embargo, el uso eficaz de estos genes específicos de resistencia requerirá un conocimiento de las patrones de virulencia de los patógenos. Se han identificado fuentes de tolerancia para ciertos factores abióticos tales como altas temperaturas. No obstante, los programas de mejoramiento de frijol en el Caribe todavía no han desarrollado variedades que combinen resistencia a las enfermedades con tolerancia a estrés abiótico. La República Dominicana, Haití y Cuba tienen colecciones de variedades criollas de frijol Andino Caribeño que deberían servir como fuentes de diferentes características valiosas.

## ABSTRACT

**Advances in Caribbean Andean bean breeding.** Bean golden mosaic, rust, web blight, and common bacterial blight frequently limit bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield in the Caribbean. Results from the PROFRIJOL Caribbean Adaptation Nurseries demonstrate that CIAT and the bean breeding programs in the Caribbean have developed red mottled and light red kidney bean varieties with resistance to one or more of these diseases. The availability of molecular markers should permit the combination of specific genes conferring resistance. However, the effective use of these genes for disease resistance will require learning about the virulence patterns of pathogens. Sources of tolerance to some abiotic factors such as high temperatures have been identified. Nevertheless, bean breeding programs in the Caribbean have not yet developed bean varieties that combine disease resistance and tolerance to abiotic stress. The Dominican Republic, Haiti and Cuba have made collections of native Andean Caribbean bean varieties, which should prove to be the source of many valuable traits.



Las clases de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) rojo moteado y rojo claro arriñonado son cultivados en toda la región de El Caribe. Este cultivo se produce en zonas de baja altitud (< 1000 m), en sistemas que varían de monocultivos irrigados a producción bajo régimen de lluvias en zonas de laderas. El Virus del Mosaico Dorado del Frijol (VMDF), la mustia hilachosa [*Tanatephorus cucumeris* (Frank) Donk], la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) y la roya [*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger var. *appen-*

*diculatus*] pueden reducir tanto el rendimiento como la calidad de las cosechas. La producción de frijol en laderas a menudo es limitada por sequía y baja fertilidad del suelo. Las altas temperaturas limitan la producción de frijol tipo Andino durante épocas en que los patrones de precipitación son más favorables.

Los primeros colonizadores europeos en El Caribe observaron que el frijol era ampliamente cultivado por los nativos americanos (Gepts y Debouck, 1991). En

<sup>1</sup> Presentado en la XLIV Reunión Anual del PCCMCA, Nicaragua. 1998.

Parte de esta investigación fue financiada por PROFRIJOL

<sup>2</sup> Dept. of Agronomy and Soils, University of Puerto Rico, P.O. Box 9030, Mayaguez, Puerto Rico 00681.

E-mail: j\_beaver@rumac.upr.clu.edu

consecuencia, las variedades criollas de frijol de esta región tienen una alta variabilidad por tipo de semilla, características agronómicas y resistencia a enfermedades. Las variedades criollas andinas de El Caribe pueden tener tipos de semilla rojo moteado, rojo claro arriñonado, cacahuete o amarillo. Sus hábitos de crecimiento varían de líneas determinadas de madurez temprana a cultivares indeterminados tipo III. La colección de variedades criollas rojo moteado de la República Dominicana contiene fuentes de resistencia a la bacteriosis común (Beaver *et al.*, 1992) y al virus del mosaico dorado (Adames-Mora *et al.*, 1996). Frijoles andinos de Jamaica tienen resistencia a roya (Mmbaga y Steadman, 1992) y tolerancia a altas temperaturas (Baigés *et al.*, 1996).

