TALLER DE MEJORAMIENTO DE FRIJOL PARA EL SIGLO XXI

Bases para una Estrategia para América Latina

23 Octubre - 1 Noviembre 1996

Editores: **Shree P. Singh** y **Oswaldo Voysest**

Cali, Colombia

CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

Digitized by Google

Digitized by Google

TALLER DE MEJORAMIENTO DE FRIJOL PARA EL SIGLO XXI

Bases para una Estrategia para América Latina

23 Octubre - 1 Noviembre 1996

Editores: **Shree P. Singh** y **Oswaldo Voysest**

Cali, Colombia

CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

This One
QJFO-4W8-28WK

Digitized by Google

Citación correcta:

Singh, S.P. y Voysest, O. (eds.). 1997. Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. 559 pp. CIAT, Cali, Colombia.

Digitized by Google

PREFACIO

Este "Taller de mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: bases para una estrategia para América Latina" fue realizado bajo unas condiciones muy difíciles para los investigadores involucrados en este cultivo, tanto en CIAT como en los demás países de América Latina. Sin embargo, gracias a las gestiones de los Doctores Rafael Posada y Alfredo Caldas para conseguir apoyo financiero y logístico crítico, fue posible llevar a cabo este evento tan importante. Los objetivos del taller fueron: 1) cambio de información y actualización de los conocimientos para mejoramiento de cultivares de frijol, 2) maximizar el uso de germoplasma y ampliar la base genética de los cultivares de frijol, 3) asegurar la integración de mejoramiento de cultivares de frijol con conservación y manejo eficiente de otros recursos naturales: agua, ambiente y suelos, y 4) buscar alternativas para la sostenibilidad de la investigación nacional, regional e internacional sobre frijol. Los temas fueron cubiertos en diez diferentes secciones: 1) germoplasma de *Phaseolus*, 2) mejoramiento para resistencia a estreses abióticos; 3) mejoramiento para resistencia a estreses bióticos; 4) mejoramiento para potencial de rendimiento; 5) nuevos enfoques en el mejoramiento del frijol; 6) mejoramiento de cultivares: frijoles Mesoamericanos; 7) mejoramiento de cultivares: frijoles Andinos; 8) pruebas de germoplasma, identificación y adopción de nuevos cultivares; 9) sostenibilidad de la producción de frijol; y 10) sostenibilidad de la investigación de frijol en los programas nacionales, regionales e internacionales; cada una de las cuales incluye artículos de conferencistas invitados y voluntarios, que fueron presentados en secciones de poster. Desafortunadamente, algunos artículos no pudieron incluirse, por no haberse recibido los manuscritos hasta finales de octubre de 1997. También, por variación muy amplia en el contenido y en la forma en la cual fueron recibidos los manuscritos, no fue posible realizar una edición más apropiada. Sin embargo, nosotros estamos muy agradecidos a cada uno de los participantes.

Nuestro agradecimiento muy especial va a la Sra. Patricia de Montoya, por su gran labor realizada en la preparación de estas memorias.

Esperamos aque este documento sea de utilidad para todos ustedes.

Muy atentemente,

Shree P. Singh

Oswaldo Voysest

Diciembre de 1997

Digitized by Google

Digitized by Google

CONTENIDO

PREFACIO i

SECCION I. GERMOPLASMA DE *Phaseolus* 1

La Colección Núcleo del Frijol y la Búsqueda de Genes Utiles: El Caso de Tolerancia a Bajo Fósforo 3
S. Beebe

Amplicación de la Base Genética de los Cultivares de Frijol: Hibridación Interespecífica en *Phaseolus* Especies 9
Shree P. Singh, William M. Roca y Daniel G. Debouck

SECCION II. MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ESTRESES ABIOTICOS . . . 21

Mejoramiento del Frijol Común para Adaptación y Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Suelos de Bajo P: Una Revisión 23
Jérôme Ribet, Fernando Muñoz Arboleda, y Douglas Beck

Logros, Problemas y Posibilidades del Mejoramiento Genético del Frijol Mesoamericano en las Ecoregiones Semiáridas de América Latina 57
Jorge A. Acosta Gallegos, Rigoberto Rosales Serna y Jeffrey W. White

Análisis Dialélico para el Rendimiento de Frijol Andino Bajo Condiciones de Sequía y Riego 74
J. Kornegay, J.W. White, G.A. Llano y H.F. Ramírez

Mejoramiento del Frijol Común para Tolerancia a Altas Temperaturas 79
B. Faure, R. Benitez y R. M. Carballo

Cruzamientos Dentro y Entre Acervos Genéticos y Hábitos de Crecimiento para Incrementar la Tolerancia al Calor en Frijoles Andinos Volubles 87
C.H. Cajiao, J. Kornegay y H.F. Ramírez

Adaptación de Líneas Arbustivas de Origen Andino y Mesoamericano a Condiciones de Clima Frío 91
Nelson Martínez y Oswaldo Voysest

Digitized by Google

SECCION III. MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ESTRESES BIOTICOS 97

Mejoramiento Genético del Frijol Común por Resistencia a las Principales Enfermedades Virales en la América Latina 99
Francisco J. Morales G.

Estudio Comparativo de Fuentes de Resistencia para Bacteriosis Común Disponibles en Diferentes Especies de *Phaseolus* y Progreso Genético a Través de Cruzamientos Interespecíficos y Piramidación de Genes 118
Carlos Germán Muñoz y Shree P. Singh

Marcadores SCAR y RAPD para la Resistencia a la Bacteriosis Común (CBB) del Frijol 130
F. Pedraza, G. Gallego, S. Beebe y J. Tohme

Diversidad Genética y Relación entre Aislamientos de Africa y América Latina del Hongo de Mancha Angular del Frijol Común: Implicaciones para el Mejoramiento Genético 135
M.I. Chacón, C. Jara, G. Castellanos, C.E. Posso, R. Buruchara, J.B. Cuasquer y M.A. Pastor-Corrales

Caracterización Agronómica de Líneas de Frijol Común Seleccionadas por Resistencia Horizontal a Patógenos de la Mixteca Poblana 143
P. Ramírez Vallejo, S. Cruz Izquierdo, F. Castillo González, J.P. Pacheco Espinosa, G. Pastenes Ugalde, R. García Espinosa y R.A. Robinson

Avances en la Búsqueda de Mecanismos de Resistencia a *Apion godmani* Wagner (Coleoptera: Curculionidae) 151
Ramón Garza-García

Medición de la Tolerancia en una Línea de Frijol Mejorada por Resistencia al Lorito Verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae) . 161
María Luisa Cortés, César Cardona y Miryam Cristina Duque

SECCION IV. MEJORAMIENTO PARA POTENCIAL DE RENDIMIENTO. 167

Development of New Plant Type for Pinto Beans: Progress, Problems and Future Prospects 169
Albert Vandenberg, Blaine Reckseidler and Lloyd Zyla

Breeding for High Yield in Common Bean 187
J.D. Kelly, J.M. Kolkman and K.A. Schneider

Digitized by Google

Mejoramiento Genético de Frijol a Través de Cruzamientos Intra e Interraciales 205
J. E. de Souza Carneiro, P. A. A. Pereira, M. J. Del Peloso y G. E. de Souza Carneiro

Dez Anos de Pesquisa em Melhoramento Genético do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na EMBRAPA/CPACT, Pelotas, RS, Brasil . . 208
Irajá Ferreira Antunes y Expedito Paulo Silveira

Mejoramiento de Frijol Realizado en el Instituto Agronómico - IAC, São Paulo - Brasil 213
Sérgio Augusto Morais Carbonell, Antonio Sidney Pompeu, Margarida Fumiko Ito y Valdir Atsushi Yuki

Avanços, Problemas e Perspectivas no Melhoramento Genético do Feijoeiro Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Pernambuco . . 225
Antonio Félix da Costa e Paulo Miranda

Logros, Problemas y Perspectivas del Mejoramiento de Fréjol en Bolivia 232
T. Anzoátegui y J. Ortubé

Logros del Programa Nacional de Investigación en Mejoramiento y Tecnología del Cultivo de Poroto de Argentina 235
Susana García Medina y Viviana Failde de Calva M.

TUC 390 Y TUC 500, Dos Nuevas Variedades de Poroto Negro para el Noroeste Argentino 239
Oscar Vizgarra

SECCION V. NUEVOS ENFOQUES EN EL MEJORAMIENTO DEL FRIJOL 247

Mejoramiento de Calidad Culinaria y Nutricional del Frijol: Posibilidades y Perspectivas 249
S. Beebe

Estimación del Contenido de Metionina en Frijol Común Usando Espectroscopia de Reflectancia del Infrarrojo Cercano (NIRS) 257
A. V. González, J. Rengifo y S. Beebe

The Role of Molecular Markers in Breeding for Qualitative and Quantitative Traits of Common Bean . . 262
J. D. Kelly and P. N. Miklas

SECCION VI. MEJORAMIENTO DE CULTIVARES: FRIJOLES MESOAMERICANOS . 281

Achievements, Problems and Prospects for Breeding Pinto Beans in North America . . 283
Mark A. Brick

Digitized by Google

Problemas, Logros y Posibilidades para el Mejoramiento del Frijol Negro 294
R. Rodríguez

Logros, Problemas y Posibilidades de Mejoramiento de Frijoles Rojos 307
F. Rodríguez

Mejoramiento de Frijol Voluble de la Raza Jalisco para el Altiplano Mexicano 316
S. Núñez G.

Adaptación de Líneas Experimentales de Frijol Tipo Negro y Pinto en el Altiplano Semiárido de México . . . 326
F.J. Ibarra-Pérez, A. Castillo-Rosales, R. Ochoa-Márquez, P. Fernández-Hernández, B. Cázares-Enríquez, R. Rosales-Serna, S. Núñez-González y J. A. Acosta-Gallegos

Progreso, Problemas y el Futuro del Mejoramiento de Frijoles Mesoamericanos y la Mejora Genética Integrada 334
Shree P. Singh

SECCION VII. MEJORAMIENTO DE CULTIVARES: FRIJOLES ANDINOS. 351

Mejoramiento de Frijol para el Caribe. 353
James S. Beaver y Albeiro Molina C.

Mejoramiento del Frijol para la Costa del Perú 377
Angel Valladolid Chiroque

Mejoramiento de Fréjol Voluble en la Zona Andina: Problemas, Logros y Perspectivas 397
L. Minchala, E. Peralta, A. Murillo, J. Pinzón y R. Lépiz

Logros, Problemas y Perspectivas para el Mejoramiento del Fréjol Arbustivo en el Ecuador 405
A. Murillo, E. Peralta, J. Pinzón,y R. Lépiz

SECCION VIII. PRUEBAS DE GERMOPLASMA, IDENTIFICACION Y ADOPCION DE NUEVOS CULTIVARES . . 415

Fundamentos de un Eficiente Sistema de Pruebas de Germoplasma de Frijol 417
Oswaldo Voysest

Participación de los Agricultores en la Identificación y Adaptación de Nuevos Cultivares de Poroto: Agricultura Empresarial en Argentina 434
J. R. Ricci

Métodos Alternativos para una Producción Sostenible de Semilla de los Nuevos Cultivares de Frijol 449
Rogelio Lépiz

Digitized by Google

SECCION IX. SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCION DE FRIJOL. 455

PRO-PAIS: Una Propuesta para Evaluar el Aumento de la Productividad (PR0), la Protección del Ambiente (PA) y el Impacto Social (IS) de la Investigación en Frijol 457
Oswaldo Voysest

Progresos y Posibilidades en el Desarrollo de Sistemas de Manejo Integrado de Plagas en Frijol 459
César Cardona

Soil Fertility Conservation and Enhancement in Bean Production Systems in Brazil 470
Michael Thung

Sistema de Producción de Semilla de Frijol en Panamá, sus Logros y Perspectivas . . . 487
Edwin Lorenzo H., Emigdio Rodríguez y Quintín Palma

SECCION X. SOSTENIBILIDAD DE LA INVESTIGACION DE FRIJOL EN LOS PROGRAMAS NACIONALES, REGIONALES E INTERNACIONALES 499

Sistema Nacional de Investigación con Frijol en el Brasil: Resultados, Entraves y Perspectivas Futuras 501
Pedro A.A. Pereira, Maria José Del Peloso, Lidia P. Yokoyama, Vania Moda-Cirino, Lourênço Oliari, Paulo Miranda, Magno Antonio Patto Ramalho, Antonio S. Pompeu, Sergio Carbonell, Clibas Vieira y José E. de S. Carneiro

Sistema Nacional de Investigación de Frijol en Costa Rica: Logros, Dificultades y Futuro 519
R. Araya

Evolución e Integración de la Investigación del Frijol en América Central, México y El Caribe: PROFRIJOL . . . 531
R. Rodríguez

Desarrollo de la Red Nacional de Leguminosas en Colombia 547
Oscar Eduardo Checa Coral

Lista de Participantes 555

Digitized by Google

Digitized by Google

SECCION I. GERMOPLASMA DE *Phaseolus*

Digitized by Google

Digitized by Google

30764
30 ENE

La Colección Núcleo del Frijol y la Búsqueda de Genes Utiles: El Caso de Tolerancia a Bajo Fósforo

S. Beebe
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

La colección núcleo o "core collection" es una muestreo sistemático hecho para capturar una gran parte de la diversidad genética de la colección total, sirviendo así como fuente de genes útiles, ó revelando patrones en la diversidad en el banco. Para la selección del núcleo de frijol, accesiones fueron priorizadas por tres criterios: 1) la tradición de cultivar frijol en la región de origen; 2) el tipo de ambiente predominante en la región de origen, con respecto a pluviosidad, temperatura (interpretada como largo de ciclo), tipo de suelo, y largo de fotoperíodo en época de floración; 3) máxima variabilidad en tipo de grano y hábito, con prioridad sobre hábitos 3 y 4, y sobre granos no-comerciales. Se tomaron datos sobre capacidad de rendimiento con y sin estrés de fósforo (P) en Darién, Colombia. Varios materiales del norte de los Andes fueron promisorios, especialmente los de Ecuador. Pedimos a la Unidad de Recursos Genéticos todos los materiales arbustivos de Ecuador para ensayar en bajo P. Se notó que los materiales ecuatorianos presentaron fenotipos tanto de semilla mesoamericana como andina en más o menos la misma proporción. Otras líneas presentaron clara evidencia de ser híbridos entre los dos acervos. Es posible que la mezcla de acervos está contribuyendo a la tolerancia a bajo P. En cuanto a resultados con el acervo mesoamericano, varios materiales de Chiapas, México fueron superiores. Sin embargo, en comparación con los resultados anteriores, otras regiones también presentaron posibilidades para selección de genotipos superiores, incluyendo genotipos de raza Durango. Curiosamente, estos materiales de raza D superaron al testigo solamente en el tratamiento de estrés; en el tratamiento fertilizado con P, la mayoría rindieron muy por debajo del testigo. Este fenómeno puede estar relacionado con la repartición de biomasa entre el sistema radicular y la parte superior de la planta. La relación entre el rendimiento y los factores agroecológicos fue estudiado. Bajo estrés de P, no se notaba que el tipo de suelo en el sitio de origen tuvo un efecto. Sorpresivamente, en los tipos arbustivos, los materiales provenientes de zonas mas secas mostraron tendencia de superar al testigo bajo estrés de P; muchos de estos corresponden a los de raza Durango como notado arriba. En condiciones sin estrés, los resultados fueron al contrario: materiales de zonas de humedad adecuada mostraron más tendencia a superar al testigo. El largo del día en el sitio de origen en época de floración no parecía tener un efecto consistente en la respuesta a bajo P. Aparentemente hubo un efecto en el tratamiento sin estrés, pero esto pudo haber sido un artefacto.

Menos genotipos superaron a los testigos en el tratamiento de alto P que en bajo P, reflejando la excelente potencial de rendimiento de los testigos. Los países que aportaron más accesiones superiores en el tratamiento sin estrés, basado en el porcentaje del total de accesiones de ese país en el núcleo, eran México, Guatemala, Nicaragua, Brasil y Colombia. Varios volubles guatemaltecos superaron al testigo, así que parecen tener buena capacidad de rendimiento. Aún falta explorar su potencial para contribuir al mejoramiento de otros grupos.

Las colecciones-núcleos, ó "core collections", fueron propuestas para responder a una dilema: la urgencia de conservar la diversidad genética de los cultivos conllevó a la creación de grandes bancos de germoplasma. Sin embargo, una vez hechas, las colecciones resultaron demasiado grandes para evaluar para muchos caracteres. Pero una muestra sistemática podría capturar una gran parte de la diversidad genética, sirviendo así como fuente de genes útiles, ó revelando patrones en la diversidad para así indicar entre que tipo de accessiones se podría encontrar más variabilidad útil en la colección de reserva (es decir, en el banco). Tal muestra es la colección-núcleo.

Los criterios para seleccionar un núcleo son determinados por la persona haciendo la selección; no hay criterios fijos, ni los mismos criterios servirían para diferentes especies. En el caso

Digitized by Google

del núcleo de frijol común, accessiones fueron priorizadas por tres criterios:

1. Prioridad fue dada a accessiones provenientes de regiones con tradición larga de cultivar frijol, en comparación con otras regiones de introducción reciente, ó centros secundarios.
2. Accessiones fueron clasificadas según un estimativo del tipo de ambiente predominante en la región de origen. El ambiente fue determinado según pluviosidad, temperatura (interpretada como largo de ciclo), tipo de suelo, y largo de fotoperíodo en época de floración.
3. Una vez clasificadas según ambiente, las accessiones fueron seleccionadas dentro de su clase ambiental por la máxima variabilidad en tipo de grano y hábito. Prioridad fue puesta sobre hábitos 3 y 4, y sobre granos no comerciales (por ejemplo, colores gris o café).

