

Mejora Genética de los Frijoles de la Raza Mesoamérica para el Trópico: las Realidades, los Retos y Sugerencias

Shree P. Singh, Fitomejorador CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia

RESUMEN

Los cultivares de la raza Mesoamérica (de semilla pequeña de colores negro, rojo, carioca, blanco, rosinha, mulatinho, jalinho, pardo) ocupan la mayor superficie (>6 millones de ha, la mayoría en el Trópico Latinoamericano), tienen un amplio rango de adaptación (desde 38°S a 53°N de latitud y hasta 2,000 m sobre el nivel del mar) y una larga historia (>50 años) de mejora genética. Cultivares o líneas mejoradas con resistencia al virus de mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis común, antracnosis, mancha angular, roya, bruchidos, *Empoasca*, picudo de la vaina y/o estrés hídrico, están disponibles. Sin embargo, los principales problemas actuales son, entre otros, el alto costo de producción, bajo rendimiento, el riesgo de perder el cultivo frecuentemente, el continuo deterioro del apoyo económico a programas de investigación, investigación en aislamiento, el mal manejo de los recursos disponibles y la falta de programas serios de mejora genética a largo plazo. Además, otros limitantes incluyen el cambio frecuente en la política gubernamental con respecto al cultivo, la falta de incentivos y falta de un precio de garantía para los productores. Bajar el riesgo de perder el cultivo y el costo de producción a través del desarrollo de cultivares (de buena semilla comercial) precoces, altamente rendidores y aptos para mecanización y cosecha directa, con resistencia múltiple a los principales factores bióticos y abióticos, harían los cultivares del frijol de la raza Mesoamérica más atractivos y competitivos en relación a otros cultivos, asegurando así la modernización del cultivo de frijol en el continente americano. Para América Latina es un verdadero reto crear y adoptar un sistema de mejora genética

autofinanciado. Sin él la investigación agrícola en general y el mejoramiento de frijol en particular en la región es muy incierto y oscuro. Para llevar adelante un programa de mejoramiento eficiente y exitoso a largo plazo, es necesaria la estrecha y genuina colaboración de diferentes profesionales entre y dentro de las instituciones, y entre y dentro de los países, basada en el respeto mutuo, igualdad, honestidad, complementariedad, ventajas comparativas e intereses genuinos.

Desde 1992 los objetivos de mejora genética de este proyecto colaborativo entre países miembros de PROFRIJOL y CIAT fueron (1) organizar y distribuir germoplasma (padres) donantes de genes necesarios (VIPADOGEN ó VIFURE) entre colaboradores; (2) ampliar la base genética y piramidar genes para durabilidad y máxima expresión deseable de caracteres como resistencia a bacteriosis común, mosaico dorado, picudo, antracnosis, mancha angular y sequía, entre otros. Además se recombinarán otros caracteres deseables como precocidad, alto rendimiento y porte de la planta; y (3) incorporar y recombinar resistencia para cuatro o más factores bióticos (e.g., virus del mosaico común, mosaico severo, mosaico dorado, bacteriosis común, mancha angular, antracnosis, picudo, bruchidos, *Empoasca*) y abióticos (sequía y baja fertilidad de suelo) en genotipos con tipos de semillas comerciales, negros y rojos. El proyecto en actualidad se viene ejecutando en CIAT con la colaboración de científicos de diferentes áreas de especialización y en colaboración con programas de mejoramiento genético de Costa Rica, Honduras y México.

**LOS FRUOLES DE LA RAZA MESOAMERICANA
Y SUS PROBLEMAS DE PRODUCCION**

Entre los frijoles cultivados, los cultivares de raza Mesoamérica son más importantes en el continente americano. La superficie total sembrada de estos frijoles supera los 6 millones de hectáreas (Singh, 1992). Dentro de la raza Mesoamérica la preferencia es por los frijoles de color negro (Brasil, Venezuela, Cuba, Costa Rica, Guatemala y sur de México); los países centroamericanos (El Salvador, Honduras, Nicaragua) tienen preferencia por los frijoles pequeños de color rojo; los frijoles de tipos carioca, jalinho, mulatinho, rosinha, y pardo se cultivan principalmente en Brasil (Argentina y Bolivia); los de color blanco se cultivan principalmente en Canadá y EEUU.

En la mayoría de los países tropicales y subtropicales de América Latina donde se siembran frijoles de raza Mesoamérica, el cultivo de frijol no es solamente atacado por un gran número de plagas (Cardona, 1989) y enfermedades (Schwartz y Pastor-Corrales, 1989), sino que también más del 60% de la superficie sembrada se encuentra en suelos con baja fertilidad y sujetos a estrés hídrico (Cuadro 1). Esto es en parte una razón de porqué los rendimientos en Estados Unidos y Canadá están frecuentemente por encima de 1 TM/ha, mientras que en los países más necesitados de América Latina el promedio de rendimiento es casi la mitad o menos (650 kg/ha).