En años recientes, investigadores de Cuba, República Dominicana y Haití han realizado valiosas contribuciones en la recolección y caracterización de variedades criollas andinas de El Caribe. Esas colecciones ya han mostrado su valor en programas de mejoramiento de frijol en Centro América y El Caribe. 'PC-50', una selección de una variedad criolla de frijol rojo moteado, aún es el cultivar de frijol más popular en la República Dominicana. El cultivar rojo pequeño 'Tío Canela - 75', que tiene altos niveles de resistencia al VMDF, es producto de una cruce de acervos genéticos entre la línea criolla andina tipo rojo moteado 'Pompador J' y las fuentes mesoamericanas de resistencia al VMDF, DOR 483 y DOR 391 (Rosas *et al.*, 1997). La colección de frijoles andinos silvestres debería ser evaluada de forma sistemática por los programas de mejoramiento de frijol en El Caribe por características de importancia económica. Durante el año pasado, una parte de la colección silvestre del tipo Pompadour rojo moteado fue evaluada en Haití. La presión por saltahojas (*Empoasca kraemeri* Ross and More) fue severa y se observaron diferencias significativas entre los niveles de daño en las líneas. Líneas recolectadas en laderas podrían tener niveles útiles de tolerancia a sequía o a suelos con baja fertilidad.

El desarrollo varietal de frijoles andinos para El Caribe es un fenómeno reciente. El CIAT inició un programa de mejoramiento para frijoles andinos de semilla grande en 1978, y el Bean/Cowpea CRSP comenzó a trabajar en Puerto Rico y la República Dominicana en 1981. PROFRIJOL ha provisto ayuda vital para los investigadores de frijol de El Caribe y ha promovido el intercambio de información y de líneas de mejoramiento entre diferentes programas en la región. La mayoría de las entradas en los primeros Viveros de Adaptación de El Caribe (VICARIBE) eran líneas de mejoramiento de CIAT. En años recientes, los programas de mejoramiento de frijol en la República Dominicana, Panamá

y Puerto Rico han madurado al punto de que la mayoría de las entradas del VICARIBE provienen de esos programas de mejoramiento.

Los resultados de los ensayos del VICARIBE son un buen punto de referencia para medir el progreso de los programas de mejoramiento de frijol en El Caribe. En el VICARIBE 1993-1994, las líneas de mejoramiento tipo rojo moteado MUS-PM-31-F5 y 'Arroyo Loro Negro' (MUS-N-4-F5-SI) fueron identificadas por tener niveles útiles de resistencia a mustia hilachosa (PROFRIJOL, 1995). Las líneas de mejoramiento andinas PR9249-76, PR9011-76, PR9249-129 y MUS-PM-31-F5 fueron identificadas como fuentes de resistencia a bacteriosis. Las líneas tipo rojo claro arriñonado DOR 303 del CIAT y PR9443-4 tienen moderados niveles de resistencia al VMDF. Estas líneas tienen una reacción no-clorótica al VMDF, que es conferida por el gen recesivo *bgm-2* (Velez, 1996). Durante los últimos dos años, las entradas del VICARIBE Pinto 6 y la línea roja moteada PR9607-21 han mostrado resistencia al VMDF. La reacción no-clorótica de esas líneas es conferida por el gen recesivo *bgm-1* (Velez, 1996). Se espera que de los resultados del VICARIBE 1997-98, se puedan identificar líneas rojas moteadas con altos niveles de resistencia al VMDF. Adicionalmente, algunas de las líneas deberían tener mayor tolerancia a altas temperaturas.

Varios cultivares de frijol Andino ya han sido liberados en El Caribe. El cultivar rojo moteado 'Guama 23' tiene resistencia a la roya en Cuba (Hernández *et al.*, 1996). En Panamá, se ha reportado que los cultivares rojo claro arriñonado y rojo moteado IDIAP-R2 e IDIAP-C1 tienen moderados niveles de resistencia a mustia hilachosa (Rodríguez *et al.*, 1997). El programa de mejoramiento de la República Dominicana recientemente liberó tres variedades tipo rojo moteado. 'JB-178' (PR-JB-178) es resistente a la roya, mientras 'CIAS-95' (PC-21-SMA) y 'Saladin-97' (PC-21-SME) son moderadamente resistentes a roya y a bacteriosis común. En Puerto Rico, la línea roja clara arriñonada PR9443-4 será liberada como germoplasma mejorado. PR9443-4 tiene el gen *bgm-2* para resistencia al VMDF, el gen *I* para resistencia al virus del mosaico común del frijol y resistencia a nivel de campo a bacteriosis común y roya.