EL USO DEL NUCLEO PARA BUSCAR GENES

Aunque el núcleo tiene otros usos más que identificar genes útiles, este es quizás su papel mas importante. Primero, debemos señalar que tipo de genes esperamos identificar en un núcleo.

Algunos genes son relativamente común en el germoplasma. Por ejemplo, el gen I ocurre en muchos accessiones de frijol de negro hábito 2 como Jamapa y Porrillo. El gen de hábito 1 es muy común en el acervo Andino, e inclusive es fácil de identificar en el acervo mesoamericano. No sería necesario hacer ningún muestreo sistemático para identificar tales genes.

Por otro lado, hay algunos genes que son tan escasos que sería imposible precedir en qué tipo de germoplasma se podrían encontrar. Son genes que ocurren totalmente al azar. Por ejemplo, el gen de resistencia al mosaico común, *bc3*, es prácticamente un gen único; no concocemos otro como el *bc3* y sería imposible planear un muestreo sistemático para capturar un gen como *bc3*. Sólo se puede reconocer tal gen escaso a través de evaluaciones extensivas del banco de germoplasma. Una colección núcleo no sería una buena estrategia para identificar tal gen.

Otros genes ocurren con una frecuencia moderada a baja en el germoplasma. Por ejemplo, valiosos genes de resistencia a la antracnosis han aparecido en varias accesiones de germoplasma de la zona alta y húmeda de México. Un muestreo sistemático, basado en origen geográfico y agroecológico, llevaría a incluir materiales de esta región de México, y la evaluación de tal muestreo podría revelar los genes de resistencia. Por tanto, son estos los tipos de genes para los cuales una colección núcleo puede servir: aquellos que no son ni tan comunes, ni tan escasos, y que tienen cierta probabilidad de ser incluídos en un muestreo.

"UPDATE" SOBRE DATOS TOMADOS EN EL NUCLEO

Hasta el momento hemos registrado datos para el núcleo de los siguientes tipos:

1. Morfológicos de la planta: hábito,
2. Morfológicos de la flor: color; tamaño y forma de bracteola; estrillas en el revés
3. Morfológicos de la semilla: colores; las tres dimensiones; peso de 100 semillas.
4. Morfológicos de la vaina: tamaño; color
5. Bioquímicas: % proteína; tipo de faseolina, lectina e inhibidor de alfa-amilasa, y una estimativa de la proporción de cada una;
6. Minerales en el grano: contenido en ppm de Fe, Zn, Mn, B, Mg, Ca, Na, K, P, S, Cu

Digitized by Google

7. Respuesta a fotoperíodo
8. Rendimiento sin estés: en Popayán y en Darién.
9. Rendimiento bajo deficiencia de fósforo: en Darién.

Además, estamos trabajando actualmente en realizar una clasificación molecular basada en ADN usando RAPDs y AFLPs. Ya tenemos una determinación de clases moleculares de una muestra del núcleo mesoamericano, y estamos extendiendo esto a todos los tipos mesoamericanos del núcleo. Pronto esperamos tener una clasificación preliminar de los tipos andinos.

EL NUCLEO Y TOLERANCIA PARA BAJO FOSFORO

Anteriormente reportamos los resultados de un ensayo con 364 genotipos. Ese ensayo fue realizado antes que el núcleo existiera, sin embargo su filosofía fue la misma: utilizar un muestreo de germoplasma para revelar la distribución de un carácter en el germoplasma. Los genotipos en ese ensayo fueron elegidos para representar un rango amplio de ambientes y orígenes en los centros primarios, y en algunas regiones de los centros secundarios.

Según los resultados de ese estudio, materiales arbustivos y trepadores del estado de Chiapas en México fueron superiores en condiciones de bajo P. Los frijoles trepadores de la raza Jalisco tuvieron cierta potencial también. En Suramérica, el norte de los Andes parecía ser una zona promisoria. Sin embargo, muchas zonas presentaron alta variabilidad en la respuesta de su germoplasma.

En algunos aspectos los datos del núcleo tienden a confirmar los resultados anteriores. Varios materiales del norte de los Andes fueron bastante promisorios, especialmente los de Ecuador. Para dar seguimiento a este hallazgo, pedimos a la Unidad de Recursos Genéticos todos los materiales arbustivos de Ecuador para ensayar en bajo P. Entre 335 accessiones sembrados, unos 35 fueron identificados como promisorios. Se notó que los materiales ecuatorianos presentaron fenotipos tanto de semilla pequeña (tipo mesoamericana) como semilla mediana y grande (tipo andina), en más o menos la misma proporción. Algunos materiales andinos presentaron excelente adaptación en Darién (1400 masl) y estos deben ser de utilidad para otras partes de la zona andina y para Africa. Otros tipos andinos fueron desadaptados a esta clima media por exceso de calor; estos últimos parecían mucho a los materiales peruanos como G19833 que tienen buena respuesta a bajo P pero pobre adaptación a la zona media-baja.

Entre las accessiones ecuatorianas con fenotipo mesoamericano, muchas no fueron totalmente típico de raza M. Por ejemplo, entre un buen número de materiales de grano negro pequeño, la mayoría presentaron un ciclo más largo que es normal para estos tipos. Otras líneas presentaron clara evidencia de ser híbridos entre los dos acervos. Es probable que el germoplasma de Ecuador representa una mezcla de acervos, así como algunas accessiones en Colombia. También es posible que la mezcla de acervos está contribuyendo a la tolerancia a bajo P. Aunque esto queda por confirmar, el buen comportamiento de los materiales ecuatorianos puede ser indicativo de la potencial de aumentar la tolerancia a través de recombinaciones entre acervos. Cabe señalar que la accesión G21212, identificada anteriormente como superior en bajo P y con excelente respuesta a P adicional, es originario de Nariño, el departamento de Colombia limítrofe con Ecuador.

En cuanto a resultados con el acervo mesoamericano, varios materiales de Chiapas fueron superiores, y Chiapas aportó un buen porcentaje de buenos materiales. Esto está de acuerdo con los

Digitized by Google

resultados reportados antes. Sin embargo, en comparación con los resultados anteriores, otras regiones también presentaron posibilidades para selección de genotipos superiores, incluyendo Durango, Zacatecas, Puebla y Oaxaca. En términos de razas, el núcleo reveló mas genotipos de raza D que en la muestra anterior. Curiosamente, estos materiales de raza D superaron al testigo solamente en el tratamiento de estrés; en el tratamiento fertilizado con P, la mayoría rindieron muy por debajo del testigo. Esto a pesar de que la raza D normalmente presenta buena capacidad de rendimiento! De este resultado surge la pregunta si estos materiales tienen un sistema radicular bien desarrollado, que en condiciones sin estrés no es necesario ni provechoso. Pero hay que tomar este resultado con cautela, ya que los materiales de raza Durango no adaptan bien en estos latitudes y pueden presentar anomalías.

La relación entre el rendimiento y los factores agroecológicos fue estudiado, al observar las características de los materiales que superaron al testigo. Bajo estrés de P, no se notaba que el tipo de suelo en el sito de origen tuvo un efecto. Aunque parece que el intento de recuperar variabilidad genética relacionado con el tipo suelo no fue exitoso en cuanto a tolerancia a bajo P, este no es sorpresivo cuando uno considera que el suelo es muy variable a través de cortas distancias; y que los mapas de FAO que fueron utilizados no son necesariamente relacionados con fertilidad de suelo. Así que el estimativo del tipo de suelo pudo haber sido demasiado aproximado.

Sorpresivamente, en los tipos arbustivos, los materiales provenientes de zonas mas secas mostraron tendencia de superar al testigo bajo estrés de P; muchos de estos corresponden a los de raza Durango notados arriba. En condiciones sin estrés, los resultados fueron al revés: materiales de zonas de humedad adecuada mostraron más tendencia a superar al testigo. De nuevo, este fenómeno puede estar relacionado con la repartición de biomasa entre el sistema radicular y la parte superior de la planta.

El largo del día en el sitio de origen (igual o menos que 13 horas vs. más que 13 horas en época de floración), parecía no tener un efecto consistente en la respuesta a bajo P. Sin embargo, en el tratamiento sin estrés, accessiones de zonas con días largos presentaron mucho más probabilidad de superar el testigo. Cabe señalar que en este ensayo, no hubo días largos para estimular una respuesta al fotoperíodo, tal que los rendimientos no reflejaron tal respuesta. Por cierto, muchas veces los materiales de latitudes mayores, como los de raza Durango, no rinden bien en Colombia porque les hace falta un fotoperíodo más largo para alargar el ciclo vegetativo. En parte, un aparente efecto de largo de día sobre capacidad de rendimiento se debe al hecho que muchas accessiones andinas de zonas frías son clasificadas como de días cortos y estos no adaptan bien en Darién, así que en estos materiales la relación entre días cortos y mal rendimiento es un artefacto.

En unos casos los materiales superiores en bajo P parecían ser repetidos, por ejemplo, bayos de Durango y Zacatecas; tipos Pinto o Garrapatos; y los negros pequeños de Chiapas! De allí surge la pregunta si estos representan mucha diversidad genética, o si representan genotipos comunes que se han esparcido por tener un buen comportamiento. Por cierto, los materiales de Chiapas fueron sometidos a análisis molecular por RAPDs y expresaron una mínima variabilidad. Así que la frecuencia de genotipos superiores en una región es solo uno de los criterios en identificar regiones de interés.

Digitized by Google

GERMOPLASMA DE ALTA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO

Menos genotipos superaron a los testigos en el tratamiento de alto P que en bajo P. Esto refleja la excelente potencial de rendimiento del testigo arbustivo 'Carioca' y del testigo voluble G2333. Los países que aportaron más accessiones superiores en el tratamiento sin estrés, expresado como porcentaje del total de accessiones de ese país en el núcleo, eran: México (16%), Guatemala (15%), Nicaragua (15%), Brasil (9%) y Colombia (8%). Vale la pena notar que los materiales arbustivos mexicanos y centroamericanos de la raza Mesoamericana se distinguen entre sí por marcadores moleculares de ADN. La diversidad inherente entre estos dos grupos posiblemente refleja diferentes genes de rendimiento, pero no ha sido fácil lograr aumentos dramáticos entre estos. Entre los tipos volubles, los trepadores guatemaltecos son un grupo especialmente diverso y distinto de los mexicanos. Ya que varios volubles guatemaltecos superaron al testigo, parecen tener buena capacidad de rendimiento. Aún falta explorar su potencial para contribuir al mejoramiento de otros grupos.

ANIMALES RAROS

Tanto el estudio del núcleo como el ensayo anterior con 364 genotipos ilustran el uso de un muestreo de germoplasma para entender mejor la potencial del germoplasma para resolver un problema particular. Ahora, aparte de la función del núcleo para revelar regiones que son promisorios para estudio adicional, algunos genotipos fueron identificados como superiores pero que no siguieron un patrón geográfica. Uno de estos en particular merece atención especial en cuanto a su reacción a bajo P, que fue el G19227A. Esta es una accesión originaria de Honduras, y entró en el núcleo en gran parte por su tipo de grano no-típico. Su color es café-verdoso, muy lejos del grano comercial de la región. En el esquema de CIAT es clasificado como color '9', o sea, 'otro'. Tales tipos fueron dados alta prioridad en la selección del núcleo, así que podemos decir que el G19227A entró en el núcleo por su grano feo.

Aparte de su grano, el G19227A fue incluido en un ensayo de marcadores moleculares (RAPDs). En el análisis de correspondencia formó parte de un grupo compuesto por criollos centroamericanos, pero su posición en el margen de este grupo lo señaló como un material no-típico. Morfológicamente, el G19227A no es un mesoamericano típico, ya que presenta una bracteola más parecida a la de los andinos, y una vaina de tipo intermedia.

En el tratamiento de bajo P, el G19227A superó al testigo 'Carioca'. En estudios posteriores, resultó tener una alta eficiencia en el uso de P dentro de la planta para la fijación del nitrógeno (ver exposición de Ribet, esta publicación).

El punto en cuanto al G19227A es, que el germoplasma que se expresa como no-típico según otros criterios, bien sea morfología de planta o grano, o por marcadores moleculares, puede ser de interés particular para caracteres agronómicos también. Cuando los agrónomos ó los curadores de bancos de germoplasma tienen la oportunidad de recolectar variedades criollas, especialmente ahora que los bancos de germoplasma están bien surtidos, deben fijar en tales materiales para sus recolectas.

Digitized by Google

EL USO FUTURO DEL NUCLEO

La colección-núcleo aun tiene bastante para ofrecer a los mejoradores de frijol en América Latina y Africa. Una evaluación del núcleo para BGMV sería provechosa ya que aún no tenemos una evaluación de un grupo de germoplasma de comparable diversidad genética. Las evaluaciones pasadas han sido enfocadas en ciertas grupos de germoplasma como los tipos Pintos o Red Kidneys donde, por cierto, había razón por esperar que se podía encontrar resistencia.

Una evaluación para mustia hilachosa también sería merecida. Las evaluaciones pasadas enfocaron sobre genotipos adaptadas a las zonas muy bajas, es decir, principalmente sobre rojos y negros de grano pequeño. En una oportunidad tuvimos la oportunidad de ver un vivero de fuentes de resistencia con un rango más amplia de razas de frijol, y algunas materiales mexicanas se presentaban como promisorios con una presión de enfermedad liviana. Sin embargo, una evaluación de mustia en germoplasma de hábito 3 será difícil, ya que un hábito postrado favorece la enfermedad y puede ocultar genes de resistencia. Los de hábito 4 son aún más difícil a evaluar; sin apoyo de un tutor, reciben un exceso de inóculo del suelo, y con tutor, escapan del salpique y del inóculo. Así que la evaluación para resistencia a mustia requiere atención a estos factores, y preferiblemente el apoyo de un patólogo.

CONCLUSION

La colección núcleo ha servido para identificar accessiones promisorias para varios caracteres, y también para identificar regiones que son fuentes de más germoplasma promisorio. Es esta última función que permite una utilización racional de todo el banco de germoplasma, o sea, la llamada colección de reserva. La colección núcleo nunca fue diseñado para reemplazar la colección de reserva, sino complementarla. La colección núcleo es particularmente útil al inicio de un proyecto de mejoramiento, pero no tiene gran utilidad para investigar un carácter que se ha evaluado ampliamente en el banco como ya se ha hecho para resistencia a antracnosis o bacteriosis. Sin embargo, otras evaluaciones de resistencias no han sido sobre una base de germoplasma amplia, y estas podrían beneficiar de una evaluación del nucleo también.

Digitized by Google

765

Ampliación de la Base Genética de los Cultivares de Frijol: Hibridación Interespecífica en *Phaseolus* Especies

Shree P. Singh, William M. Roca y Daniel G. Debouck
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Una continua y mayor ganancia genética por selección en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) depende de nuestro conocimiento de la organización de la diversidad genética útil y la habilidad para explotarla para todos los caracteres de valor agronómico, no sólo dentro de la especie *P. vulgaris* sino también dentro de otras especies del género *Phaseolus*, cultivados y silvestres. Dentro de los frijoles cultivados y silvestres existen dos grupos mayores o acervos genéticos: Andino y Mesoamericano. Además, dentro de los frijoles cultivados de cada uno de los dos acervos genéticos existen tres razas. Algunos fitomejoradores y genetistas ya están explotando exitosamente la diversidad genética presente entre razas y acervos genéticos para arquitectura de planta, rendimiento, adaptación, y resistencia a sequía, baja fertilidad de suelo, insectos y enfermedades como antracnosis, mancha angular y roya, entre otros. También se está transfiriendo con éxito la resistencia a bruchidos de frijoles silvestres a los frijoles cultivados. Un grupo de especies de *Phaseolus* de las cuales genes útiles pueden ser transferidas al frijol común, sin necesidad de rescates de embriones para cruzamientos (acervos genéticos secundarios) lo conforman *P. coccineus*, *P. polyanthus* y *P. costaricensis*. De este grupo se han transferido genes de resistencia moderada para bacteriosis común de *P. coccineus* a frijol cultivado. Un segundo grupo de especies incluye *P. acutifolius* y *P. parvifolius* las cuales para ser cruzadas con el frijol común sí necesitan el rescate de embriones (acervos genéticos secundarios). De este último también se ha transferido resistencia muy alta a bacteriosis común al frijol cultivado. El programa de cruzamiento interspecífico entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* en CIAT fue iniciado en 1989. Inicialmente hemos utilizado retrocruzamientos recurrentes para transferir resistencia a bacteriosis común. Sin embargo, en la actualidad estamos utilizando retrocruzamiento congruente. A través de cruzamientos hemos identificado un genotipo de *P. acutifolius* (G 40001), el cual facilita el entrecruzamiento con *P. vulgaris* como lo hace el cultivar ICA Pijao con *P. acutifolius*. Además, en la actualidad, estamos transfiriendo los genes de resistencia para *Empoasca* y bruchidos (G 40035, G 40036, G 40102, G 40199, G 40253). En 1994 fue iniciado el cruzamiento de frijol común con *P. coccineus* (G 35170 y G 35171), el cual es altamente resistente al virus del mosaico dorado. En 1996 hemos realizado algunos cruzamientos de frijol común con *P. costaricensis*, aún sin saber qué genes útiles tiene esta última especie. Otros trabajos de cruzamientos interspecíficos (*P. parvifolius*) serán revisados así como las perspectivas futuras de este proyecto.