**LA INVESTIGACION Y LOS LOGROS
POR MEJORAMIENTO**

Para entender bien el progreso alcanzado en mejora genética de los frijoles de la raza Mesoamérica en América Latina, vale la pena hacer un breve recuento de la investigación llevada y su situación actual. En América Latina, el Estado de Sao Paulo en Brasil fue el primero que inició la investigación en frijol en los años 20 y 30. Le siguieron México en los años 40 y Colombia en los años 50 (Singh, 1992; Voysest, 1983). Hoy en día en América Latina, Brasil, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Honduras, y México, tienen investigadores dedicados a la mejora genética de los frijoles de la raza Mesoamérica y a la investigación en otras áreas.

Además de los programas nacionales, los programas regionales, PROFRIJOL, financiado por COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación) y el "Bean/Cowpea CRSP" de Estados Unidos tienen programas colaborativos. Los programas regionales entre los temas que cubren están adiestramiento, financiación directa, investigación participativa y compartida, e intercambio de germoplasma, información y visitas.

Treinta años atrás casi no existían programas de mejoramiento genético por hibridación para frijoles negros y rojos para América Central, México y el Caribe. Sin embargo, en los cultivares criollos de la raza Mesoamérica de color negro (carioca y

Cuadro 1. Algunos problemas de producción de los frijoles de la raza Mesoamérica en el continente americano.

ZONA	PROBLEMAS
América Latina	Baja fertilidad de suelo, sequía, mosaico común, mosaico dodado, bacteriosis común (BC), antracnosis (ANT), mancha angular, Apion spp. y Empoasca kraemeri.
América del Norte	Madurez, BC, roya, moho blanco, añublo de halo, (ANT en Michigan y Ontario)

mulatinho) ya se encontraba resistencia a mosaico común (gene I) y tolerancia moderada a mosaico dorado, estrés hídrico, baja fertilidad del suelo y altas temperaturas, antes de iniciar mejora genética organizada por profesionales. Además, los frijoles criollos negros como Jamapa, Porrillo, San Fernando, Turrialba, RioTibagie Iguacu, ya tenían excelente porte erecto de planta. El conjunto de estas bondades ayudaron para alcanzar estabilidad y alto rendimiento en ambientes favorables y desfavorables y así predominar en sus zonas productoras. Sin embargo, todas fueron susceptibles a bacteriosis común, picudo, mancha angular, y otros factores. Los frijoles rojos criollos centroamericanos tenían más susceptibilidades a estreses bióticos y abióticos y consecuentemente bajos rendimientos. Tampoco se encontraban genotipos con porte erecto de planta y/o resistencia a mosaico común.

Al inicio de los programas de mejoramiento y hasta recientemente, la mejora genética fue llevada para caracteres específicos dando énfasis a resistencias a enfermedades y plagas. Gracias al financiamiento continuo de COSUDE desde hace más de 15 años y a la estrecha colaboración entre el CIAT y los programas nacionales que participan en PROFRIJOL, en los últimos 15-20 años se ha logrado mucho avance en conseguir cultivares de semilla de tipo negro y rojo con resistencias, por lo menos, a dos factores bióticos (como virus del mosaico común y bacteriosis común; virus del mosaico dorado y mosaico común; virus del mosaico común y *Empoasca* virus del mosaico común y antracnosis) (Beebe et al., 1993, 1995; Rodríguez F., 1997; Rodríguez R., 1997). Además, algunos cultivares de semilla tipo negro liberados recientemente en Guatemala poseen resistencias hasta de tres factores (e.g., virus del mosaico común, mosaico dorado y bacteriosis común). Efectos de estos logros pueden verse en Brasil, Argentina, Bolivia, América Central, México y Cuba, a través de los cultivares liberados y cultivados. Para más detalles para los logros en América Central y el Caribe, ver Rodríguez, R. (1997), Rodríguez, F. (1997), y Singh (1977a).

Sin embargo, factores como mancha angular, antracnosis, bacteriosis, picudo y baja fertilidad, entre otros, siguen causando daños considerables en la zona. Además, hay escasez de cultivares precoces y de semilla de diferentes tipos comerciales con resistencias múltiples. Para poder aumentar la producción, bajar los costos y lograr impactos más allá de lo realizado, es de vital importancia conseguir urgentemente cultivares de color de semilla de grano rojo y negro con alto rendimiento y resistencias a cuatro o más factores con otros caracteres deseables, mencionados anteriormente. Esto facilitaría su adopción masiva, permitiendo un mayor ingreso para los agricultores, gracias al aumento de productividad y reducción de los costos de producción, resultando en un impacto ambiental y social favorable.