Los programas de mejoramiento de frijol en El Caribe continúan desarrollando líneas con mayores niveles de resistencia a enfermedades. En Puerto Rico se ha planificado el desarrollo de líneas tipo rojo moteado y rojo claro arriñonado que combinen los genes *bgm-1* y *bgm-2* para resistencia al VMDF. El cultivar rojo pequeño 'Don Silvio' (DOR 482) fue usado como uno de

los padres para el desarrollo de líneas rojas moteadas resistentes al VMDF. Molina-Castañeda (1996) encontró que, en adición al gen *bgm-1*, Don Silvio tiene un gen dominante, *Bgp*, que permite el desarrollo normal de las vainas en presencia del VMDF. En consecuencia, es posible que algunas líneas tipo rojo moteado resistentes al VMDF ya posean este gen. La resistencia al VMDF podría permitir el desarrollo y liberación de cultivares de frijol indeterminados. Se han encontrado líneas de frijol andinas con hábito de crecimiento indeterminado y potencial de rendimiento superior (Beaver y Kelly, 1994).

Los patrones de distribución de lluvias y los tipos de suelo varían ampliamente en la mayoría de los países de El Caribe. En la República Dominicana, se han identificado líneas indeterminadas con alto rendimiento que se adaptan bien a la producción en valles bajo irrigación (Beaver *et al.*, 1996). Se han encontrado otras líneas con mejor adaptación a ambientes pobres. Esos resultados sugieren que la interacción genotipo x ambiente podría ser explotada mediante la recomendación de cultivares de frijol para zonas de producción específicas. Sin embargo, esta estrategia podría requerir un sistema eficiente de producción y distribución de semillas.

La mayoría de las líneas andinas de frijol del VI-CARIBE tienen buenos niveles de resistencia a roya. En el futuro, los mejoradores de frijol en El Caribe podrían efectuar un mayor número de cruces entre acervos genéticos. Es importante que las líneas de mejoramiento de frijol andino preserven los alelos que confieren resistencia a enfermedades importantes como la roya. Por ejemplo, el cultivar rojo moteado PC-50 tiene un gen simple dominante que confiere resistencia a patotipos de roya de diverso origen (Bokosi *et al.*, 1995). La variedad criolla roja moteada Pompadour K parece tener un gen dominante que le confiere resistencia al patotipo virulento 'D91SJ1b' (Beaver y Steadman, 1998). Muchas variedades de frijol andino en El Caribe tienen una pubescencia foliar abaxial densa. Mmbaga y Steadman (1992) reportaron que esta característica está relacionada a la resistencia a roya en plantas adultas de frijol común. En Puerto Rico se han desarrollado poblaciones que pueden ser usadas para introducir en frijol andino genes mesoamericanos de resistencia a la roya, como el *Ur-II*.

La mustia hilachosa puede adquirir importancia debido al incremento del cultivo del frijol en zonas bajas de El Caribe. Aunque algunas líneas de mejoramiento de frijol andino tienen niveles de resistencia moderados, los frijoles caribeños tipo rojo moteado y rojo claro arriñonado necesitan más resistencia a esta enfermedad. En Puerto Rico se han desarrollado pobla-

ciones de cruces entre diversas fuentes de resistencia, con el fin de procurar identificar segregantes transgresivos con mayores niveles de resistencia. Una muestra de la colección de germoplasma de frijol de CIAT fue recientemente evaluada en Panamá para reacción a mustia hilachosa. Este esfuerzo debería contribuir a ampliar la base genética de resistencia a esta enfermedad. El uso de técnicas de evaluación más efectivas podrían facilitar el desarrollo de frijoles andinos resistentes a enfermedades. Investigadores en Puerto Rico han desarrollado un método para la evaluación de líneas por resistencia a mustia hilachosa a nivel de invernadero que es sencillo, económico y repetible. Se ha planificado utilizar esta técnica para intentar identificar genes específicos de resistencia.

Hay disponibilidad de marcadores moleculares para varios genes de resistencia a enfermedades importantes en frijol (Kelly y Miklas, 1997). Los programas de mejoramiento de frijol en El Caribe hacen frente al desafío de obtener acceso a esta importante tecnología. El uso efectivo de genes específicos de resistencia a enfermedades también requiere del conocimiento de los patrones de virulencia de los patógenos. Fitopatólogos que trabajan en la región han provisto a los mejoradores de frijol información valiosa concerniente a la virulencia en roya (Araya, 1996), mustia hilachosa (Echávez-Badel *et al.*, 1997; Godoy-Lutz *et al.*, 1996), bacteriosis común (Navarrete-Maya, 1996 y Zapata, 1996), antracnosis causada por [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Lamb.-Scrib.], (Balardin *et al.*, 1997) y mancha angular causada por [*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris], (Chacón *et al.*, 1997).