Para desarrollar metodologías eficaces y eficientes para evaluar el germoplasma, identificar fuentes de genes necesarios y diseñar métodos apropiados para ampliación de la base genética y mejoramiento de los cultivares para caracteres deseables incluyendo la incorporación de la resistencia duradera en cultivares susceptibles, es esencial tanto el conocimiento de la magnitud y organización de la diversidad genética en especies de *Phaseolus*, la relación de ella con *P. vulgaris* (el frijol común) como saber del origen, domesticación y evolución en *P. vulgaris* y su relación con los insectos y patógenos causantes de enfermedades importantes y estreses a factores abióticos. Nuestro objetivo es revisar, en breve, este conocimiento y describir las alternativas para la ampliación de la base genética de frijol común con énfasis en hibridación interespecífica.

Digitized by Google

DIVERSIDAD EN ESPECIES DE *Phaseolus* Y SU ORGANIZACION

En el género *Phaseolus sensu stricto* (Delgado Salinas, 1985; Lackey, 1983; Maréchal et al., 1978) se encuentran reportadas 52 diferentes especies faltando todavía algunas por describir. Todas son originarias del continente americano, y el cariotipo es 2n = 2x = 22 con la excepción de unas pocas especies relacionadas a *P. leptostachyus* Bentham (Delgado Salinas, 1985). De ellas se conocen únicamente cinco: *P. acutifolius, P. coccineus, P. lunatus, P. polyanthus* y *P. vulgaris* las que fueron domesticadas (Debouck, 1991). De ellas el frijol común (*P. vulgaris*) es el más importante mundialmente, ocupando mas del 80% de la superficie (mas de 15 millones de hectáreas) sembrada anualmente.

Dentro del género *Phaseolus* existen diferentes grupos naturales (Debouck and Smartt, 1995), que reúnen las especies según sus similaridades morfológicas, afinidades ecológicas y compatibilidades hibridológicas. Utilizando la definición de Harlan (1992) y Harlan y de Wet (1971), el acervo primario de *P. vulgaris* incluye los frijoles cultivados y los frijoles silvestres.

El ancestro más inmediato de frijol cultivado es el frijol silvestre (Brücher, 1988; Delgado Salinas et al., 1988; Gepts and Debouck, 1991). Entre ellos se cruzan y recombinan genes sin ninguna barrera genética. El frijol silvestre se encuentra desde el Norte de México (Chihuahua), hasta el noroeste de la Argentina (San Luis) (Toro Ch. et al., 1990). En el continente americano, el frijol cultivado se encuentra desde la isla de Chiloé (Chile) hasta Alberta y Saskatchewan (Canadá). Los estudios de caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares en frijol cultivado y sus correspondencias en el frijol silvestre, indican que el frijol común fue domesticado en diferentes zonas ecológicas (Gepts et al., 1986; Gepts and Debouck, 1991). Sin embargo, en los frijoles silvestres, al igual que en los cultivados, hay dos principales grupos de germoplasma: Andino y Mesoamericano (Gepts, 1990; Gepts and Bliss, 1985; Gepts et al., 1986; Khairallah et al., 1990; Singh et al., 1991b).

Recientemente un posible tercer acervo fue reportado en frijoles silvestres en los Andes del norte de Sudamérica (Debouck et al., 1993) con diversidad genética única (Becerra Velásquez and Gepts, 1994; Khairallah et al., 1992; Tohme et al., 1996). Además, existen indicaciones que este tercer acervo es más antiguo y posiblemente puede ser ancestro de los dos acervos mayores Andino y Mesoamericano (Kami et al., 1995). Todavía no se han reportado los frijoles cultivados equivalentes, originarios de este tercer acervo, y es posible que en ésto no hubo domesticación (Debouck, 1996). Además existe un acervo adicional en Colombia cuyo origen está aún por establecer: no se sabe si resulta de hibridaciones de acervos allí en contacto o de otro proceso (Debouck, 1996; Tohme et al., 1996).

Cada uno de los principales grupos de frijoles cultivados pueden ser divididos en tres razas (Andino = Chile, Nueva Granada y Perú; Mesoamericano = Durango, Jalisco y Mesoamérica), cada una con sus características contrastantes (Singh et al., 1991a).

El acervo genético secundario incluye *P. coccineus* L. inicialmente descrito por Linnaeus en 1752. Además incluye *P. costaricensis* Freytag y Debouck (1996) y *P. polyanthus* Greenman, entre otros.

El cruzamiento entre *P. vulgaris* y las especies del acervo secundario se realiza fácilmente sin necesidad de rescates de embriones. Además, el apareamiento de cromosomas y formación de bivalentes es generalmente alto (10II o más).

Digitized by Google

Miembros del acervo terciario incluyen al *P. acutifolius* y *P. parvifolius.* Aunque *P. filiformis* Bentham y *P. angustissimus* A. Gray ya fueron cruzadas con *P. vulgaris* (Belivanis and Doré, 1986; Maréchal and Baudoin, 1978; Petzold and Dickson, 1987), las cruzas son más difícil de realizar que las cruzas de las dos primeras. Además para cruzas con todas estas especies del grupo terciario, siempre se necesita rescate de embriones y los híbridos iniciales son completamente machos estériles. El apareamiento de cromosomas y la formación de bivalentes es más reducida (≈6II) que con el cruzamiento de acervos secundarios.

Entre las diferentes especies de *Phaseolus* domesticadas *P. lunatus* es genéticamente el más lejano de todos y en realidad se encuentra por fuera de los acervos terciarios. Todavía no se han reportado cruzamientos exitosos con *P. vulgaris*. En este mismo grupo se incluyen *P. ritensis, P. maculatus* y otras especies. Hasta que no sea factible la transformación en *P. vulgaris,* no hay posibilidades de usar estas y otras especies fuera del acervo terciario para la ampliación de la base genética de *P. vulgaris.*

LA NECESIDAD DE AMPLIAR LA BASE GENETICA DE FRIJOL COMUN

Falta de Genes Utiles y La Base Genética Estrecha de Cultivares

El descubrimiento de que en los frijoles silvestres hay mucho más variación en tipos de faseolina (un marcador evolutivo neutro) que en los frijoles cultivados (Gepts et al., 1986; Gepts, 1990), indica claramente que no todas las poblaciones silvestres fueron domesticadas. Consecuentemente, algunos genes de utilidad (por ejemplo, la resistencia para los gorgojos *Zabrotes subfasciatus* y *Acanthoscelides obtectus*) no se encuentran en frijoles cultivados (Schoonhoven and Cardona, 1982, 1983). De otro lado, por ser un autógama cada genotipo de frijol común tiende a aislarse de otro, restringiendo el libre intercambio de genes entre ellos; además existen razones de pensar que desde un cierto nivel de polinización cruzada existiendo en estado silvestre la evolución bajo domesticación ha sido hacia un mayor nivel de autogamia. Además, la base genética de cultivares mejorados es muy estrecha en realidad (Adams, 1977; McClean et al., 1993; Voysest et al., 1994). Además, únicamente un cierto tipo de cultivares, genéticamente muy relacionados, predomina en cada zona frijolera, por ejemplo, los frijoles negros y rojos en el caso de América Central. Debido a esta situación, se logra muy poca o ninguna ganancia genética a través de cruzamientos entre cultivares de la misma clase comercial o razas de frijol (Singh et al., 1989).

Desigualdad en la Distribución de Genes Utiles en Cultivares

Para la mayoría de los caracteres agronómicos existe una gran especificidad o desigualdad en la ocurrencia o distribución de genes necesarios en cultivares o germoplasma de frijol cultivado (Singh, 1989; Singh et al., 1991a). Por ejemplo, genes para porte erecto de planta existen únicamente en germoplasma de hábitos I y II de razas Mesoamérica y Nueva Granada. Mayor grado de tolerancia a estrés hídrico se encuentra en los frijoles de raza Durango del Altiplano Mexicano, seguido por las razas Mesoamérica y Jalisco. Tolerancia a altas temperaturas se encuentra en frijoles de razas Mesoamérica y Nueva Granada. En general, los frijoles de raza Durango poseen resistencias a enfermedades causadas por virus (mosaico común, mosaico dorado, mosaico amarillo, mosaico severo, etc.). Genes de precocidad se encuentran en razas Mesoamérica (tipo III), Durango

Digitized by Google

(tipos I y III) y Nueva Granada (tipo I).

Enfermedades y Coevolución en Patógenos Variables

En algunos patógenos causantes de enfermedades importantes como *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. (causante de mancha angular), *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc.) (causante de antracnosis) y *Uromyces appendiculatus* (causante de roya) se ha reportado gran variabilidad patogénica. Usando cultivares diferenciales al igual que marcadores bioquímicos y moleculares se ha encontrado existencia de dos mayores grupos en estos patógenos (Guzmán et al., 1995; Maya et al., 1995; Pastor-Corrales y Jara, 1995; Pastor-Corrales et al., 1995; Stavely and Pastor-Corrales, 1989). Además existe una correspondencia y relación muy estrecha entre los dos acervos genéticos principales de frijol: Andino y Mesoamericano y los dos grupos de patógenos, de manera que los patógenos colectados de frijol Andino atacan preferencialmente o en alta frecuencia a los frijoles de origen Andino y los Mesoamericanos atacan más a los frijoles de origen Mesoamericano. Con esta especificidad queda claro que para conseguir resistencia duradera hay que usar este concepto y piramidar genes necesarios o útiles de ambos acervos de frijoles.

La Riqueza de Diversidad Genética No Utilizada

En el banco de germoplasma del CIAT y en otros bancos de diferentes partes del mundo existen más de 35,000 accesiones de especie *Phaseolus*. De ellas , más de 28,000 accesiones son de *P. vulgaris* cultivadas y más de 1,300 son silvestres (Tabla 1). Aunque la mayoría de ellas ha quedado sin evaluar para algunos caracteres, una gran parte (>20,000) ya fue evaluada para antracnosis (Pastor-Corrales et al., 1995; Schwartz et al., 1982), *Empoasca* (Cardona, 1989), mancha angular, mosaico común y bacteriosis, entre otros factores. Las fuentes de resistencias para estos caracteres más los genes de utilidad para otros caracteres agronómicos, aún quedan sin utilizar. No es una exageración afirmar, pero es muy probable que menos del 5% del germoplasma de *Phaseolus* es utilizado en mejora genética de frijol a nivel mundial (Singh, 1992). Esto es preocupante sabiendo bien que la materia prima para lograr el progreso genético es la diversidad genética útil en los cruzamientos.

ALTERNATIVAS PARA AMPLIACION DE LA BASE GENETICA E HIBRIDACION INTERESPECIFICA

Para la ampliación de la base genética de cultivares de frijol existen alternativas de utilizar genes de diferentes orígenes evolucionarios dentro de la misma raza (e.g., entre faseolina B y S) y clase comercial de semilla (e.g., entre negro y rojo), entre razas del mismo acervo genético (e.g. entre Durango y Mesoamérica), entre acervos genéticos (e.g., entre Mesoamérica y Nueva Granada) y a través de cruzamientos con frijoles silvestres (e.g., ICA Pijao x G 12954), con especies de acervos secundarios (e.g., ICA Pijao x *P. coccineus*, G 35171) y terciarios (e.g., ICA Pijao x *P. acutifolius*, G 40001). Discutiremos, en breve, únicamente el uso de la hibridación interespecífica o cruzamientos con especies de acervos secundarios y terciarios.

Digitized by Google

Tabla 1. Acervos genéticos primario, secundario y terciario y número de accesiones disponibles en el Banco de Germoplasma del CIAT para ampliación de la base genética de *Phaseolus vulgaris* L en 1997.

Acervos					
Primario	Secundario			Terciario	
	Cercano	Intermedio	Lejano	Cercano	Lejano
Phaseolus vulgaris L. cultivado (28,000) silvestre (1,315) 3 subgrupos: - Mesoamericano - Andino Central - Andino Norteño	*Phaseolus costaricensis* Freytag y Debouck silvestre (11)	*Phaseolus polyanthus* Greenman cultivado (338) silvestre (7)	*Phaseolus coccineus* L. cultivado (574) silvestre (110)	*Phaseolus acutifolius* Asa Gray cultivado (163) silvestre (156) *Phaseolus parvifolius* Freytag silvestres (6)	*Phaseolus filiformis* Bentham silvestres(10) *Phaseolus angustissimus* Asa Gray silvestres (3)

Uso Del Acervo Genético Secundario

En los últimos 50 años cruzamientos entre *P. vulgaris* y las especies de acervo genético secundario, por ejemplo *P. coccineus* y *P. polyanthus* fueron realizados por diferentes motivos incluyendo desde desarrollo de ornamentales (Lamprecht, 1945) hasta transferencia de genes de resistencia (Baggett, 1956; Park and Dhanvantari, 1987). Hucl y Scoles (1985) hicieron una amplia revisión de la literatura entonces disponible y discutieron los avances logrados. El cruzamiento entre *P.vulgaris* y *P. costaricensis* fue realizado recientemente (Singh et al., 1997).

En el CIAT estamos realizando cruzamientos de frijol común cultivado con *P. costaricensis* (DGD 2119) desde 1996, *P. polyanthus* (G 35877) desde 1995 y *P. coccineus* (G 35171) desde 1994 con el objetivo de transferir resistencia a mosaico dorado y/o Ascochyta entre otros. Además, el acervo secundario tiene potencial de aportar al frijol común los genes de resistencia a temperaturas bajas, añublo de halo y moho blanco. Es aconsejable utilizar clima fresco (16-18°C) para hibridación interespecífica entre miembros de los acervos primarios y secundarios. En el Tabla 2 se resume la resistencia a bacteriosis común ya transferida de las especies de acervos secundarios a frijol común.

Digitized by Google

Tabla 2. Algunas accesiones de los acervos genéticos sencundarios y terciarios con genes útiles para cruzamientos interespecíficos.

Resistencia a:	Fuentes de genes útiles	
Mosaico dorado	*P. coccineus*	(G 35171, G 35172)
	P. costaricensis	(DGD 2119)
	P. polyanthus	(G 35877)
Mancha de Ascochyta	*P. coccineus*	(G 35182)
Empoasca kraemeri	*P. acutifolius*	(G 40036)
Xanthomonas campestris pv. *phaseoli*	*P. acutifolius*	(G 40001, G 40034)

Uso Del Acervo Genético Terciario

Debido a la alta resistencia a bacteriosis común, *Empoasca*, gorgojo y estrés abiótico que poseen los miembros del acervo genético terciario, el cruzamiento interespecífico con *P. vulgaris* debe ser efectuado por los investigadores interesados. Después de haber realizado el primer cruzamiento entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* (Honma, 1956) y transferir alta resistencia a bacteriosis común de esta cruza interespecífica (Coyne et al., 1963) fueron realizados otros cruzamientos similares involucrando diferentes accesiones para transferir resistencia a bacteriosis común (McElroy, 1985; Parker y Michaels, 1986; Thomas y Waines, 1984; Tabla 2). En el CIAT se está utilizando una media docena de *P. acutifolius* (G 40001, G 40022, G 40034, G 40035, G 40036, G 40199, G 40253) desde 1989 y una accesión de *P. parvifolius* (G 40102) desde 1994.

Sin ninguna duda la resistencia más alta a bacteriosis común fue transferida de *P. acutifolius* a *P. vulgaris* (Tabla 3), sin embargo, ha sido muy difícil transferir resistencia a estrés hídrico y otros estreses abióticos de este acervo genético.

METODO DE MEJORAMIENTO

Así como la distancia genética aumenta entre diferentes germoplasmas utilizados, así también aumenta la dificultad de recuperar, además de los genes necesarios, los caracteres agronómicos como tipo de semilla, hábito de crecimiento, madurez, adaptación, rendimiento, etc., por tal motivo no queda otra alternativa que dividir el proceso de introgresión de genes útiles de los acervos genéticos secundarios y terciarios o germoplasma distante a cultivares en dos o tres etapas. A través de las etapas iniciales generalmente se logra conseguir líneas o padres con alta expresión de caracteres específicos pero faltando o deficientes en otras. Además, deben ser necesariamente utilizadas de nuevo como padres para cruzas con cultivares o líneas élites.

Los métodos de retrocruzamiento recurrente y congruente (Figura 1) con o sin 2 a 5 generaciones de autofecundación ("inbred") o sus modificaciones son aptos para cruzamientos amplios e interespecíficos. En la etapa final se realizan cruzamientos entre líneas élites o entre líneas élites y cultivares para asegurar una recuperación fácil de caracteres múltiples de valor agronómico.