Recientemente, se ha logrado mayor entendimiento en la organización de diversidad genética en el cultivo de frijol (Gepts y Bliss, 1985; Gepts y Debouck, 1991; Gepts et al., 1986; Singh et al., 1991) y su significancia para mejoramiento genético (Beaver y Kelly, 1994; Komegay et al., 1992; Singh, 1995; Singh et al., 1989; Singh y Urrea, 1995). Del mismo modo, se ha identificado y generado nueva información sobre fuentes de resistencia y su herencia para virus del mosaico dorado (Morales y Niessen, 1988; Morales y Singh, 1991), bacteriosis común (Scott y Michaels, 1988; Silva et al., 1989), antracnosis (Pastor-Corrales et al., 1994, 1995; Schwartz et al., 1982), picudo (Beebe et al., 1993; Garza et al., 1996), *Empoasca* (Komegay y Cardona, 1990; Komegay et al., 1989), bruchidos (Cardona et al., 1989, 1990; van Schoonhoven et al., 1983), mancha angular (Pastor-Corrales et al., 1998), sequía (Singh, 1995; White et al., 1994), baja fertilidad del suelo (Yan et al., 1995; Singh et al., 1995), y precocidad (White y Singh, 1991; Komegay et al., 1993). Además existe nueva información sobre métodos eficaces y eficientes de mejoramiento para aumentar rendimiento y ampliar la base genética a través de cruzamientos interraciales y entre acervos genéticos y selecciones simultáneas de caracteres múltiples (Beaver y Kelly, 1994; Kelly et al., 1997; Nienhuis y Singh, 1988; Singh, 1994; Singh et al., 1998; Singh y Urrea, 1995). Esto permite crear

variación genética útil para cruzamientos interraciales y entre acervos genéticos y múltiples; y evaluar y seleccionar recombinantes nuevos para desarrollar líneas de grano negro y rojo con alto rendimiento y resistencias múltiples en un tiempo prudente.

LOS RETOS

En vista de que existen más de 28,000 accesiones de *Phaseolus vulgaris* y miembros de sus acervos primario, secundario, terciario y otros y que menos del 5% de los cuales se vienen usando en los programas de mejoramiento, no existe ningún programa productivo de mejora genética de frijol en América Latina el cual pueda ser considerado completo, con recursos adecuados. Los cultivares mejorados tienen deficiencias mayores; la colaboración entre profesionales e instituciones involucradas en la investigación es muy deficiente; investigadores practicantes son escasos; y el rendimiento promedio de frijol sigue siendo bajo (<700 kg/ha). El reto más grande es mantener, fomentar y aumentar el consumo de frijol.

Para aumentar rendimiento y estabilidad, bajar los costos de producción y dependencias a productos químicos (fungicidas, insecticidas, fertilizantes) y agua y facilitar la adopción masiva de nuevos cultivares, conservando y haciendo el uso más eficiente de los recursos naturales, es sumamente esencial llevar una mejora genética integrada (MGI) o simultánea del máximo número de caracteres cualitativos y cuantitativos en el tiempo más corto posible (Singh, 1997a, 1997b; Singhetal., 1998). Además, es obligatorio ampliar la base genética de cultivares para maximizar la ganancia genética y lograr la más alta resistencia duradera para estreses abióticos y bióticos, especialmente las enfermedades causadas por patógenos muy variables como antracnosis, mancha angular y roya, entre otros. En vista de que ya existen marcadores dominantes o codominantes morfológicos (Komegay et al., 1992; Singh et al., 1991; Welshetal., 1995), bioquímicos (Osborn et al., 1988) y moleculares (Adam-Blandon et al., 1994; Guetal., 1994; HaleyetaJ., 1994; Johnson et al., 1995; Jung et al., 1996; Miklas et al., 1993,

1996; Nodari et al., 1993; Young y Kelly 1997), ligados con genes de utilidad, incluyendo resistencias a enfermedades, plagas, y otros caracteres importantes en frijol común, es necesario utilizar e integrar éstos con mejora genética convencional (Kelly y Miklas, 1997; Singh, 1997b) para aumentar eficiencia y ganancia genética y hacer mejoramiento mas dirigido.