El mejoramiento para tolerancia a estrés abiótico en El Caribe ha sido limitado. Algunos ensayos de campo son evaluados en ambientes de baja fertilidad o estrés de sequía. Enfermedades como macrofomina [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid] pueden ser más severas en condiciones de sequía (Schwartz, 1989) y líneas rojas moteados han sido identificadas con resistencia a este estrés (Echávez-Badel, 1992).

Mayores niveles de tolerancia al calor podrían permitir el cultivo del frijol durante el verano, cuando los patrones de precipitación son más favorables. Dentro del acervo genético Andino, se ha encontrado que la variedad tipo rojo claro arriñonado 'Indeterminate Jamaica Red' es tolerante al calor (Baigés *et al.*, 1996). Se encontró que la heredabilidad de esta tolerancia en líneas derivadas de cruces con Indeterminate Jamaica Red es intermedia. En Puerto Rico, líneas de mejoramiento tipo rojo moteado y rojo claro arriñonado son regularmente evaluadas durante el verano por tolerancia al calor y al VMDF, y varias líneas promisorias han sido identifica-

das. Adicionalmente, se han desarrollado poblaciones derivadas de cruces entre Indeterminate Jamaica Red y fuentes mesoamericanas de tolerancia al calor como DOR 557, con el fin de evaluar la progenie por segregación transgresiva para tolerancia a este estrés.

Los programas de mejoramiento en El Caribe han realizado varias contribuciones importantes al mejoramiento genético de frijol tipo rojo moteado y rojo arriñonado. Se puede esperar que las próximas variedades liberadas posean mayor potencial de rendimiento y resistencia a más de alguna enfermedad. Sin embargo, el progreso dependerá en gran medida, de la continuidad del esfuerzo por los programas de mejoramiento de frijol en esta región. Esto enfatiza la necesidad de establecer acuerdos que puedan proporcionar ayuda a largo plazo para esta vital actividad de investigación.