Digitized by Google

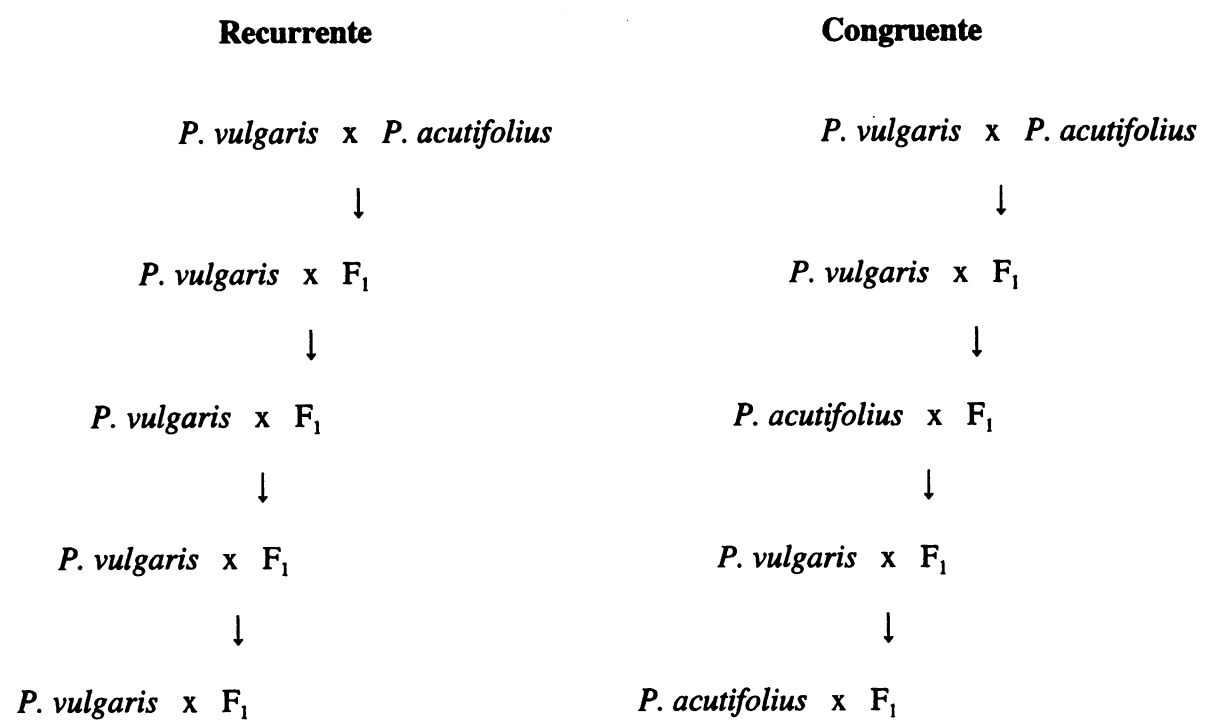
Tabla 3. Resistencia a bacteriosis común transferida de los acervos genéticos secundarios y terciarios a *P. vulgaris* a través de cruzamientos interespecíficos.

Acervo genético	Resistencia†			
	Disponible	Transferida		Literatura
Secundario				
P. coccineus				
-		WBB 20-1	(5)	P. Miklas, 1997, com. pers.
G 35157	(5)	-		
Terciario				
P. acutifolius				
Tepary 4	-	GN #1 Sel. 27	(6)	Coyne et al., 1963
PI 319 443	-	XAN 159	(5)	McElroy, 1985
PI 440 795	-	OAC 88-1	(4)	Parker y MichaeLs, 1987
G 40001	(3)	VAX 1	(3)	Singh et al., no publicado
		VAX 4	(2)	
G 40034	(1)	-		
P. parvifolius				
G 40102	(1)	-		
Check (*P. vulgaris*)				
ICA Pijao	(9)	-		

† Escala de 1 = inmune a 9 = altamente susceptible.

Digitized by Google

Figura 1. Métodos de retrocruzamiento usados para ampliación de la base genética en frijol común.



REFERENCIAS

Adams, M.W. 1977. An estimation of homogeneity in crop plants with specific reference to genetic vulnerability in the dry bean, *Phaseolus vulgaris* L. Euphytica 26:665-679.

Baggett, J.R. 1956. The inheritance of resistance to strains of bean yellow mosaic virus in the interspecific cross *Phaseolus vulgaris* x *P. coccineus*. Plant Dis. Rep. 40:702-702.

Becerra Velásquez, V.L., and P. Gepts. 1994. RFLP diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in its centers of origin. Genome. 37:256-263.

Belivanis, T., and C. Doré. 1986. Interspecific hybridization of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. angustissimus* A. Gray using *in vitro* embryo culture. Plant Cell Rep. 5:329-331.

Brücher, H. 1988. The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris* in South America. p. 185-214. *In* P. Gepts (ed.). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland.

Cardona, C. 1989. Insects and other invertebrate bean pests in Latin America. p. 505-570. *In* H.F. Schwartz and M.A. Pastor-Corrales (eds.). Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Coyne, D.P., M.L. Schuster, and S. Al-Yasiri. 1963. Reaction studies of bean species and varieties to common blight and bacterial wilt. Plant Dis. Rept. 47:534-537.

Debouck, D.G. 1991. Systematics and morphology. p. 55-118. *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

Digitized by Google

Debouck, D.G., and J. Smartt. 1995. Beans: *Phaseolus* spp. (Leguminosae - papilionoideae). p. 297-294. *In* J. Smartt and N.W. Simmonds (eds.). Evolution of crop plants. 2nd Edit. Longman Scientific & Technical, U.K.

Debouck, D.G., O. Toro, O.M. Paredes, W.C. Johnson, and P. Gepts. 1993. Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northwestern South America. Econ. Bot. 47:408-423.

Delgado Salinas, A. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. PhD Thesis, University of Texas, Austin, Texas, USA. 363 pp.

Delgado Salinas, A., A. Bonet, and P. Gepts. 1988. The wild relative of *Phaseolus vulgaris* in Middle America. p. 163-184. *In* P. Gepts (ed.). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland.

Freytag, G.F., and D.G. Debouck. 1996. *Phaseolus costaricensis*, a new wild bean species (Phaseolinae, Leguminosae) from Costa Rica and Panama, Central America. NOVON. 6:157-163.

Gepts, P. 1990. Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (Fabaceae) beans. Econ. Bot. 44 (Suppl.):28-38.

Gepts, P., and F.A. Bliss. 1985. F_1 hybrid weakness in the common bean: differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. J. Hered. 76:447-450.

Gepts, P., 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.

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.

Guzmán, P., R.L. Gilbertson, R. Nodari, W.C. Johnson, S.R. Temple, D. Mandala, A.B.C. Mkandawire, and P. Gepts. 1995. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopis griseola* suggests coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*). Phytopathology 85:600-607.

Harlan, J.R. 1992. Crops and Man - Second edition. American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 284 pp.

Harlan, J.R., and J.M.J. de Wet. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. Taxon. 20:509-517.

Honma, S. 1956. A bean interspecific hybrid. J. Hered. 47:217-220.

Hucl, P., and G.J. Scoles. 1985. Interspecific hybridization in the common bean: a review. HortScience 20:352-357.

Kami, J., V. Becerra Velásquez, D.G. Debouck, and P. Gepts. 1995. Identification of presumed ancestra DNA sequences of phaseolin in *Phaseolus vulgaris*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 92:1101-1104.

Khairallah, M.M., M.W. Adams, and B.B. Sears. 1990. Mitochondrial DNA polymorphisms of Malawian bean lines: further evidence for two major gene pools. Theor. App. Genet. 80:753-761. verschillen>Mid- + South group.

Khairallah, M.M., B.B. Sears, and M.W. Adams. 1992. Mitochondrial restriction fragment length polymorphisms in wild *Phaseolus vulgaris* L.: insights on the domestication of the common

Digitized by Google

bean. Theor. Appl. Genet. 84:915-922.

Lackey, J.A. 1983. A review of generic concepts in American Phaseolinae (Fabaceae, Faboideae). Iselya 2: 21-64.

Lamprecht, H. 1945. A new ornamental plant from a cross between the garden bean and the scarlet runner bean. Agric. Hortique Gen. 3:14-32.

Maréchal, R., and J.P. Baudoin. 1978. Observations sur quelques hybrides dans le genre *Phaseolus*. 4. L'hybride *Phaseolus vulgaris* x *P. filiformis*. Bull. Rech. Agron. Gembloux. 13:233-240.

Maréchal, R., J.M. Mascherpa, and F. Stainier. 1978. Etude taxonomique dn groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. Boissiera 28:1-273.

Maya, M.M., M.M. Otoya, J.E. Mayer, and M.A. Pastor-Corrales. 1995. Marcadores moleculares RAPD confirman la diversidad y evolución de *Phaeoisariopsis griseola* en América Latina. Fitopatol. Col. 19(2):1-6.

McClean, P.E., J.R. Myers, and J.J. Hammond. 1993. Coefficient of parentage and cluster analysis of North American dry bean cultivars. Crop Sci. 33:190-197.

McElroy, J.B. 1985. Breeding dry beans, *Phaseolus vulgaris* L. for common bacterial blight resistance from *Phaseolus acutifolius* A. Gray. Ph.D. dissertation. Cornell University, Ithaca, N.Y.

Park, S.J., and B.N. Dhanvantari. 1987. Transfer of common blight (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) resistance from *Phaseolus coccineus* Lam. to *P. vulgaris* L. through interspecific hybridization. Can. J. Plant Sci. 67:685-695.

Parker, J.P., and T.E. Michaels. 1986. Simple genetic control of hybrid plant development in interspecific crossed between *Phaseolus vulgaris* and *P. acutifolius* A. Gray. Plant Breed. 97:315-323.

Pastor-Corrales, M.A., and C.E. Jara. 1995. La evolución de *Phaeoisariopsis griseola* con el frijol común en América Latina. Fitopatol. Col. 19(1):15-24.

Pastor-Corrales, M.A., M.M. Otoya, A. Molina, and S.P. Singh. 1995. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. Plant Dis. 79:63-67.

Petzold, R., and M.H. Dickson. 1987. Interspecific hybridization of *Phaseolus vulgaris* with *P. angustissimus, P. filiformis* and *P. ritensis*. Annu. Rept. Bean Improvement Coop. 30:94-95.

Schoohonven, A. van, and C. Cardona. 1982. Low levels of resistance to the Mexican bean weevil in dry beans. J. Econ. Entomol. 75:567-569.

Schoonhoven, A. van, C. Cardona, and J. Valor. 1983. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (*Coleoptera: Bruchidae*) in noncultivated common bean accessions. J. Econ. Entomol. 76:1255-1259.

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.

Singh, S.P. 1989. Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 43:39-57.

Singh, S.P. 1992. Common bean improvement in the tropics. Plant Breed. Rev. 10:199-269.

Singh, S.P., D.G. Debouck, and W. Roca. 1997. Successful interspecific hybridization between *Phaseolus vulgaris* L. and *P. costaricensis* Freytag & Debouck. Annu. Rept. Bean Improv. Coop. 40:40-45.

Digitized by Google

Singh, S.P., P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991a. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris,* Fabaceae). Econ. Bot. 45:379-396.

Singh, S.P., J.A. Gutiérrez, A. Molina, C. Urrea, and P. Gepts. 1991b. Genetic diversity in cultivated common bean. II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Sci. 31:23-29.

Singh, S.P., C.A. Urrea, J.A. Gutiérrez, and J. García. 1989. Selection for yield at two fertilizer levels in small-seeded common bean. Can. J. Plant Sci. 69:1011-1017.

Stavely, J.R., and M.A. Pastor-Corrales. 1989. Bean rust. p. 159-194. *In* H. F. Schwartz and M.A. Pastor-Corrales (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. 2nd Ed. CIAT, Cali, Colombia.

Thomas, C.V., and J.G. Waines. 1984. Fertile backcross and allotetraploid plants from crosses between tepary beans and common beans. J. Hered. 75:93-98.

Tohme, J., D.O. González, S. Beebe, and M.C. Duque. 1996. AFLP analysis of gene pools of a wild bean core collection. Crop Sci. 36:1375-1384.

Toro Ch., O., J. Tohme, and D.G. Debouck. 1990. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): description and distribution. Centro Internacional de Agricultural Tropical, Cali, Colombia. 106 pp.

Voysest, O., M.C. Valencia, and M.C. Amézquita. 1994. Genetic diversity among Latin American Andean and Mesoamerican common bean cultivars. Crop Sci. 34:1100-1110.

Digitized by Google

Digitized by Google

SECCION II. MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ESTRESES ABIOTICOS

Digitized by Google

Digitized by Google

66
30 ENE

Mejoramiento del Frijol Común para Adaptación y Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Suelos de Bajo P : Una Revisión

Jérôme Ribet, Fernando Muñoz Arboleda, y Douglas Beck
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

El fósforo (P) es el nutrimento más limitante para el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) en los trópicos y subtrópicos. En zonas marginales deficientes en P donde la producción de frijol deberá ser incrementada para satisfacer la demanda de proteína, los agricultores pobres carecen de recursos para invertir en fertilización, además de que la efectividad del fertilizante P es generalmente muy baja en aquellos suelos ácidos fijadores de P. El frijol contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de cultivo a través de su capacidad de fijación de N_2 en simbiosis con rhizobium (FSN), un proceso que requiere P adicional en la planta para funcionar apropiadamente. Genotipos que adquieran y utilicen más eficientemente el P son una alternativa de gran esperanza para mejorar y estabilizar la producción en zonas marginales. Esta alternativa es real dado que se ha demostrado en varios trabajos la amplia variación genética del germoplasma de frijol en eficiencia de P para crecimiento y rendimiento. Se ha demostrado que en algún grado las eficiencias en adquirir y utilizar P son heredables, aunque la investigación en este aspecto ha sido escasa y limitada a conjuntos de genotipos genéticamente estrechos. El desempeño relativo de los genotipos no sería afectado por el tipo de suelo, indicando que los mecanismos generales de adaptación a bajo P prevalecerían en el frijol. Propuestas realizadas en CIAT para incrementar la productividad del frijol en suelos bajos en P, primero tuvieron en cuenta la amplia variabilidad genética del germoplasma, después se seleccionaron genotipos con fenología similar y con desempeño contrastante en el campo, para mostrar que al menos el triple de rendimiento de semilla puede ser obtenido en bajo P, solamente entre genotipos que no son trepadores. Los genotipos semi-determinados y trepadores son en general mas tolerantes que los determinados, aunque los trepadores silvestres no son tolerantes al bajo P, indicando que la tolerancia al bajo P puede ser un carácter que se desarrolló con la domesticación de la especie. Se identificaron genotipos que rinden más que los testigos tolerantes recomendados y que también responden mejor al P aplicado. También fueron identificados genotipos que crecen con FSN tanto como con N mineral a bajo P en condiciones controladas, demostrando que el frijol puede tener un valioso potencial de FSN en bajo P. Los genotipos que se desempeñan mejor en alto P no necesariamente se comportan bien en condiciones de bajo P. En el campo, dos diferentes mecanismos operan en genotipos con ciclo corto. Algunos genotipos tienen una clara ventaja en la eficiencia de adquisición de P (EAP), aunque la EAP esta pobremente relacionada con la masa radical global. Estudios recientes asistidos por análisis de imágenes revelan varias diferencias en la morfología de raíces relacionada con la tolerancia a bajo P. Otros cultivares tienen mayor eficiencia en la utilización de P (EUP) por la producción de biomasa total o de semilla. De comparaciones entre desempeño en campo donde la EAP de un genotipo es un factor critico, y desempeño en condiciones controladas donde las diferencias en EUP son claramente expresadas, es factible deducir que la adaptación a bajo P de un genotipo es debida o a alta eficiencia en la adquisición de P o a alta eficiencia en la utilización de P, aunque algunos de los genotipos más tolerantes combinarían ambas características en alguna proporción. En condiciones controladas y en bajo P, observamos una fuerte relación entre crecimiento debido a FSN y el crecimiento debido a N mineral aplicado. Entonces, asumimos que la tolerancia de la FSN a bajo P está más relacionada con la utilización eficiente del N para crecimiento a baja concentración de P en los tejidos, más que a mecanismos específicos de la simbiosis. La investigación en curso en CIAT se enfoca en el entendimiento de estos mecanismos con el objetivo de determinar su heredabilidad e identificar los correspondientes marcadores moleculares que capacitarán la incorporación de los genes responsables mediante programas de mejoramiento. De nuestra revisión de literatura y de nuestros resultados proponemos que los mecanismos genéticamente controlados para enfocar en el corto plazo con mayores esperanzas para incrementar la tolerancia del frijol a suelos bajos en P son arquitectura de raíz y translocación de P de los órganos viejos a los nuevos.

Digitized by Google

El frijol común es un alimento básico en Latinoamérica y Africa y frecuentemente es cultivado por agricultores pobres en suelos ácidos e infértiles (oxisoles y ultisoles, principalmente) en los cuales los rendimientos de grano promedios son muy bajos (0,5 t ha^{-1}) cuando se comparan con los de las zonas templadas (1,5 t ha^{-1}) y peores aún cuando se comparan con el potencial del cultivo (4 t ha^{-1} entre los tipos arbustivos y hasta 6 t ha^{-1} entre los tipos volubles) con disponibilidad de nutrimentos óptima. Después de la sequía, la deficiencia de P es el mayor factor abiótico limitante para la agricultura en el 60% de los suelos tropicales, seguido por la salinización que se está incrementando. En las zonas de cultivo del frijol común el mayor limitante edáfico es la deficiencia de P, seguida por la deficiencia de N (Graham, 1981). La alta capacidad de los suelos ácidos para fijar P en formas no disponibles para las plantas está comúnmente relacionada con su capacidad de absorción de P (Fox and Kamprath, 1970) la cual esta asociada con los con su contenido de Fe, Al y arcilla. Generalmente el P en los suelos tropicales puede estar en (i) alta concentración en el suelo pero acomplejado con Al o Fe, (ii) o puede estar en baja concentración y soluble, en este caso hay mucha competencia entre los microorganismos del suelo y las raíces para conseguirlo (Salinas and Sánchez ,1976; Attiwill and Adams, 1993).