LAS REALDADES ACTUALES DE MEJORA GENETICA

En la actualidad la mejora genética del frijol está dividida en dos grupos de actividades: (1) uso de germoplasma para la ampliación de la base y mejora genética para caracteres de valor estratégico y (2) mejora genética de cultivares (Singh, 1992). Entre los caracteres y proyectos de valor estratégico para la ampliación de la base y mejora genética separadamente unos de otros se encuentran rendimiento, arquitectura de la planta, precocidad, tolerancia a estrés hídrico y baja fertilidad y resistencia a picudo (*Apion godmani*), bacteriosis común (causada por *Xanthomonas campestris* sp. *phaseoli*), mosaico común, mosaico dorado, antracnosis (causada por *Colletotrichum lindemuthianum*) y mancha angular (causada por *Phaeoisariopsis griseo la*). Para cada proyecto de valor estratégico se hace una evaluación del máximo número de germoplasma posible, se buscan diferentes mecanismos de resistencia, se hacen estudios de herencia y piramidación de diferentes genes y mecanismos, sin tomar necesariamente en cuenta tipo de grano, tipo de planta, zona de adaptación, etc.

Además de los cruzamientos entre acervos genéticos (Andino y Mesoamericano) y razas de frijol cultivadas, se está utilizando el frijol silvestre (resistencia a *Zabrotes*) y haciendo cruzamientos con otras especies de los acervos secundario (*P. coccineus*, *P. costaricensis* y *P. polyanthus*, sin uso de rescate de embriones) y terciario (*P. acutifolius* y *P. parvifolius*, con uso de rescate de embriones). Un ejemplo de los logros o avances genéticos posibles a través de piramidación de genes se puede ver, para alto rendimiento en Cuadros 2 y 3, para estrés hídrico (Singh, 1995),

y a resistencias para enfermedades como tolerancia a bacteriosis común en Cuadro 4. Los métodos de retrocruzamientos recurrentes y congruentes (cruzamientos con ambos padres o especies alternadamente) seguidos por 2 a 5 generaciones de autopolinización ("inbred") son utilizados en cruza amplias.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) en seis ambientes de familias S₄ de entrecruzamiento cero (E₀), uno (E[^] y dos (E₂) en poblaciones de frijol.

Entrecruzamiento GX 8904	Rendimiento	
	GX 8904	GX 8929
E ₀	1137	1182
E ₁	1238	1420
E ₂	1239	1308
DMS (0.05)	77	176

Cuadro 3. Rendimiento (kg/ha) en tres ambientes de 10 familias S, seleccionadas de C₀, C₁ y C₂ de selección recurrente en poblaciones de frijol.

Ciclo de selección GX9437	Rendimiento	
	GX9437	GX9438
C ₀	1376	1026
C ₁	1588	1106
C ₂	1828	1370
DMS (0.05)	141	141

La mejora genética de cultivares se lleva separadamente para cada tipo de frijoles específicos de mayor importancia dentro de la raza (negros y rojos). Además, involucra recombinación y selección simultánea del máximo número de caracteres cualitativos y cuantitativos a la vez (i.e., la mejora genética integrada, MGI), para cada grupo de cultivares teniendo en cuenta su tipo de grano comercial, hábito de crecimiento, zona de adaptación y sus principales problemas de producción y las preferencias para agro-industrias, consumo y mercadeo.

Para mejora genética de cultivares (negros y rojos pequeños) de raza Mesoamérica se están recombinando y haciendo selección simultánea para resistencias a mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis común, mancha angular, antracnosis, y *Apion* spp., en cultivares de hábitos de crecimientos tipos II y III. Además, en general, se está combinando precocidad, se busca tolerancia (al menos moderada) a estrés hídrico y a baja fertilidad de suelos en todos los tipos de cultivares. Todos los proyectos de mejora genética de cultivares deben tener financiamiento a través de proyectos colaborativos bilaterales, regionales o internacionales.

Cuadro 4. Resistencia a bacteriosis común provenientes de cruzamiento interespecíficos y piramidación de genes.

Fuente	Color y Tamaño de semilla	Reacción* a bacteriosis común en hojas	
		Trifoliadas	La copa
Universidad de Cornell			
G17341	Pinto pequeño	3.6	3.2
NY 79-3776	Pinto pequeño	3.7	3.4
Wilkinson 2	Blanco mediano	3.1	3.3
CIAT - hasta 1992			
XAN 263	Rojo pequeño	2.8	2.8
XAN 309	Rojo pequeño	2.9	2.7
CIAT - después de 1992			
VAX 3	Rojo pequeño	2.0	2.0
VAX 4	Crema pequeño	1.5	2.4
VAX 6	Rojo pequeño	1.8	2.0
Testigo susceptible			
ICA Pijao	Negro pequeño	8.7	8.9

* En escala de 1 a 9 donde 1 = inmune sin síntomas a 9 = altamente susceptible.