## LITERATURA CITADA

- ADAMES, M. C.; BEAVER, J.S.; DIAZ, O. 1996. Una metodología de evaluación del virus del mosaico dorado de habichuela en el invernadero. *J. of Agric. of the Univ. of Puerto Rico* 80:65-72.
- ARAYA, C.M.F. 1996. Pathogenic and molecular variability and telia production of *Uromyces appendiculatus* isolates from the Andean and Middle American centers of domestication of common bean. Ph.D. Dissertation. University of Nebraska. Lincoln Nebraska. 160 p.
- BAIGÉS, S.; BEAVER, J.S.; MIKLAS, N.P.; ROSAS, C.J. 1996. Evaluation and selection of dry beans for heat tolerance. *Ann. Rep. of the Bean Improv. Coop.* 39:88-89.
- BALARDIN, R.S.; JAROSZ, A.M.; KELLY, D.J. 1997. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central and North America. *Phytopathology* 87:1184-1191.
- BEAVER, J.S.; ARNAUD, S.; COYNE, P.D. 1996. Yield stability of determinate and indeterminate red mottled beans. *J. of Agric. of the Univ. of Puerto Rico* 80:187-189.
- BEAVER, J.S.; KELLY, D.J. 1994. Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools. *Crop Science* 34:34-37.
- BEAVER, J.S.; STEADMAN, R.J. 1998. Potential contributions of Andean beans to the genetic improvement of black beans. Paper presented at the PROFRIJOL Workshop for Breeding Black Bean held in Veracruz, Mexico.
- BEAVER, J.S.; STEADMAN, R.J.; COYNE, P.D. 1992. Field reaction of landrace components of red mottled beans to common bacterial blight. *HortScience* 27:50-51.
- BOKOSI, J.; STEADMAN, R.J.; COYNE, P.D.; REISER, J. 1995. Inheritance and association of specific rust resistance, stem color, leaf pubescence and flower color in common bean. *Ann. Rep. of the Bean Improv. Coop.* 38:141-142.
- CHACÓN, M.I.; JARA, C.; CASTELLANOS, G.; POSSO, E.C.; BURUCHARA, R.; CUASQUER, B.J.; PASTOR, C.M.A. 1997. Diversidad genética y relación entre aislamientos de Africa y América Latina del hongo de mancha angular del frijol común: Implicaciones para el mejoramiento genético. p.135-142. *In: Singh, S.P. and O. Voyses (eds.). Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina.* CIAT. Cali, Colombia. 559 p.
- ECHAVEZ, B.R.; BAUTISTA, DE J.M.; GOMEZ, E.J.; ALAMEDA, M. 1997. Characterization of thirteen *Rhizoctonia solani* isolates causing web blight on common bean in Puerto Rico. *Ann. Rep. of the Bean Improv. Coop.* 40:91-92.
- ECHAVEZ, B.R. 1992. Reaction of landrace Pompadour lines to *Macrophomina phaseolina* isolates. *J. Agric. of the Univ. of Puerto Rico.* 76(2):93-95.
- GEPTS, P.; DEBOUCK, D. 1991. Origen, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). p.7-43. *In: Van Shoonhoven, A. and O. Voyses (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement.* CIAT. Cali, Colombia. 980 p.
- GODOY, L.G.; ARIAS, J.; SALADIN, F.; STEADMAN, R.J.; CARLING, E.D. 1996. Characterization of isolates of *Rhizoctonia solani* that cause web blight in common bean in Central America and the Caribbean with implications for disease management. *Ann. Rep. of the Bean Improv. Coop.* 39:154-155.
- HERNÁNDEZ, D.T.; GONZÁLEZ, B.M.; FAURE, A.B. 1995. Situación de la Roya del frijol en Cuba. Presentation made at the Bean Rust Workshop held in Zamorano, 1994. Honduras.
- KELLY, J.D.; MIKLAS, N.P. 1997. The role of molecular markers in breeding for qualitative and quantitative traits of common bean. p. 262-280. *In: Singh, S.P. and O. Voyses (eds.). Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina.* CIAT. Cali, Colombia. 559 p.
- MMBAGA, M.T.; STEADMAN, R.J. 1992. Adult plant resistance associated with leaf pubescence in common beans. *Plant Disease* 76:1230-1236.
- MOLINA, C. A. 1997. Expresión y herencia de la resistencia al virus del mosaico dorado del frijol. M.S. Thesis. University of Puerto Rico. Mayaguez, Puerto Rico.
- NAVARETE, M.R. 1996. Variación patogénica de cepas *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) Dye.

- Primer taller internacional sobre bacteriosis común, del frijol. Documento 96/2. PROFRIJOL. San Cristobal, República Dominicana. pp. 39-44.
- PROFRIJOL. 1995. Informe 1993-1994. Vivero de adaptación tipo Caribeño. Documento 95/4. PROFRIJOL. San Cristobal, República Dominicana.
- RODRÍGUEZ, E.; LORENZO, E.; DE GRACIA, R.; GONZÁLEZ, G.; GONZÁLEZ, F. 1997. Manual técnico del manejo integrado de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en el sistema de mínima labranza. Instituto de investigación agropecuaria de Panamá. Panamá. 75 p.
- ROSAS, J.C.; VARELA, I.O.; BEAVER, S.J. 1997. Registration of Tio Canela 75 small red bean. *Crop Science* 37:1391.
- SCHWARTZ, H.F. 1989. Additional fungal pathogens. P. 231-259. *In: M.A. Pastor-Corrales and H.F. Schwartz (eds.). Bean production problems in the tropics.* CIAT, Cali, Colombia.
- VELEZ, J. 1996. Inheritance of resistance to bean golden mosaic virus in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). M.S. Thesis. University of Florida. Gainesville, Florida.
- ZAPATA, M. 1996. Identificación de razas de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en hojas de *Phaseolus vulgaris*. Primer taller internacional sobre bacteriosis común del frijol. Documento 96/2. PROFRIJOL. San Cristobal, República Dominicana. pp. 54-68.