El frijol es una de las leguminosas de grano que necesitan mucho P para lograr su potencial de producción. Sin embargo hasta ahora ha sido cultivado en Africa del este y América Latina en los suelos más infértiles por campesinos pobres que no pueden comprar fertilizante. En estas "zonas marginales para la agricultura" se deberá incrementar la producción de proteínas por unidad de área para satisfacer el crecimiento de la población (Henry, 1989).

La deficiencia de P en suelos infértiles puede ser corregida por una fertilización grande al momento de la siembra. Para colmar la alta capacidad de fijación de los suelos fijadores se requieren aplicaciones masivas de P, por ejemplo más de 100 kg ha^{-1} pueden ser requeridos en oxisoles, a pesar de que en frijol solamente se requieren 4 kg P t^{-1} semilla (Thung, 1990). El manejo del fertilizante influye mucho sobre la respuesta del frijol a la fertilización con P. La eficiencia de uso del fertilizante presenta un promedio menor del 10 % en suelos fijadores de P y el efecto residual del fertilizante sería casi nulo (Thung, 1990). Sin embargo estudios recientes en algunos suelos tropicales muestran que en soya, una fertilización grande y bien manejada puede ser eficaz y rentable aún después de dos ciclos de cultivo (Cassman et al., 1993) y que una fertilización foliar con P puede ser una solución muy eficiente para aliviar la deficiencia de P de la planta (Lynch et al., 1991). A pesar de esto es necesario desarrollar estrategias de fertilización con P, por ejemplo a través de un mejor manejo de la aplicación de P en el campo. Por ejemplo, la aplicación de dosis discretas de fertilizante al mantillo de frijol (llamado "tapado" en América Latina) es más eficiente que la aplicación de mayores cantidades al suelo en el sistema espequeado, debido a la mayor disponibilidad de P en el mantillo que un suelo Andisol con alta fijación de P (Rosemeyer, 1995; Meléndez, 1995). La fertilización puede ser una alternativa rentable en zonas latifundistas con producción intensiva de frijol (ej. Brasil, Argentina, Chile). Sea lo que fuere, el incremento de la producción en zonas marginales no se puede hacer mediante fertilización con P por razones económicas.

Frecuentemente los bajos niveles de P en los suelos se encuentran asociados con deficiencias de N, y en este caso la fijación simbiótica de nitrógeno (FSN) por intermedio de la simbiosis frijol-rhizobium puede ser una fuente de N importante para el rendimiento del frijol, a pesar de que el potencial de rendimiento con la FSN como fuente principal de N en condiciones de campo ideales no puede ser mayor que el 70% del potencial con nitrógeno mineral (Hardarson et al., 1993). Se ha reconocido que la FSN favorece el balance de N en los sistemas de producción, ejerciendo un efecto

Digitized by Google

positivo sobre los cultivos asociados con el frijol (ej. maíz). La deficiencia de P será entonces un limitante de la FSN del frijol y por lo tanto del rendimiento del sistema de producción. Entonces hay necesidad de desarrollar estrategias para incrementar la productividad del frijol en condiciones de bajo P.

Para la agricultura de bajos insumos del futuro, es necesario conseguir cultivos de alto rendimiento por área de suelo deficiente en nutrimentos como también en suelos altamente fertilizados (Clarkson and Hawkesford, 1993). Genotipos que usen P y N con mayor eficiencia representarían un ahorro de fertilizante, evitando los problemas de contaminación debidos a su uso intensivo. Un ahorro del 10% del fertilizante aplicado en el mundo representaría un ahorro de 6 billones de US$ (Vose, 1983). Las anteriores razones y la gran variabilidad genética del frijol para rendimiento en bajo P, justifican la búsqueda de genotipos eficientes. Desde hace 20 años se ha establecido por varios estudios la posibilidad de explotar las diferencias genotípicas en la adquisición y en el uso del P para mejorar la eficacia de uso de los fertilizantes o mejorar el rendimiento sin fertilizar. Sin embargo, en el caso de P como nutrimento nunca se ha aplicado a nivel de agricultor el concepto de usar especies o variedades más tolerantes. A pesar de impresionantes ejemplos del pasado, la selección y uso de plantas con alta eficiencia de P fue propuesto por primera vez a final de los años setenta (Salinas and Sánchez, 1976; Whiteaker et al., 1976). Varios factores enfatizan la importancia de esta propuesta: (i) el incremento de la población mundial principalmente en los trópicos ha impulsado al cultivo de tierras marginales, (ii) el incremento del precio de los fertilizantes, (iii) y también el incremento de las regulaciones legislativas en los países desarrollados restringiendo el uso de los fertilizantes, para minimizar los riesgos ambientales.

El primer propósito de la presente revisión es enfocar sobre el estado actual del conocimiento de los mecanismos de adaptación del frijol al bajo P con énfasis en su variabilidad genética. Este propósito es apoyado por el conocimiento de los mecanismos en otras plantas, los cuales podrían ser útiles para el entendimiento de la adaptación o sensibilidad al bajo P del frijol común. El segundo propósito es enfocar sobre las estrategias actuales del CIAT para mejorar la adaptación general y la FSN del frijol en suelos de bajo P.

MECANISMOS DE VARIABILIDAD EN LA TOLERANCIA AL BAJO P

Las especies vegetales difieren en sus requerimientos para alcanzar su máximo rendimiento, por ejemplo, en la concentración del ión fosfato inorgánico (Pi), el Pi siendo la única forma en que las plantas absorven el P (ver Bieleski, 1973). Hay 2 estrategias potenciales para mejorar el crecimiento y rendimiento en bajo P: (i) alta eficiencia en la adquisición de P (EAP) relacionada con la concentración óptima del P en la solución del suelo, también llamada requerimiento externo de P de la planta, y (ii) alta eficiencia de uso de P (EUP), referida al bajo requerimiento interno en el metabolismo de la planta (nivel crítico de P) para crecimiento óptimo con el resultado de más biomasa producida o N acumulado por unidad de P, o relacionada con la concentración de P en los tejidos (Siddiqi and Glass, 1981; Israel and Rufty, 1988). Wortmann et al. (1992) mostraron que los niveles críticos absolutos de los nutrimentos para frijol común difieren en ambientes específicos, tal es el caso del nivel crítico del P en Africa del este, el cual es mayor mientras que el nivel crítico del N es menor que en Colombia. La predicción del rendimiento en un suelo deficiente en P es más exacta cuando se diagnostica con cualquiera de las relaciones entre N total/biomasa, N total/P total o P total/biomasa.

Digitized by Google

La discusión de la variación genética de la eficiencia es complicada por el hecho de que este término se ha expresado por diferentes grupos de diferentes maneras (Gourley et al., 1993). Usaremos cualquiera de los términos, eficiencia de P o tolerancia al bajo P, para caracterizar la capacidad de un genotipo para producir biomasa vegetativa o rendimiento por encima del promedio bajo condiciones de disponibilidad sub-óptima de P. A baja disponibilidad de P, los genotipos con alta eficiencia de P serán llamados "tolerantes" mientras que aquellos con baja eficiencia de P serán llamados "susceptibles". Tomando como base los estudios realizados en otras especies, discutiremos cual y en que proporción los dos mayores componentes teóricos de la eficiencia de P en las plantas, EAP (g P absorbido g biomasa^{-1} *o* área de superficie radical) y EUP (g biomasa *o* g semilla g P^{-1}), son de importancia en el logro del rendimiento del frijol común bajo deficiencia de P. La selección y el mejoramiento para incrementar la EUP deben ser más deseables en términos de mantener los recursos de P del suelo que en el incremento de la adquisición de P por los sistemas de cultivo en los cuales las salidas son altas.

La variación genética en la eficiencia de los cultivos con respecto a los nutrimentos minerales ha sido substancialmente descrita durante al menos 60 años (Thomas, 1930; Lyness, 1936), particularmente en el caso de la variación de EAP (Smith, 1934), pero solamente se han reportado unos pocos y recientes intentos para explotar esta variabilidad. En los últimos años y en varios ensayos de campo en regiones tropicales se han reportado diferencias en la tolerancia a bajo P del frijol común, en latinoamérica (Yan et al., 1995ab; Beebe, 1995; Muñoz and Beck, 1995; Acosta et al., 1995; Rosas et al., 1995) y Africa. El cultivar brasileño Carioca (G4017) está ampliamente adaptado a condiciones de bajo P y es extremadamente bueno en bajo P (Thung, 1990), tales características contribuyen al hecho de que el Carioca sea el cultivar más ampliamente cultivado en Brasil donde se alcanza el 35% de la producción mundial de frijol. Este cultivar es usado normalmente como testigo en la mayoría de estudios sobre tolerancia a bajo P que se llevan a cabo en CIAT. En Rwanda, un frijol trepador de México, G2333, el cual es tolerante al bajo P y responde bien a las aplicaciones de P, ha ganado gran popularidad entre los pequeños agricultores y está doblando el rendimiento de los cultivares arbustivos tradicionales (Lynch and Beebe, 1995). Muchos estudios sobre problemas nutricionales del frijol no han explorado en el pasado la gran variabilidad genética que se tiene disponible ahora con una colección núcleo (Beebe, 1995; Lynch and Beebe, 1995). Esta es un subconjunto representativo de 1,450 accesiones que reflejan la diversidad genética espacial del conjunto de genético, lo cual es muy importante para tener un enfoque racional sobre el conocimiento y el mejoramiento de la adaptación a algunos suelos.

La heredabilidad de la eficiencia de P fue reportada primero en leguminosas de grano por Bernard and Howell (1964) para soya y para frijol común por Whiteaker et al. (1976) y Haag et al. (1978) en medios controlados y de campo, respectivamente. Un intento de mejoramiento para tolerancia a bajo P falló al no encontrar genotipos superiores a los testigos tolerantes (Singh et al., 1989). Esta falla fue atribuida a la insuficiente variabilidad genética empleada en el programa de mejoramiento. Posada et al. (1995) mostraron recientemente que la EAP y la EUP pueden ser utilizadas para mejoramiento de la tolerancia a bajo del frijol común. A la fecha, ningún cultivar ha sido mejorado específicamente para tolerancia a bajo P.

En esfuerzos recientes en CIAT para ampliar la base genética de la tolerancia a bajo P, se ha observado que el ancestro silvestre del frijol común cultivado, sería particularmente sensible a la deficiencia de P, quizás debido a que ellos a menudo se encuentran en los limites de zonas boscosas con alta disponibilidad de materia orgánica (Debouck, com. pers.), aunque los frijoles silvestres de

Digitized by Google

los Andes serían más tolerantes que los de Mesoamérica (Lynch and Beebe, 1995). Esto sugiere a estos autores que los mecanismos de tolerancia pudieron haber sido adquiridos cuando los cultivares iniciales fueron sacados de su ambiente original e introducidos a ambientes bajos en P. Así, los diferentes genes pueden haber sido seleccionados durante la domesticación del frijol en varios ambientes, resultando de aquí la variabilidad genética que podría ser usada en programas de mejoramiento, si ésta es identificada. Es probable que esta situación se encuentre dentro y entre acervos genéticos. En la colección núcleo del CIAT hay alguna relación entre el origen edáfico del centro primario del genotipo y la tolerancia a bajo P (Lynch and Beebe, 1995). Por ejemplo, genotipos de Chiapas, región sureña de México, donde los suelos son severamente deficientes en P, tienen un promedio mayor en un 81% que el testigo tolerante carioca. Los frijoles trepadores de regiones de México, o el Departamento de Amazonas, Perú, con suelos deficientes en P, pueden también comportarse hasta un 80% mejor que el testigo trepador tolerante G2333. Sin embargo, en el caso de frijoles trepadores del tipo IV, su frecuentemente mejor comportamiento en bajo P (Yan et al., 1995b; Vadez, 1996) podría ser explicado por la larga duración de su ciclo de crecimiento el cual presenta una larga fase vegetativa, quizás como consecuencia de una relativamente lenta tasa de crecimiento (g día^{-1} g^{-1}). El crecimiento lento es considerado como una estrategia de las plantas para tolerancia al bajo P en especies silvestres (Atkinson,1973) o domesticadas (Salinas and Sánchez,1976). Esto demostró ser más importante que las diferencias interespecíficas en EAP o EUP para explicar el éxito de las gramineas silvestres y cultivadas en suelos deficientes en P (Chapin and Bieleski,1982). La muy larga duración de la fase vegetativa en frijoles silvestres les permitiría una alta acumulación de nutrimentos. Por lo tanto los frijoles silvestres no poseerían características específicas de tolerancia a bajo P para ser usadas en programas de mejoramiento, ni genes de interés para reforzar la eficiencia de P tal como se han encontrado en ciertas razas de los frijoles cultivados.

Eficiencia de Adquisición de P

La eficiencia de adquisición de P (EAP) esta relacionada con la exigencia externa de P de la planta, es decir la concentración mínima de P en el suelo para su crecimiento óptimo. El frijol común es considerado como una de las leguminosas de grano, y además dentro del genero *Phaseolus* como de las menos productivas en bajo P, pero es una de las más productivas en condiciones de bajo P asociadas con excesos de Al y Mn que frecuentemente se encuentran juntos en suelos tropicales (Thung, 1990). Esto indica que este cultivo no está tan mal adaptado a condiciones difíciles, y que los cultivares tolerantes pueden tener características generales de adaptación a diferentes ambientes.

De hecho, la investigación en CIAT ha demostrado que no hay adaptación especifica a diferentes tipos de suelo entre un diverso grupo de genotipos en su respuesta a la disponibilidad de P en diferentes tipos de suelo y ambientes durante el estado vegetativo. Así, la selección para eficiencia de P en un tipo de suelo dado sería valida en otros tipos de suelo (Yan et al., 1995ab). De acuerdo con esta observación Rao et al. (1996) demostraron que el tipo de suelo afecta menos el crecimiento y la adquisición de nutrimentos en pasturas leguminosas que en gramíneas. Consecuentemente, la variación genotípica en frijol debe ser atribuida a mecanismos adaptativos generales, tales como mejor crecimiento radical y más reservas de P en la semilla o a mejor uso del P dentro de la planta.

Digitized by Google

Arquitectura y Actividad Radical

Los mecanismos radicales de adquisición de P han sido revisados comprensivamente por Clarkson y Grignon (1991), y en futuras oportunidades para reforzar esas características a través de la parte molecular el lector es remitido a Clarkson y Hawkesford (1993). Las diferencias en EAP de las plantas son principalmente determinadas por el producto de la relación raíz/parte aérea y entrada de P, a pesar de que ninguna especie combina una alta relación raíz/parte aérea (cm/mg) y una alta tasa de entrada (absorción por unidad de longitud radical) (Fohse et al., 1988). Con relación a varias especies cultivadas, el frijol común deficiente en P tiene un bajo contenido de P, una baja relación raíz/parte aérea, y una baja tasa de entrada de P, aunque debe tenerse cuidado con estas medidas fisiológicas ya que solamente se usó un cultivar en el último estudio (*ibid*). El frijol común, al igual que la cebolla, tiene un bajo requerimiento interno de P para producción de biomasa pero también una baja productividad, requiriendo más P para alcanzar el crecimiento máximo que la mayoría de los otros cultivos. Los anteriores autores asumen que las diferencias interespecíficas en eficiencia de P no están relacionadas con EUP sino principalmente con EAP (medida como mg P m^{-1} raíz). La concentración de P en la solución del suelo a la cual deja de entrar P está cerca de 0.5 µmol P l^{-1} para el frijol común, mientras para la mayoría de las especies cultivadas es de 0.2 µmol P l^{-1} (Fohse et al., 1988). Por lo tanto con relación a otras especies, el frijol común aparece como una especie relativamente menos adaptada a la deficiencia de P debido a su baja tasa de entrada. Sin embargo bajo deficiencia de P la adquisición de P en las plantas superiores no está limitada por la capacidad o número de membranas radicales transportadoras de P (Ver Barber, 1984; Clarkson and Grignon, 1991). Se ha aceptado ampliamente que la eficiencia del sistema de adquisición es de menor importancia para la extracción de P del suelo debido a que el transporte de P - u otros nutrientes con baja movilidad en los suelos - hasta la superficie radical es en si mismo el paso limitante. La selección de un sistema eficiente de adquisición de P parece ser por lo tanto no muy promisorio.

La relación entre biomasas de raíz/parte aérea está genéticamente controlada y muestra variaciones inter- e intra-específicas en las plantas. Se sabe que esta se incrementa drásticamente en bajo P obviamente para incrementar la EAP debido a que más biomasa es asignada a la expansión de la raíz, especialmente en el frijol común (Pereira and Bliss, 1987; Cakmak et al., 1994a). Sin embargo, hemos observado que entre genotipos de hábito postrado a semi-determinado no existe una correlación significativa entre la última relación de biomasa citada y la biomasa de la planta o rendimiento de semilla a bajo P, en el campo o en condiciones controladas. Por lo tanto, se requieren una caracterización y definición adicionales de las características radicales tales como capacidad de exploración del suelo y de movilización de P.