Por base de las necesidades y discusiones, se organizaron viveros de padres donantes de genes necesarios (VIPADOGEN ó VIFURE) para evaluación uniforme en CIAT, anualmente. Estos mismos viveros fueron distribuidos a los fitomejoradores de la red de PROFRIJOL de los países y programas más interesados (Costa Rica,

Cuba, Guatemala, Honduras y México) para sus propios usos (Cuadro 5). Basándose en el comportamiento de los diferentes grupos de padres, se realizaron cruzamientos interraciales simples, dobles y múltiples con el fin de recombinar los genes necesarios.

Cuadro 5. Padres donantes de genes necesarios (VIFUREA/IPADOGEN) y poblaciones segregantes (F2-F4) enviados desde CIAT a países miembros de PROFRIJOL durante 1992-1998.

Año	Padres	Poblaciones segregantes		
		Rojos Negros Total		
1998*	120	23	31	54
1997	-	46	11	57
1996	145	-	19	19
1995	207	9	15	24
1994	208	12	18	30
1993	120	-	7	7
1992	120	11	12	23
Total	1020	101	113	214

t Disponible para los colaboradores de y participantes en PROFRIJOL.

Se hicieron programas separados de cruzamientos para granos rojos y negros. Se realizaron un mínimo de 10 cruzamientos interraciales de padres múltiples o finales para cada tipo de grano por año. Cada cruzamiento tuvo un promedio de 100 familias F2 derivadas de F1. Todas las poblaciones finales provenientes de cruzamientos interraciales y padres múltiples estuvieron disponibles y fueron distribuidas en las generaciones tempranas (F2 a F5) para los fitomejoradores (previa solicitud) de la red de PROFRIJOL interesados en ellas para uso, evaluación y selección por necesidades de programas locales. Además cambiamos información y brindamos apoyo técnico, por solicitudes. Esperamos que esto ayudará a largo plazo a compartir las responsabilidades, enlazará y fortalecerá relaciones entre investigadores y asegurará éxitos.

En CIAT, las poblaciones segregantes se están manejando por el método de evaluación y selección por gametos (Singh, 1994, 1997b; Singh et al.,

1998) en las localidades de Palmira, Popayán y Quilichao bajo presión adecuada de enfermedades, plagas y otros factores. Las familias F5 con resistencias múltiples fueron identificadas recientemente (diciembre de 1997 y enero de 1998) para desarrollar líneas de tipo de grano comercial. Posteriormente, se utilizarán viveros complementarios para verificar resistencia a cada factor y medir rendimiento y otros caracteres agronómicos a través de ensayos de rendimiento en ambientes contrastantes. En etapas finales de desarrollo de líneas se buscará acceso a las localidades, por lo menos en Costa Rica, Honduras, y/o México para evaluación de picudo, enfermedades causadas por patógenos variables y adaptación local. El avance genético a través del uso del método de selección por gametos, se puede tener en tiempo corto para aumentar rendimiento y lograr incorporar resistencias a estreses bióticos y otros caracteres; el Cuadro 6 muestra resultados para los frijoles carioca.

Cuadro 6. Hábito de crecimiento, rendimiento (kg/ha) y resistencia a factores bióticos de una línea proveniente de selección por gametos.

Identificación	Hábito	Rendimiento	AIS	AMT	BGM		CBB	EMP
					BCM Amansa- miento	Incidentia (%)		
GX 97912-2	II	2325	3	1	16	44	4	7.2
EMP 250 (P)	II	1808	3	1	16	100	7	7.2
Carioca (T)	III	2026	3	2	15	75	8	8.T

SUGERENCIAS PARA EL FUTURO

Los cinco puntos siguientes deben seguir considerándose para mejora genética de los frijoles de raza Mesoamérica en particular y otros frijoles en general: (1) máximo uso de la diversidad genética existente, (2) los caracteres agronómicos esenciales, (3) mejoramiento simultáneo del máximo número de caracteres deseables, (4) el factor de tiempo, y (5) colaboración entre disciplinas, instituciones y países.

Máximo uso de la diversidad genética. Como ya se ha mencionado anteriormente, existen aproximadamente 30,000 accesiones de diferentes especies de *Phaseolus*, de las cuales la mayor parte (28,000) son de *P. vulgaris*. De ellas, muy pocas (<5%) se están utilizando en mejora genética hasta ahora. Teniendo en cuenta que la materia prima para mejora genética es la calidad y cantidad de variabilidad genética útil disponible, entonces, por un lado es esencial evaluar exhaustivamente toda la variabilidad disponible y su caracterización para los caracteres agronómicos de interés, como resistencias a factores bióticos y abióticos, rendimiento, madurez, etc. Por otro lado, es sumamente importante entender la organización de diversidad genética y su evolución durante la domesticación. Hay buena información sobre este último punto (Gepts y Bliss, 1985; Gepts et al., 1986; Singh et al., 1991), pero no la suficiente sobre la evaluación de germoplasma.