La actividad radical y la arquitectura son determinantes para la adquisición de P y la productividad de la planta (ver Lynch, 1995) ya que la inmovilidad del P en el suelo hace que la adquisición de P por la planta sea muy dependiente de una eficiente exploración del suelo en espacio y tiempo (Barber, 1984). En este caso hay poca duda de que las características morfológicas tales como longitud, diámetro, número y duración de los pelos absorbentes son las más importantes en la determinación de la EAP. Las ventajas competitivas de las gramíneas sobre las legumimosas en bajo P pueden ser explicadas en gran parte por las diferencias en crecimiento de raíz (ver Sattelmacher et al., 1994). Consecuentemente los factores ambientales que estimulen el crecimiento de la raíz incrementan la adquisición de P.

Digitized by Google

Se ha reportado variación genética en el crecimiento y arquitectura del sistema radical del frijol, con evidencia preliminar de que los genotipos eficientes tienen un sistema radical vigoroso y altamente ramificado con muchos puntos de crecimiento (Lynch and Van Beem, 1993). De hecho, varias líneas de evidencia teórica y empírica indican que la arquitectura de raíz (la forma tridimensional del sistema radical en el tiempo) puede ser la base de la variación genética de la eficiencia de P. Hemos observado entre 23 genotipos de madurez variable, seleccionados previamente para adaptación y cultivados en un andosol bajo severo stress de P (60% de reducción de rendimiento) y con P óptimo (150 kg P ha^{-1} aplicados) con el fin de evaluar tolerancia a bajo P y también rendimiento potencial, que las diferencias en adquisición de P (acumulación total de P en la planta), están en un rango del doble del mínimo en germoplasma bien adaptado, como el reportado en maíz (Clark and Duncan, 1991) o arroz (Fageria et al., 1989). El promedio de las plantas de bajo P mostró un incremento del 40% ($P < 0.01$) en la EAP (g P g $raiz^{-1}$) comparado al de las plantas de alto P, mientras que la concentración de P en la planta mostró un 40% de decremento ($P < 0.001$). A pesar de que hay una relación lineal positiva entre P total acumulado en la planta a bajo P y a alto P entre estos genotipos, la relación entre rendimiento de semilla a bajo y alto P es por el contrario nula o más bien negativa en suelos ácidos , y muchos genotipos que muestran alto rendimiento a alto P tienen bajo rendimiento de semilla a bajo P, con reducciones del 70-90% (nuestros datos no publicados). Esto indica claramente que la selección para tolerancia a bajo P, no puede ser confiablemente realizada seleccionando los genotipos más productivos en la ausencia del estrés. Sin embargo, a pesar de ser de baja significancia se observa una relación lineal positiva entre biomasa de planta a bajo P y a alto P. Esto indica que la productividad en bajo estrés P depende no solamente de la tolerancia al stress sino también de la máxima productividad como está discutido por Baker (1994).

Hasta ahora, la única posibilidad confiable de medir EAP en el campo utilizando la relación de P acumulado sobre la biomasa de raíz es insatisfactoria debido a la pobre correlación entre biomasa de raíz y P acumulado en la planta, así como a la probabilidad de que otros factores tales como área superficial de la raíz, volumen de suelo explorado y densidad de ramificación sean características más responsables de la adquisición de P que la biomasa radical total. Un conjunto de genotipos los cuales son ineficientes o eficientes en la adquisición de P en el campo, fueron comparados utilizando las características mencionadas anteriormente de nutrición de P en equilibrio en invernadero. Los genotipos eficientes en bajo P mostraron alta longitud específica de raíz, alto número de raíces adventicias y alta densidad de pelos absorbentes. En efecto, hemos verificado recientemente en ensayos multilocales que la mayor acumulación de P en la planta es debida a raíces mas largas y mas finas en suelos de bajo P (datos no publicados). Las anteriores características están asociadas con tolerancia al bajo P en otros cultivos (ver Clark and Duncan, 1991).

Los genotipos tolerantes a bajo P probablemente tienen un sistema radical estructural y metabólicamente eficiente con un reducido costo de C en la adquisición de P o sea que adquieren más P por unidad de C usado además de una arquitectura superior (Lynch and Beebe, 1995), por lo tanto serán los que tienen el menor incremento en la relación raíz/parte aérea en bajo P. Los genotipos susceptibles al bajo P invertirían más C en la expansión de raíces para adquirir más P a causa de su ineficiente arquitectura de raíces. La disponibilidad (Cakmak et al., 1994b) y consumo (Lynch et al., 1991) de carbohidratos por las raíces de frijol se incrementan en bajo P, incrementando la carga de tejidos heterotróficos que la fotosíntesis tiene que sostener.

Digitized by Google

El mayor obstáculo para la explotación de las características arquitecturales de la raíz en agronomía y mejoramiento es la dificultad para cuantificar estas características en una forma útil y condensada. Un método relativamente nuevo (Tatsumi et al., 1989; Fitter and Strickland, 1992ab) para la cuantificación de la arquitectura radical es la geometría fractal la cual necesita ser llevada a cabo en tres dimensiones para entender totalmente la exploración del suelo en tiempo y espacio (Bernston, 1994). Un fractal es un objeto que tiene una dimensión no-entera, y los sistemas radicales se aproximan a objetos fractales en un rango finito de escalas. La tercera dimensión del análisis fractal puede ser estimada desde imágenes en 1 y 2 dimensiones de perfiles de la raíz a partir de barrenamientos o trincheras en el suelo, e igualmente desde sistemas radicales cuidadosamente excavados de suelos con estructura ligera y arenosa (nuestros resultados no publicados). El análisis de imágenes de raíz es calculado dentro de 3 clases diametrales para longitud y longitud específica de raíz (cm g^{-1}). El modelo de simulación *SimRoot*, recientemente desarrollado para crecimiento radical de frijol, incluyendo datos empíricos de la distribución espacial de respiración de C y exudación, y deposición de biomasa a lo largo de los ejes radicales, demuestra que las arquitecturas de raíz contrastantes parecen tener diferentes EAP (Nielsen et al., 1994).

Otra característica que puede ser importante para la eficiencia de P es la plasticidad, o sea la capacidad de detectar y responder a cambios localizados o temporales en la disponibilidad de P. Las raíces pueden proliferar en zonas de alta disponibilidad de P (Drew and Saker, 1978), especialmente en frijol común. En algunos genotipos se ha observado que la ramificación radical es estimulada como respuesta al decrecimiento y variaciones en la disponibilidad de P (Lynch and Beebe, 1995). En trébol blanco (*Trifolium repens*), el control genético de la tolerancia a bajo P está asociado con el número de pelos radicales (Caradus, 1992). Como respuesta al bajo P, el frijol y otras semillas leguminosas pueden cambiar la curvatura geotrópica (gravitropismo) de sus raíces basales (Bonser et al., 1996), las cuales son las principales raíces laterales que salen desde la raíz principal en las dicotiledoneas. Debido a esto las raíces pueden incrementar el volumen total de suelo explorado por la sombrilla de las raíces basales, así como la proporción del sistema radical en la capa superior del suelo donde típicamente la disponibilidad de P es mayor que en el subsuelo. Esta especie de sensibilidad selectiva, y la explotación de sitios específicos del suelo ricos en P por las raíces para la cual hemos observado variación genética en un campo de bajo P (nuestros datos no publicados), podrían contribuir significativamente a reforzar la EAP por asignación de los gastos de C a las porciones del ambiente con más alta disponibilidad de P.

Exudados Radicales

Los exudados radicales, tales como fosfatasas, ácidos orgánicos (principalmente ácido cítrico) y protones pueden representar un papel muy importante en algunas especies para liberar P*i* desde agrupaciones de P (especialmente de P orgánico, componentes de Fe-P y Al-P) que predominan en la mayoría de suelos tropicales (Uren and Reisenauer, 1988; Ohwaki and Hirata, 1992). La leguminosa de grano *Cajanus cajan* (pigeon pea) (guandul) es más eficiente en la utilización de componentes de Fe-P que otras especies cultivadas. Esta capacidad es atribuida a la liberación radical de ácidos orgánicos los cuales liberan P desde la asociación Fe-P por quelatación del Fe3+ (Ae et al., 1990). En la India, el cultivo del *Cajanus cajan* incrementa dramáticamente la disponibilidad de P total en los sistemas de cultivo con baja disponibilidad de P. Muchas especies de plantas son capaces de incrementar la actividad de la fosfatasa ácida en bajo P (Caradus and

Digitized by Google

Snaydon, 1987). El frijol exuda fosfatasas ácidas en la rizosfera (Helal, 1990), pero hasta la fecha no hay evidencia de genotipos superiores capaces de extraer P desde agrupaciones de P no disponibles (Yan, 1992). A bajo P, la actividad de la fosfatasa ácida en las hojas y raíces de frijol varía más drásticamente con el grado de deficiencia de P en un genotipo que entre genotipos (Fernández and Ascencio, 1994), y por lo tanto no parece ser un factor involucrado en la tolerancia a bajo P de esta especie.

Micorrizas

Para más del 80% de las especies de plantas, los hongos micorrizales son una parte integral de la planta (Smith and Gianninazzi-Pearson, 1988). A pesar de que la interpretación de los efectos de las micorrizas sobre el crecimiento y el metabolismo es a menudo difícil, ellas son de gran importancia para incrementar la adquisición de P (Koide, 1991) principalmente debido a que ellas pueden ofrecer a la planta hospedera dos ventajas: (i) incremento en el área radical de intercambio y (ii) incremento en la movilización de P del suelo a través de la secreción de fosfatasas ácidas del hongo. Las raíces del frijol son uniforme y altamente infectadas por micorrizas, con entre 60-80% de la longitud radical conteniendo los simbiontes fungosos, sin tener en cuenta el tratamiento de P o el genotipo (Yan, 1992). En sustratos artificiales las micorrizas pueden doblar el crecimiento de biomasa aérea en bajo P, y con el incremento de la deficiencia de P la colonización se incrementa (Lynch et al., 1991) de igual forma la dependencia nutricional que frijol demuestra para el hongo (Pacovski et al., 1991). Sin embargo, la importancia de las micorrizas en suelos de bajo P todavía no ha sido claramente medida debido a las obvias complicaciones que surgen cuando se estudian simbiosis en condiciones de campo, tales como competencia entre cepas (Pearson et al., 1993) y adaptación de cepas exóticas a ambientes específicos. Las clasificaciones genotípicas de P en ambientes de campo y con sustratos artificiales en invernadero son similares (Yan, 1992), indicando que la presencia o ausencia del inóculo del hongo podría no contar para la variación genotípica del la eficiencia de P existente en el frijol común. Sin embargo, se requiere investigación adicional sobre la importancia de las micorrizas para el crecimiento de la planta y la FSN cuando el P es el limitante para el frijol. Este campo ha sido más explorado en otras leguminosas de grano tales como caupí o soya (Brown and Bethlenfalvay, 1988).

Eficiencia en el Uso de P

Varios investigadores han demostrado que la productividad relativa al P acumulado es un factor de importancia para la explicación de la tolerancias al bajo P del frijol común (Whiteaker et al., 1976; Informe Anual Programa Frijol CIAT, 1994 y 1995; Yan et al., 1995ab). Se ha reportado substancial variación genética en la EUP con respecto a bajo P en varios productos tales como arroz (Fageria et al., 1989), tomate, trigo, triticale (Jenssen and Johnson, 1981) y sorgo (Furlani et al., 1987). Sin embargo en otros cultivos tales como la lechuga (Buso and Bliss, 1988) la EUP no está implicada en la variación genética de la tolerancia a bajo P. En frijol común se ha demostrado que ambas, EUP (Whiteaker et al., 1976) y EAP (Lindgren et al., 1977) están implicadas en la variación genética de la tolerancia al bajo P.

Entre muchas definiciones de eficiencia en la utilización de P (EUP), dos son las más comúnmente usadas (ver Gourley et al., 1993): el Cociente de Utilización (CU) el cual es igual a

Digitized by Google

biomasa por P total acumulado en esa biomasa; y la relación EUP, la cual es igual a la relación de biomasa y concentración de P en la biomasa (Siddiqi and Glass, 1981). El CU ha sido usado por algunos autores para selección y cruces para tolerancia a bajo P en frijol (Whiteaker et al., 1976). Sin embargo, éste está más relacionado con la dilución del P en la biomasa, lo cual es dramáticamente amplificado con la deficiencia severa de P. Por el contrario, la relación EUP expresa la concentración mínima del nutrimento para lograr el crecimiento óptimo. La máxima relación EUP lógicamente es alcanzada al nivel óptimo de P cuando un incremento en la concentración de P en la biomasa ya no es acompañado por un incremento similar de la biomasa (Gourley et al., 1993).

La excesiva acumulación de P en las raíces de soya a bajo P sugiero a Israel y Rufty (1988) que la EUP no está firmemente relacionada con la regulación de la adquisición de P por el sistema radical. Sin embargo, Ingestad y Ägren (1992) demostraron que la tasa relativa de absorción de iones y la tasa de crecimiento relativa (TCR = g d^{-1} g^{-1}) son iguales en las plantas. Ya que la TCR está también relacionada linealmente con la concentración interna del nutrimento, la componente variable de esta regresión lineal representa la productividad del nutrimento. Así, la productividad del nutrimento como factor de dilución podría no ser vista como un a contribución primaria a la TCR, sino como una consecuencia de las adaptaciones de la adquisición y la utilidad fotosintética de los nutrimentos (Gutschick, 1993). Esto sugiere que para medir la implicación de la EUP en la eficiencia de P global de la planta, es deseable asegurar una EAP a través de una disponibilidad de P estable tal como se encuentra en los suelos (Fox and Kamprath, 1970).

Una diferencia de biomasa vegetativa (parte aérea y total) de hasta el doble entre 54 líneas de frijol común con tipo de semilla similar y cultivadas en solución de nutrimentos, fue explicada por un CU 74% mayor en las líneas de frijol eficientes que en las ineficientes, ya que la misma cantidad de P estuvo disponible a cada planta, teniendo en cuenta el P de la semilla (Whiteaker et al., 1976). En el CATIE (Costa Rica), en invernadero y con potes de suelo donde se aplicó fertilización con N y P en una pequeña aérea en el centro de cada pote (por lo tanto considerando más la expresión de la eficiencia de uso que la de adquisición de nutrimentos), se demostró la diversidad genética para EUP y también la eficiencia de uso de N para rendimiento de semilla bajo stress así como la respuesta a la fertilización de 124 cultivares (presumiblemente representando la diversidad genética) (Haag et al., 1978). El componente del rendimiento que explicó el rendimiento de semilla a bajo N y P fue número de vainas por planta mientras que a alto N y P fue el último componente, y el peso de semilla fue el que mejor explicó el rendimiento. No hubo correlación entre rendimiento a alta y a baja fertilidad del suelo, mientras la respuesta genotípica al P demostró ser satisfactoriamente predecible a partir de los promedios correspondientes en alto P. No hubo respuesta específica de líneas mejoradas o no mejoradas. Los autores infirieron que los genotipos tienen propiedades genéticas únicas que regulan sus respuestas.

Reservas de la Semilla

El almacenamiento de P en la semilla de frijol común varía proporcionalmente con el tamaño de semilla con un factor de 4 entre los genotipos andinos de semilla grande y los mesoamericanos de semilla pequeña (Sadeghian, 1991). Sin embargo, de acuerdo con Whiteaker et al. (1976) en condiciones controladas notamos diferencias en la tolerancia a bajo P entre genotipos del mismo tamaño, y también que la concentración de P en la semilla puede variar en un genotipo dependiendo del nivel de fertilización en P (nuestros datos no publicados). Genotipos de maíz de maduración

Digitized by Google

precoz acumulan más P que genotipos tardíos (ver Gabelman and Gerlof, 1983). Esto puede ser explicado por factores tales como potencial de reservas en la semilla, y no por características de absorción de P que afecten el vigor durante el crecimiento inicial. El contenido de P y C en la semilla del frijol común está estrechamente correlacionado con la biomasa de parte aérea y raíz en floración (Sadeghian, 1991), y los genotipos andinos de semilla grande se desempeñan mejor para crecimiento vegetativo (Yan et al., 1995a). Sin embargo el tamaño de semilla no está relacionado con las diferencias genéticas en rendimiento de semilla o biomasa a bajo P (Yan et al., 1995a), aunque con disponibilidad óptima de nutrimentos el rendimiento de semilla está inversamente correlacionado con tamaño de semilla (White and González, 1990). Los genotipos mesoamericanos pueden por lo tanto compensar su tamaño pequeño de semilla con unas más altas tasa relativa de crecimiento, asignación de recursos a las vainas, y EUP que los genotipos andinos de semilla grande. A pesar de contener más reservas de P y C las semillas grandes también tienen células grandes, lo cual es considerado fisiológicamente ineficiente (White and González, 1990). En las plantas superiores durante el crecimiento inicial el tamaño de raíz está inversamente a la tasa de crecimiento y por lo tanto ambos parámetros gobiernan la respuesta a la deficiencia de P (Atkinson, 1973). Comparando especies de semilla grande las de semilla más pequeña tienden a tener una alta tasa de crecimiento inicial y un mayor incremento inicial en la relación raíz/parte aérea, y al final son más tolerantes a bajo P en *Lupinus* (Thompson et al., 1991). Por lo tanto estos datos indican que desde el punto de vista evolucionario los genotipos mesoamericanos podrían haber desarrollado mecanismos más eficientes que los de los genotipos andinos con grandes semillas para sobrevivir con deficiencia de P. Para 21 cultivares arbustivos en suelos de bajo P (datos no publicados) el rendimiento está fuerte y positivamente correlacionado con la EUP de la semilla para biomasa (g^2 biomasa semilla g P^{-1}) y en menor grado con la EUP de la planta para biomasa, pero no está correlacionado con la EAP de la planta. Esto sugiere que la EUP cumple un papel determinante en las estructuras reproductivas para lograr rendimiento en bajo P.

Translocación de P

La translocación desde la raíz hacia la parte aérea es reforzada por el estrés de P, y propusieron que la concentración de P en los tejidos a la cual se inicia el transporte de larga distancia podría variar entre genotipos. Estos autores también demostraron que la deficiencia de P reduce la concentración más rápido y en un mayor grado en la parte aérea que en la raíz. Esto sugiere que la concentración de P en la parte aérea controla la respuesta a la deficiencia de P y por lo tanto la EUP de la parte aérea podría estar consecuentemente dirigiendo las adaptaciones a bajo P.

Los genotipos de sorgo tolerantes a bajo P tienen una alta EUP para biomasa asociada con una gran capacidad para retranslocar P desde tejidos inactivos a activos, ya que tienen una alta relación P hojas fuentes/P hojas viejas (Furlani et al., 1987). En frijol común todo el frijol almacenado en los cotiledones es exportado antes de la abscisión (Whiteaker et al., 1976). Se demostró que el mejoramiento del particionamiento en estados avanzados del crecimiento, en conjunto con particionamiento de asimilados y otros nutrimentos es importante para determinar el rendimiento de biomasa o de semilla en frijol común (Lynch and Beebe1995; Vadez, 1996). Amaral (1975, citado por Thung, 1990) demostró primero en 1975 que el reciclaje de P y su recambio para producir grano explicaron las diferencias en rendimiento de 104 líneas de frijol en campos brasileros de bajo P.

Digitized by Google

En CIAT Colombia,Youngdahl (1990) estudió la respuesta del rendimiento de grano a bajo P en 26 líneas de frijol de tamaño y tipo de semilla similar (tipo Carioca crema). No hubo diferencia en la acumulación ni distribución de P hasta llenado de vainas entre líneas eficientes e ineficientes aunque hubo diferencias de hasta 3 veces el rendimiento de grano entre las últimas. Sin embargo, la eficiencia en rendimiento de grano a bajo P podría ser expresada por un efecto de concentración de P en las vainas. En los genotipos no eficientes, la concentración de P en las vainas fue inferior que la de las líneas eficientes, en las cuales el mantenimiento de una alta concentración de P en las vainas fue permitido por la reducción de la concentración de P en las hojas y los tallos. En los genotipos no eficientes, la deficiencia de P incrementa el aborto de vainas y disminuye el número de semillas por vaina (Haag et al., 1978; Youngdahl, 1990).

Otros experimentos en CIAT en campos de bajo P sugirieron que el mejor rendimiento en parcelas no fertilizadas está relacionado con mejor EUP en el estado reproductivo de la planta (Thung, 1990). Esa propuesta ha sido verificada en ensayos multilocales recientes en CIAT con 10 genotipos arbustivos de madurez similar: el rendimiento en semilla en frijol común en suelos de muy bajo P es altamente correlacionado con la EUP para la biomasa aérea o para la semilla, y no con la EAP (nuestros datos no publicados). Los genotipos eficientes mostraron biomasa vegetativa similar a las de las plantas ineficientes, la concentración de P en la biomasa vegetativa fue ligeramente superior en las plantas eficientes que en las ineficientes pero no se notaron diferencias entre líneas en la concentración de P en las estructuras reproductivas en contraste con Youngdahl (1990). Thung (1990) propuso que la translocación de P desde las partes viejas a las jóvenes de las plantas probablemente explicaría las diferenciasen tolerancia a bajo P. Sin embargo los niveles del rendimiento de semilla en este estudio indican que la disponibilidad de P en el suelo estuvo por encima del nivel de stress común en este sitio usado también en estudios de mejoramiento en CIAT que fallaron para mejorar la tolerancia al bajo P (Singh et al., 1989). Por lo tanto es probable que estos autores hayan comparado datos colectados en un stress de P muy suave con datos con disponibilidad de P suntuaria lo cual no les permitió detectar genotipos realmente tolerantes.

La respuesta de los genotipos a la disponibilidad de P en suelos contrastantes es similar (Yan et al., 1995b), aunque se observa una adaptación de líneas al sitio de evaluación, lo cual sugiere una interacción genotipo-ambiente fuerte, probablemente por la adaptación a la altura (Saborio and Beebe, 1995). De nuevo, la correlación entre rendimiento en bajo P y alto P no es significativa, sugiriendo a Yan et al. (1995b) que la eficiencia de P no es el resultado del vigor general de la planta y el rendimiento potencial. Esto enfatiza la necesidad de la búsqueda y selección específica en bajo P para obtener germoplasma con buena adaptación a bajo P en las regiones productoras de frijol.

Los componentes individuales del rendimiento responden diferentemente a la disponibilidad de P entre grupos genéticos mayores: En los mesoamericanos el número de vainas y de semillas por planta responde al P mientras que los andinos responden principalmente a través de peso de semilla (Yan et al., 1995b). Esto sugiere que diferentes mecanismos fisiológicos pueden ser la base de la eficiencia y la tolerancia en bajo P en los 2 grupos. Sin embargo, parámetros reproductivos tales como índice de cosecha, componentes del rendimiento, y asignación de P entre partes de la planta en la madurez fisiológica no estuvieron relacionadas con la eficiencia de P. Esto no excluye que la removilización durante el crecimiento podría jugar un papel importante en la tolerancia a bajo P.

Digitized by Google

Utilización Metabólica del P

A nuestro juicio, no se ha demostrado si la variación genética en la tolerancia a bajo P está relacionada con las diferencias en asimilación de P y/o compartimentación a nivel celular. Ya que una extremadamente rápida renovación de las fracciones más importantes de P es una característica típica del metabolismo del P, el papel de la asimilación del P en la variación genética de la EUP puede ser cuestionada. Sin embrago esto ha sugerido que la dificultad de un cultivar para liberar P desde una vacuola hacia el citoplasma podría estar relacionada con la variación genotípica en la EUP (ver Sattelmacher et al., 1994). Estos autores concluyeron que es muy baja la probabilidad de incrementar la EUP a través de una mejor utilización a nivel celular. Así también, el papel de un requerimiento bajo de P para el mantenimiento del proceso metabólico central con una relativamente baja concentración de P en los tejidos fue cuestionada por varios autores, en particular para el caso de la fotosíntesis a bajo P.

Whiteaker et al. (1976) encontraron que la fotosíntesis neta en las hojas primarias por unidad de P es 35% mayor en una línea eficiente que en una ineficiente, y propusieron que las diferencias en la EUP podrían ser explicadas por la eficiencia del P de la fotosíntesis. Lynch et al. (1991) demostraron más convincentemente usando genotipos más contrastantes que la última hipótesis no es muy probable. De hecho, el estrés de P afecta principalmente el crecimiento a través de una lenta aparición de las hojas y de la modificación del particionamiento de la biomasa entre los órganos fotosintéticos y de respiración (raíces), más que a través del decrecimiento de la capacidad fotosintética. La ganancia de biomasa por unidad de área de superficie foliar es disminuida por el bajo P debido al incremento de la carga de tejido heterotrófico (raíces) para sostener. De hecho, hay un relacionamiento lineal negativo significativo, aunque débil, entre la relación de biomasas de raíz/parte aérea y el crecimiento total a baja disponibilidad de P, entre 60 genotipos cultivados en condiciones controladas (nuestros datos no publicados). Consecuentemente la tolerancia a bajo P puede ser parcialmente explicada por un mejor balance entre los órganos productores y consumidores, p. ej. más tejido fotosintético por tejido radical o por hojas desarrolladas. De esta manera, las hojas pequeñas en trébol blanco están asociadas con la tolerancia a bajo P . En el germoplasma tolerante a bajo P y de semilla pequeña, identificamos el genotipo superior G19227A el cual es caracterizado por una sorprendentemente pequeña área foliar.

Lynch et al. (1991) propusieron que la abscisión temprana de las hojas podría reducir el costo heterotrófico, lo cual actualmente estamos verificando. Asumimos que la abscisión temprana es eficiente solamente si esta ocurre después de una exportación substancial del nutrimento limitante. De hecho, Zhang et al. (1995) demostraron que la retranslocación de iones de Fe desde hojas senescentes es substancialmente intensificada durante la senescencia foliar, a pesar de que la removilización y posterior translocación del Fe desde las hojas verdes maduras permanecen limitadas aún bajo deficiencia severa de Fe.

Fijación Simbiótica de Nitrógeno (FSN) y Tolerancia al Bajo P

El fósforo es considerado como el factor que más limita la fijación simbiótica de nitrógeno (FSN) en frijol en las pequeñas fincas tropicales (Graham, 1981). Desde Truesdell (1917), muchos autores reportaron que las leguminosas responden positivamente a la fertilización con P y que la FSN está estrechamente ligada a la disponibilidad de P para la simbiosis de las leguminosas. En esta

Digitized by Google

revisión consideraremos solamente estudios en los que se asegure que la disponibilidad de N mineral no inhibió la FSN, ya que la FSN puede ser suprimida aún a bajas tasas de nitrato (ver Streeter, 1988), particularmente en frijol común (Da Silva et al., 1993). Para revisiones comprensivas de la FSN el lector puede consultar una revisión extensiva de la genética de esta interacción planta-microbio hecha por Mylona et al. (1995), las revisiones en fisiología del nódulo hechas por Hunt y Layzell (1993) y Buttery et al. (1992), y Bliss (1993a, b) para prospectos de incrementar el potencial de fijación en el frijol común.

Potencial de fijación de Nitrógeno en Frijol Común

En el frijol común, como en la mayoría de las leguminosas de grano, el crecimiento vegetativo *per se* con la FSN como única fuente de N es en promedio de 45% y máximo de 80% del potencial con N mineral, probablemente debido a que el N fijado, al igual que el ión amonio, genera un estado de déficit osmolítico desfavorable para la expansión foliar y que no puede ser recobrada por ningún otro anión orgánico o inorgánico que el nitrato (Israel and Jackson, 1982; Raab and Terry, 1995). Sin embargo, ahora se ha reconocido que a pesar del reducido crecimiento la FSN permite rendimientos de semilla y N en la semilla similar al N mineral en las leguminosas de grano (ver Vance and Heichel, 1991) especialmente en frijol común para el cual el N mineral no incrementa el rendimiento de semilla o la concentración de N en la semilla comparado con la FSN (Hungria and Neves, 1987). De hecho más de la mitad de la FSN ocurre después de la floración, cuando todo el N fijado en arbustivos o trepadores es directamente asignado a las partes reproductivas, satisfaciendo casi todas las necesidades de la vaina en desarrollo (Dubois and Burris, 1986; Hungria and Neves, 1987). El mejoramiento de la FSN permitiría una mejor sostenibilidad del rendimiento debido al balance positivo del N del suelo en los sistemas de cultivo, ya que el contenido de N en las partes vegetativas no es removilizado a las vainas (Kumarasinghe et al., 1992). Cuando se cultivan leguminosas de grano en suelos bajos en N, la selección por el contenido total de N en la semilla es una alternativa de selección útil para incrementar la fijación de N basada en el método del ^{15}N o de la diferencia de N total (Ronis et al., 1985; Miranda and Bliss 1991).

Hasta el inicio de los años noventas se admitía que el potencial de fijación en frijol era pobre (Graham and Rosas, 1979; Piha and Munns, 1987; Park and Buttery 1989; Isoi and Yoshida, 1991) comparado con soya o caupí por ejemplo, especialmente bajo condiciones adversas tales como bajo P (Graham, 1981) pero estas conclusiones estuvieron basadas en observaciones de un muy pequeño número de simbiosis frijol-rhizobium. Por el contrario, en el día de hoy se ha reconocido que hay una amplia variabilidad de la FSN en el frijol común y que hay líneas con buen desempeño disponibles a los programas de mejoramiento para reforzar la FSN (Dubois and Burris, 1986; Bliss, 1993a, b; Hardarson et al., 1993; Peña-Cabriales et al., 1993), especialmente para mejor FSN en suelos con bajo P. Pereira and Bliss (1989) demostraron que el mejoramiento por cruces recurrentes parece ser fructífero para mejorar la FSN en bajo P, aunque ellos usaron cruces entre padres que mostraban poco contraste para esta característica.

Alto Requerimiento de P Debido a la FSN

Estudios recientes en CIAT sobre la respuesta de genotipos de frijol cultivados hidropónicamente al suministro de P, mostraron que el suministro óptimo de P para crecimiento de

Digitized by Google

parte aérea es de 1.3 - 2.6 veces inferior con FSN que con nitrato (Vadez, 1996), contrastando con el más alto requerimiento de P para crecimiento con FSN que con N mineral reportado para otras leguminosas en madurez fisiológica, como en soya (Israel, 1987), arveja (Jakobsen, 1985), y caupí. Sin embargo, es probable que la anterior tendencia ocurra de igual forma en los últimos estados reproductivos del frijol, debido al alto requerimiento de P durante la floración del frijol y posteriormente durante el llenado de vainas (Thung, 1990). En las leguminosas dependiendo de la FSN y con alta disponibilidad de P, el N se acumula en exceso al requerimiento de N para crecimiento, indicando que el P estimula la FSN más alla del requerimiento básico de N (Andrew and Robins, 1969; Pongsakul and Jensen, 1991). La estimulación de la FSN encima de la requerida para el crecimiento es corroborada adicionalmente en muchos reportes para leguminosas de grano, ya que al aliviar la deficiencia severa de P, el incremento relativo en biomasa nódular está hasta 4 veces más que lo en biomasa aérea en condiciones controladas o en el campo (Ribet and Drevon, 1995a, b; Aggarwal et al., 1995) mientras que el crecimiento en biomasa radical es mantenido o incrementado.

Para frijol común cultivado en condiciones controladas de bajo P en CIAT, el rango de variabilidad para crecimiento de parte aérea y acumulación de N es más amplio con la FSN que con el nitrato (Vadez, 1996). En floración, la respuesta del crecimiento al incremento del suministro de P mostró que el requerimiento externo crítico de P para la acumulación de N fijado es generalmente mayor que el de la biomasa aérea en el último estudio. Esto confirma que en *P. vulgaris* el requerimiento de P es mayor para la FSN que para el metabolismo, como en arveja (Jakobsen, 1985) o soya (Israel y Rufty, 1988).

El Rhizobium y la Deficiencia de P

El Rhizobium generalmente es más tolerante a la deficiencia de P que la leguminosa hospedera. La mayoría de las cepas de Rhizobium son capaces de multiplicarse, crecer y sobrevivir en la rizósfera donde la concentración de P es inferior o similar (10^{-8} M) a la de la mayoría de los suelos tropicales (Graham, 1992). Su alta capacidad de almacenamiento de P le permite sobrevivir por más de 4 generaciones (Cassman et al., 1981a, b; Beck and Munns, 1984). Sin embargo la deficiencia de P podría afectar la infectividad de muchas cepas con alta capacidad de FSN seleccionadas en condiciones artificiales - donde frecuentemente la disponibilidad de P en el medio es alta - así provocando limitadas capacidades de crecimiento y multiplicación en bajo P (Beck and Munns, 1984). Esto justificaría la selección de Rhizobium tolerante a bajo P como es propuesto por Graham (1992). En efecto, la deficiencia de P causa una interrupción de las señales de los nodulinos de infección en el Rhizobium (McKay and Djordjevic, 1993), y la deficiencia de P rizosférico disminuye la probabilidad de infección (Almendras and Bottomley, 1987).

Los esfuerzos en CIAT y otras instituciones en las últimas dos décadas para seleccionar cepas superiores han tenido limitado éxito debido a muchos otros factores limitantes de la FSN. La selección de un número mayor de nódulos en leguminosas de grano fue cuestionada como un criterio para la selección de Rhizobium con buen desempeño bajo deficiencia severa de P (Singleton et al., 1985) ya que la alta masa de nódulos no está necesariamente correlacionada con alta FSN (Duque et al., 1985). Esta selección ha sido de limitado interes en soya supernodulante (ver Buttery et al., 1992) y especialmente en frijol comun (Pereira et al., 1993) ya que un incremento en número de nódulos por selección recurrente esta acompañado por menor actividad y peso individual del nódulo.

Digitized by Google

Además, medir la importancia relativa del número de nódulos para la FSN es una tarea difícil bajo condiciones de campo. Un trabajo posterior en CIAT con INRA demostró que la efectividad y masa nodular por planta son características para ser consideradas simultáneamente al seleccionar para tolerancia al bajo P de la FSN en frijol (Vadez, 1996). A pesar de que en bajo P el número de nódulos por planta es variable entre genotipos y depende de la cepa usada, la eficiencia de P de la planta regulará la masa final de nódulos y su efectividad para cumplir tanto como sea posible con el requerimiento de N de la parte aérea.