Los caracteres agronómicos esenciales. En la mayoría de los cultivares mejorados uno nota que son deficientes en caracteres de semilla, son tardíos, tienen tipo de planta no adecuada y/o son de bajo rendimiento. Estos caracteres son esenciales y deben ser superados en adición de las resistencias a estreses bióticos y abióticos.

Selección simultánea para caracteres múltiples. Después de unos 50 ó más años de mejoramiento, todavía la mayoría de los cultivares tienen resistencias máximo a dos ó tres factores, cuando a la vez pueden afectar al frijol una media docena o más de factores a la producción en los campos de agricultores. Bajo estas condiciones es aconsejable realizar mejoramiento y selección de máximo número de caracteres a la vez. Para lograr ésto, los mejoradores deben usar (1) cruzamientos con padres múltiples (entre 4 y 6), (2) selección -asistida por marcadores desde F1 en adelante, (3) evaluación y selección entre y dentro de familias derivadas de plantas F1 seleccionadas, (4) utilizar la selección recurrente para aumentar el rendimiento, mejorando al mismo tiempo resistencias a máximo número de estreses bióticos y abióticos.

El factor tiempo. Para contrarrestar el crecimiento demográfico y satisfacer las necesidades de los consumidores, el ciclo de mejoramiento se debe cumplir en el lapso más corto posible (<5 años). Para ésto, hay que asegurar tres ó más cosechas al año, utilizar localidades contrastantes

y complementarias y usar evaluaciones en invernaderos, laboratorios y campos experimentales y de los agricultores. Además el programa de mejoramiento de frijol debe continuar sin interrupción hasta que haya necesidades de producir y consumir frijoles. Por ejemplo el programa de mejora genética de frijol del estado de Michigan (EEUU) está funcionando por lo menos desde 1906.

Colaboración entre profesionales de diferentes disciplinas, instituciones y países. Es muy evidente que ninguna institución en América Latina tiene suficientes recursos y profesionales para llevar a cabo un programa de mejoramiento genético desde evaluación de germoplasma, cruzamientos, generación de líneas, identificación de cultivares, producción de semilla, desarrollo de manejo agronómico, hasta difusión y adopción de éstos por los productores y consumidores. Entonces es crítica la estrecha y activa colaboración entre

profesionales practicantes dentro y entre cada institución, a nivel nacional, regional e internacional, por tiempo indefinido. Sin esto, el futuro del mejora genética de los frijoles de América Latina queda muy incierto.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a Isabel Cristina Giraldo y a Patricia Montoya por su ayuda en la preparación del manuscrito, a Oswaldo Voysest por su ayuda editorial, y a COSUDE, a través de PROFRIJOL por el apoyo financiero tan crítico para llevar adelante este proyecto colaborativo de mejora genética integrada entre los países miembros de PROFRIJOL y CIAT.

REFERENCIAS

1. Adam-Blandon, A.F., M. Sevignac, M. Dron and H. Bannerot. 1994. A genetic map of common bean to localize specific resistance gene against anthracnose. *Genome* 37:915-924.
2. Beaver, J.S., and J.D. Kelly. 1994. Comparison of two selection methods for the improvement of dry bean populations derived from crosses between gene pools. *Crop Sci.* 34:34-37.
3. Beebe, S., C. Cardona, O. Díaz, F. Rodríguez, E. Mancía, and S. Ajuquej. 1993. Development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines resistant to the pod weevil, *Apion godmani* Wagner, in Central America. *Euphytica* 69:83-88.
4. Beebe, S., I. Ochoa, P. Skroch, J. Nienhuis, and J. Tivang. 1995. Genetic diversity among common bean breeding lines developed for Central America. *Crop Sci.* 35:1178-1183.
5. Cardona, C. 1989. Insects and other invertebrate bean pests in Latin America, p. 505-570. In *Bean Production Problems in the Tropics*. H. F. Schwartz and M. A. Pastor-Corrales (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.
6. Cardona, C., J. Komegay, C.E. Posso, F. Morales, and H. Ramírez. 1990. Comparative value of four arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. *Entomol. Expt. Appl.* 56:197-206.
7. Cardona, C., C.E. Posso, J. Komegay, J. Valor and M. Serrano. 1989. Antibiosis effects of wild dry bean accessions on the Mexican bean weevil and the bean weevil (Coleoptera: Bruchidae). *J. Econ. Entomol.* 82:310-315.

8. Garza, R., C. Cardona, and S.P. Singh. 1996. Inheritance of resistance to the bean-pod weevil (*Apion godmani* Wagner) in common beans from México. *Theor Appl. Geneti.* 92:357-362.
9. Gepts, P., and F.A. Bliss. 1985. F1 hybrid weakness in the common bean: differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. *J. Hered.* 76:447-450.
10. Gepts, R, and D.G. Debouck. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L). p. 7-53. In A. van Schoonhoven and O. Voysest (eds.). *Common beans: Research for Crop Improvement*. Commonwealth Agricultural Bureaux International, Wallingford, United Kingdom and CIAT, Cali, Colombia.
11. Gepts, P., T.C. Osborn, K. Rashka, and F.A. Bliss. 1986. Phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L): evidence for multiple centers of domestication. *Econ. Bot.* 40:451-468.
12. Gu, W.K., N.F. Weeden, J.Q. Zhu, and D.H. Wallace. 1994. Identification of a DNA marker for Hr, a gene that interacts with Ppd to confer extreme photoperiod sensitivity in common bean. *Annu. Rpt. Bean Improv. Coop.* 37:125-126.
13. Haley, S.D., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1994. Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the I gene (Potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology* 84:157-160.
14. Johnson, E., P.N. Miklas, J.R. Stavely, and J.C. Martínez-Cruzado. 1995. Coupling-and repulsión -phase RAPDs for marker -assisted selection of PI 181996 rust resistance in common bean. *Theor. Appl. Genet.* 90:659-660.
15. Jung,G., D.P. Coyne, P.W. Skroch,J. Nienhuis, E.Arnaud-Santana, J. Bokosi, H.M.Ariyaratne, and J.R. Steadman. 1996. Molecular markers associated with plant architecture and resistance to common blight, web blight and rust in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:794-803.
16. Kelly, J.D., J.M. Kolkman, and K.A. Schneider. 1997. Breeding for high yield in common bean. p. 187-204. En S.P. Singh y O. Voysest (eds.). *Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina*. CIAT, Cali, Colombia.
17. Kelly, J.D., and P.N. Miklas. 1997. The role of molecular markers in breeding for qualitative and quantitative traits in common bean. p. 262-279. En S.P. Singh y O. Voysest (eds.). *Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina*. CIAT, Cali, Colombia.
18. Kornegay, J., and C. Cardona. 1990. Development of an appropriate breeding scheme for tolerance to *Empoasca kraemeri* in common bean. *Euphytica* 47:223-231.
19. Kornegay, J.L., C. Cardona, J.V. Esch, and M. Alvarado. 1989. Identification of common bean lines with ovipositional resistance to *Empoasca kraemeri* (Homoptera: Cicadellidae). *J. Econ. Entomol.* 82:649-654.

20. Komegay, J., J.W. White, J.R. Domínguez, G. Tejada, and C. Cajiao. 1993. Inheritance of photoperiod response in Andean and Mesoamerican common bean. *Crop Sci.* 33:977-984.
21. Komegay, J. J.W. White, and O. Ortiz de la Cruz. 1992. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. *Euphytica* 62:171-180.
22. Miklas, P.N., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1996. Recombination-facilitated RAPD marker-assisted selection for disease resistance in common bean. *Crop Sci.* 36:86-90.
23. Miklas, P.N., J.R. Stavely, and J.D. Kelly. 1993. Identification and potential use of a molecular marker for rust resistance in common bean. *Theor. Appl. Genet.* 85:745-749.
24. Morales, F.J., and A.I. Niessen. 1988. Comparative responses of selected *Phaseolus vulgaris* germplasm inoculated artificially and naturally with bean golden mosaic virus. *Plant Dis.* 72:1020-1023.
25. Morales, F.J., and S.P. Singh. 1991. Genetics of resistance to bean golden mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* L. *Euphytica* 52:113-117.
26. Nienhuis, J., and S.P. Singh. 1988. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin. I. General combining ability. *Plant Breed.* 101:143-154.
27. Nodari, R.O., S.M. Tsai, P. Guzmán, R.L. Gilbertson, and P. Gepts. 1993. Toward an integrated linkage map of common bean. III. Mapping genetic factors controlling host-bacteria interactions. *Genetics* 134:341-350.
28. Osborn, T.C., D.C. Alexander, S.S.M. Sun, C. Cardona, and F.A. Bliss. 1988. Insecticidal activity and lectin homology of arcefin seed protein. *Science* 240:207-210.
29. Pastor-Corrales, M.A., O.A. Erazo, E.I. Estrada, and S.P. Singh. 1994. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G 2333. *Plant Dis.* 78:959-962.
30. Pastor-Corrales, M.A., C. Jara, and S.P. Singh. 1998. Pathogenic variation, in sources of, and breeding for resistance to *Phaeoisariopsis griseola* causing angular spot in common bean. *Euphytica* (in press).
31. Pastor-Corrales, M.A., M.M. Otoyá, A. Molina, and S.P. Singh. 1995. Resistance to *Colletotrichum tinocnemithianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. *Plant Dis.* 79:63-67.
32. Rodríguez, F. 1997. Logros, problemas y posibilidades del mejoramiento de frijoles rojos, p. 307-315. En S.P. Singh y O. Voysest (eds.). Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. CIAT, Cali, Colombia.

33. Rodríguez, R. 1997. Problemas, logros y posibilidades para el mejoramiento del frijol negro, p. 294-306. EriS.P. Singh y O. Voysest (eds.). Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. CIAT, Cali, Colombia
34. Schwartz, H.F., and MAPastorCorrales. 1989. Editors. BeanProductionProblemsintheTropics. 2nd Edition. CIAT, Cali, Colombia 726 pp.
35. Schwartz, H.J., M.A. Pastor-Corrales, and S.P. Singh. 1982. New sources of resistance to anthracnose and angular leaf spot of bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Euphytica* 31:741-754.
36. Scott, M.E., and T.E. Michaels. 1988. Inheritance of resistance to common bacterial blight in common bean. *Annu. Rpt. Bean Improv. Coop.* 31:72.
37. Silva, LO., S.P. Singh, and M.A. Pastor-Corrales. 1989. Inheritance of resistance to common bacterial blight in common bean. *Theor. Appl. Genet.* 78:629-624.
38. Singh, S.P. 1992. Common bean improvement in the tropics. *Plant Breed. Rev.* 10:199-269.
39. Singh, S.P. 1994. Gamete selection for simultaneous improvement of múltiple traits in common bean. *Crop Sci.* 34:352-355.
40. Singh, S.P. 1995. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. *Crop Sci.* 35:118-124.
41. Singh, S.P. 1997a. Progreso, problemas y el futuro del mejoramiento de frijoles Mesoamericanos y la mejora genética integrada, p. 334-350 *En:* S.P. Singh y O. Voysest (eds.). Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. CIAT, Cali, Colombia.
42. Singh, S.P. 1997b. Uso de marcadores y selección de gametos para el mejoramiento simultáneo de caracteres múltiples de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para Mesoamérica y Caribe. *Agron. Mesoam.* (in press).
43. Singh, S.P, C. Cajiao, J.A. Gutiérrez, J. García, M.A. Pastor-Corrales, and F.J. Morales. 1989. Selection for seed yield in inter-gene pool crosses of common bean. *Crop Sci.* 29:1126-1131.
44. Singh, S.P., C. Cardona, F.J. Morales, M.A. Pastor-Corrales, and O. Voysest. 1998. Gamete selection for upright carioca bean with resistance to five diseases and a leafhopper. *Crop Sci.*
45. Singh, S.P., P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
46. Singh, S.P, and C.A. Urrea. 1995. Inter-and intraracial hybridization and selection for seed yield in early generations of common bean. *Euphytica* 81:131 -137.

47. Singh, S.P., J.C. Takegami, and C.G. Muñoz. 1995. Screening common bean for sources of tolerance of low soil fertility. Annu. Rpt. Bean Improv. Coop. 38:54-55.
48. Van Schoonhoven, A., C. Cardona, and J. Valor. 1983. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (*Coleóptera: Bruchidae*) in noncultivated common bean accessions. J. Econ. Entomol. 76:1255-1259.
49. Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. CIAT, Cali, Colombia.
50. Welsh, W., W. Bushuk, W. Roca, and S.P. Singh. 1995. Characterization of agronomic traits and markers of recombinant inbred lines from intra-and interracial populations of *Phaseolus vulgaris* L. Theor. Appl. Genet. 91:169-177.
51. White, J.W., R. OchoaM., F. IbarraP, and S.P. Singh. 1994. Inheritance of seedyield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfed conditions. J. Agric. Sci. 122:265-273.
52. White, J.W., and S.P. Singh. 1991. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean. Euphytica 55:15-19.
53. Yan, X., J.P. Lynch, and S.E. Beebe. 1995. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types. I. Vegetative response. Crop Sci. 35:1086-1093.
54. Young, R.A., and J.D. Kelly. 1997. RAPD markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. Crop Sci. 37:940-946.

First paragraph of faint text, starting with a capital letter.

Second paragraph of faint text, continuing the narrative or list.

Third paragraph of faint text, possibly a transition or new section.

Fourth paragraph of faint text, providing further details.

Fifth paragraph of faint text, appearing to be a separate point.

Sixth paragraph of faint text, possibly a concluding sentence for a section.

Seventh paragraph of faint text, continuing the main body.

Eighth paragraph of faint text, possibly a final note or signature area.