Recientemente hemos encontrado una interacción cepa x cultivar altamente significativa para FSN potencial en bajo P, y también en alto P, usando 40 genotipos de varios orígenes y hábitos de crecimiento, y 2 de las cepas más eficientes y competitivas en campo seleccionadas por CIAT (CIAT 899 y CIAT 7202) en un ensayo monocepa en condiciones controladas (nuestros datos no publicados). La cepa más efectiva a ambos niveles de P con casi todos los genotipos (90%) probados fué la CIAT 899, ya conocida por su amplio rango de hospederos (Kipe-Nolt et al.,1992). Esos datos indican que el desempeño de la bacteria en bajo P puede ser inferido de su desempeño en alto P, por tanto la bacteria probablemente es de poca importancia en la tolerancia a bajo P de la simbiosis. Consecuentemente el énfasis dado al reforzar la tolerancia de la FSN al bajo P debe ser enfocado en la seleccion de genotipos hospederos con cepas de amplio rango tal como la cepa CIAT 899.

Interacciones entre FSN y Adquisición de P

La adquisición de P no es disminuída por la nodulación en las leguminosas de grano, aunque la nodulación se desarrolla a expensas de la proliferación de raíces (Cassman et al., 1980; Cassman et al., 1993). Las isolíneas no nodulantes o supernodulantes absorben menos y más P respectivamente al compararse con los controles nodulantes en leguminosas de grano cultivadas en suelos deficientes en N y por lo tanto dependientes principalmente de la FSN (Gunawardena et al. 1992; Sahrawat et al. 1988). En soya la adquisición de P por unidad de superficie radical en una isolínea no nodulante es mucho menor que en la isolinea nodulante, para la cual la FSN está linealmente relacionada con la adquisición de P (Cassman et al., 1993). Esto puede ser simplemente explicado por el incremento en la acidificación de la rizósfera con la abundante liberación de CO_2 y H^+ ligada al proceso de fijación de N_2 en los nódulos activos, y probablemente también al alto nivel de fosfatasas en el nódulo (Kinnback and Werner, 1991) favoreciendo por lo tanto la movilización de P en suelos fijadores de P (Moorby et al., 1988). Se observa en ensayos en andosuelos deficientes en P que en la mayoría de genotipos tolerantes a bajo P una profusa nodulación ocurre en los micrositios del suelo donde ocurre también un profuso enraizamiento probablemente relacionado con la alta disponibilidad de P en esos micrositios. Por lo tanto asumimos que la alta eficiencia de adquisición de P (EAP) promueve la FSN la cual a su vez no disminuye la EAP. Rosas y Bliss (1986) observaron que un alto potencial de FSN está asociado con grandes sistemas radicales en 10 líneas de frijol común, tanto en el campo como en invernadero.

Interacciones entre FSN y Utilización de P por la Planta

Es probable que la variabilidad genética para el crecimiento y la acumulación de N en bajo P esté reforzado por el status simbiótico de la planta (Vadez, 1996). La evaluación de la eficiencia genotípica de las plantas fijadoras de N_2 y las alimentadas con nitrato en bajo P fué estudiada

Digitized by Google

calculando el CU (g de biomasa g^{-1} P) y EUP (g^2 de biomasa g^{-1} P) para biomasa y para acumulación de N (PUEN = g^2 N g^{-1} P), a nivel de toda la planta y de los órganos (parte aérea y nódulos). Este estudio fué realizado con 6 genotipos de diferente hábito de crecimiento cultivados en una solución aireada de nutrimentos con Pi suministrado una vez a la semana. Este sistema tiene la ventaja de aportar la idéntica nutrición con P para cada planta y así suprimir el efecto de la adquisición de P sobre el desempeño en bajo P. Por lo tanto, toda diferencia genetica en este sistema se debe a la EUP. Este sistema de cultivo puede ser criticado debido a que tal estado de abundancia externa de P es improbable en los suelos los cuales retenien fuertemente el P (Fox and Kamprath, 1970). Sin embargo, las similaridades de la distribución de P en plantas alimentadas con nitrato en este sistema y aquellas cultivadas en cilindros de suelo intacto ("soil cores") y rico en N orgánico sugirieron a Vadez (1996) que el particionamiento de P en la planta no es afectado por el efecto de abundancia. Bajo deficiencia severa de P, el CU es más indicativo del efecto de la dilución de P en la planta debido al respectivo estado de crecimiento que la rEUP, lo cual integra la dilución diferencial de P en la biomasa y por lo tanto permite comparaciones genéticas, revelando diferencias genotípicas significativas ligadas a la acumulación de N fijado. Utilizando nitrate como fuente de N no fueron encontradas diferencias significativas en la rEUP para biomasa o para nitrógeno acumulado (rEUPN) (*ibid*). Por el contrario, en plantas dependientes de la FSN, la rEUP de la parte aérea y de los nódulos para producción de biomasa mostraron una amplia variabilidad genotípica, y en bajo P los genotipos con la más alta FSN también mostraron tener los más altos valores de rEUP en la parte aérea y nódulos simultaneamente. Esto enfatiza la estrecha relación del particionamiento de P entre parte aérea y nódulos (Cassman et al., 1981a, b), y el componente predominante de la planta en la simbiosis que confiere la tolerancia de la FSN a bajo P. Este estudio sugiere que la tolerancia a bajo P de la FSN podría ser seleccionada simplemente midiendo biomasa aérea en hidroponía o la rEUP de la biomasa aérea en el campo. Los valores de la EUPN son más altos con nitrato que con FSN, otra corroboración de que requerimiento interno de P es más bajo por unidad de N asimilado que por unidad de N fijado (Vadez, 1996).

En el último estudio un dramático decrecimiento en la EUP con deficiencia severa de P es acompañado por un decrecimiento de la eficiencia de uso de nitrógeno en las hojas. Así como se observó una perturbación del metabolismo del N en soya, en ese caso incremento del N soluble reducido en plantas fijadoras de N_2, ya que hay un decrecimiento en las plantas alimentadas con nitráto (Israel and Rufty, 1988). Esto indica que hay una tasa de síntesis de proteina inferior en el crecimiento vegetativo con FSN que con N mineral.

Se encontró una gran variabilidad genotípica para acumulación del N fijado en los hábitos de crecimiento 3 (semi-volúbles) y 4 (volubles), con un rango entre 20-140 mg N fijado $planta^{-1}$ a los 50 días despues de la siembra, y en promedio la FSN en los tipo 4 parece ser más tolerante a bajo P que en los tipo 3. La superior acumulación de N fijado de los tipo 4 a bajo P estuvo asociada con una fase vegetativa extensa (Vadez ,1996) y baja concentración de P en todos los órganos incluyendo nódulos. La baja concentración de P en los nódulos fué la característica que ambos hábitos de crecimiento tuvieron en común y estuvo altamente correlacionada con alta acumulación de N fijado a bajo P. Lo que probablemente permitió más P disponible para un mejor crecimiento de la parte aérea, es decir una alta EUP. Hay evidencias iniciales de que para la FSN, los genotipos tolerantes a bajo P son capaces de asignar el P adecuado a los nódulos para cumplir con el incremento debido a la fijación hasta la declinación de esta durante la fase reproductiva, y posteriormente relocalizar el P de los nódulos senescentes a las vainas (Vadez, 1996). Debido probablemente en mayor parte a

Digitized by Google

su extenso ciclo de crecimiento y su vigor, los genotipos de tipo 4 de gran inter;es para los programas de mejoramiento de la tolerancia a bajo P en Africa, son conocidos por ser sobresalientes en rendimiento de grano a bajo P. Se debería verificar si los tipo 4 poseen más y/o otros mecanismos específicos de tolerancia a bajo P que los otros hábitos de crecimiento, especialmente para FSN.

Particionamiento del P en el Frijol Fijador de N_2

Aunque la biomasa total de nódulos por planta está linealmente relacionada con el nivel de disponibilidad en P de las leguminosas, el P total en los nódulos está muy poco o menos frecuentemente relacionado con esa disponibilidad. En frijol común especialmente, el contenido total de P en el nódulo es un indicador pobre del desempeño de la FSN en genotipos a bajo P (Pereira and Bliss, 1989). De hecho, la concentración total de P en los nódulos generalmente no es afectada por el P de la planta y aún bajo deficiencia de P esta permanece de 2-4 veces más alta que la de otros tejidos vegetales en frijol (Graham and Rosas, 1979; Pereira and Bliss, 1989). El contenido total de P en los nódulos generalmente no está relacionado con el nivel de FSN a bajo P pero está inversamente correlacionado con el contenido de P en la parte aérea, y no está relacionado con el contenido de P en la raíz del frijol (Vadez et al, en impresión b). En estos estudios la nodulación no afectó el contenido de P en la raíz. Por lo tanto, es probable que el P sea exportado de la parte aérea a los nódulos como sucede con otros nutrimentos tales como el anión Fe (Parsons et al., 1995a, b). Claramente los resultados de Vadez (1996) sugieren que en las plantas dependiendo de la FSN, un alto potencial de FSN en bajo P no está necesariamente relacionado con una fuerte demanda de P por parte de los nódulos, y evidencia la importancia de una alta EUP del nódulo además del funcionamiento del nódulo como demandante de P. Los nódulos y las raíces son los demandantes más fuertes de P en los estados iniciales del crecimiento mientras que la parte aérea y las vainas se vuelven las mayores demandantes de P despues de la floración. El autor sugirió la hipótesis que los genotipos que favorecen precozmente la asignación de P a los nódulos antes que a la parte aérea exhibieron una fijación temprana, lo cual determinó un efecto positivo sobre todo el potencial de FSN (Chaverra and Graham, 1992). El período de FSN es también acortado por la deficiencia de P debido a que la nodulación es ligeramente retardada y los nódulos decaen más rápido durante el llenado de vainas, y el incremento de la duración del período de fijación podría ser un factor clave para la tolerancia de la FSN del frijol en bajo P (Vadez et al., 1996a).

En general , las líneas de frijol que nodulan mas rápido son las mejores fijadoras de N_2 en el campo (Kipe-Nolt et al., 1993), pero ya que la mayoría del N es fijado después de la floración (Hungria and Neves, 1987) debería ponerse atención en la selección de la capacidad de fijacion tardía la cual probablemente esté relacionada con la vida prolongada de los nódulos primarios o mejor capacidad para fijación secundaria la cual es drásticamente disminuida en bajo P (Vadez, 1996). La declinación en la FSN en el llenado de vainas temprano no estaría relacionada con competencia por fotosintatos entre nódulo y vaina sino mas bien con la ontogénia del nódulo en frijol común.

La senescencia del nódulo es afectada por el cultivar y la cepa (Hungria and Franco, 1988) y la vida prolongada del nódulo sería de importancia en seleccionar simbiosis mas eficientes. Fué señalada la limitada capacidad de los nódulos secundarios formados en las raíces laterales después del llenado de vainas para contrarrestar el rápido decaimiento de los nódulos de la corona. El rendimiento de la semilla está altamente correlacionado con la nodulación secundaria y el N total de la parte aérea cerca a la madurez (etapa R7) provee mejores estimados de FSN que las medidas tomadas en estados tempranos de crecimiento (Wolyn et al., 1989). Sin embargo, bajo deficiencia

Digitized by Google

de P una estrategia mas convincente sería seleccionar para alto potencial de FSN durante los estados vegetativo y reproductivo temprano como es propuesto por Peña-Cabriales et al. (1993) cuando la disponibilidad de P para las partes subterraneas es alta, debido a que mas adelante es probable que las plantas carezcan del recurso P para invertir en una fijación tardía.

La dinámica del P y sus implicaciones en el metabolismo del nódulo son muy poco conocidas, debido a que se requeriría distinguir *in situ* entre las diferentes existencias de P en la altamente compartimentalizada estructura de los nódulos, y debido a que los nódulos son órganos muy sensibles al estrés cualquier estudio fisiológico hecho hasta la fecha con nódulos separados es polémico (ver Hunt and Layzell, 1993). El excesivo requerimiento de P en los nódulos es parcialmente explicado por el alto costo energético de la actividad nitrogenasa en los bacteroides ya que un N reducido desde la FSN requiere 30 a 60% más ATP que un N reducido desde la asimilación de nitrato, es decir son necesarios 16 ATP para la liberación de cada N_2 por el complejo nitrogenasa. En los nódulos separados de plantas de soya deficientes en P la carga de energía de los adenilatos permanecería inmodificada en los bacteroides, pero disminuiría solamente en las células no infectadas (Sa and Israel, 1991) donde ocurre la asimilación del amónio. La actividad nitrogenasa por masa del nódulo estimada por el método de reducción de acetileno (ARA) puede ser disminuida (Singleton et al., 1985; Sa and Israel, 1991), no afectada o aún incrementada por la deficiencia de P dependiendo del genotipo de la leguminosa hospedera (ver Ribet and Drevon, 1995ab, 1996). El metodo ARA ha sido usado con especiales precauciones metodológicas ya que pueden surgir artefactos relacionados con la nutrición del P en el frijol común (Vadez et al., 1996a). En el frijol común la actividad nitrogenasa por masa de nódulos puede ser mantenida o ligeramente disminuida por el bajo P dependiendo de los genotipos cuando se usan métodos *in situ* validos para estimar la actividad nitrogenasa en el campo o en condiciones controladas (Vadez et al., 1996a). Sin embargo, trabajos posteriores en CIAT con un conjunto de 48 genotipos con hábitos de crecimiento indeterminado semi-voluble (tipo 3) y voluble (tipo 4), mostraron que el uso del ARA por masa de nódulos como estimador de la actividad nitrogenasa del nódulo *in situ* no esté un indicador suficiente de la tolerancia a bajo P de la FSN. Uno de los más exactos y simples indicadores del desempeño de la FSN a bajo P, aunque destructivo, es por lo tanto medir la acumulación de N en plantas dependientes solamente de la FSN (Vadez, 1996).

El primer paso de la asimilación ocurre en las células no infectadas y requiere al menos 8 ATP por N reducido. La baja disponibilidad de P limitaría la actividad GS-GOGAT como es propuesto para soya (Sa and Israel, 1991) y su síntesis en frijol común. Los anteriores autores, en concordancia con Hungria y Neves (1987) propusieron que la eficacia de la asimilación de N en los nódulos podría ser determinante para la identificación de simbiosis con alto potencial de FSN en frijol. Recientemente observamos que hay una fuerte relación en el estado de floración entre la biomasa debida a disponibilidad no limitada de N mineral y la debida a la FSN en genotipos de frijol cultivados en hidroponía con baja disponibilidad de P. Esto confirma que las diferencias genéticas en eficacia de la asimilación de N podrían estar relacionadas con la tolerancia a bajo P en frijol.

Los nódulos ya no son considerados como órganos limitados por la disponibilidad de fotosintatos desde la parte aérea, sino más bien por su potencial para usar los fotosintatos eficientemente, a alta disponibilidad de nutrimentos (ver revisiónes extensivas de Day and Copeland, 1991; Vance and Heichel, 1991). Por ejemplo, en frijol común la remoción de vainas incrementa la disponibilidad de fotosintatos, pero no estimula la FSN a corto plazo. Los anteriores autores proponen que las simbiosis eficientes probablemente tengan un uso más eficiente del C en los

Digitized by Google

nódulos. El uso del C en las plantas superiores a través de la glicólisis y la respiración puede tener costos en Pi muy diferentes, y a bajo Pi citoplasmático unas rutas bioquímicas alternativas pueden permitir mejor eficiencia de P por un rápido reciclaje de P*i* o menos P*i* involucrado (ver Theodorou and Plaxton, 1993). En raíces de frijol bajo estrés de P el transporte y disponibilidad de fotosintatos no son afectados (Cakmak et al., 1994a, b; Rychter and Randall, 1994). Por el contrario la concentración de glucosa y fructosa en los nódulos está encima de los requerimientos básicos, estos estan almacenadas en vacuolos sin función metabólica y no estan utilizadas para crecimiento y metabolismo en raíces de frijol deficiente en P. De hecho, la fosforilación de la sucrosa a hexosa-P se reduce, causando una reducción en la ruta glicolítica, y explicando un incremento en la respiración resistante al cianuro (Rychter and Randall, 1994). Proponemos que los diferentes costos en Pi del metabolismo del C entre las simbiosis de frijol podrían desempeñar un papel en su grado de tolerancia al bajo P de la FSN.

Otro factor clave recientemente propuesto por Vadez et al. (1996b) para tolerancia a bajo P de la FSN podría ser la permeabilidad de oxígeno del nódulo la cual es determinante en la regulación del metabolismo del nódulo (ver Vance and Heichel, 1991). La permeabilidad de oxígeno del nódulo y por lo tanto el flujo de oxígeno a los nódulos es incrementado por la deficiencia de P en soya (Ribet and Drevon, 1995a), caupí (A. Kimou, com. pers.) y frijol común (Vadez et al., 1996b), mientras la actividad nitrogenasa no es afectada o es afectada muy poco por la deficiencia de P. Como consecuencia, el costo respiratorio de la actividad nitrogenasa es muy superior en los nódulos de plantas en bajo P que en los de plantas en alto P. El grado de incremento en la permeabilidad de oxígeno del nódulo en bajo P, podría estar relacionado con la variación genotípica en la tolerancia de la FSN a bajo P en frijol común y los genotipos con alta FSN a bajo P tendrían la capacidad de mantener la permeabilidad de oxígeno del nódulo al nivel observado en alto P (Vadez et al., 1996b), y consecuentemente limitar el consumo excesivo de carbohidratos relacionado con la actividad nitrogenasa en el nódulo.

El papel estructural del P en las membranas de la planta y de la bacteria como constituyente de fosfolípidos (Bieleski, 1973) necesitaría ser considerado para la explicación del desempeño simbiótico en bajo P. Las células infectadas en los nódulos contienen 20 veces más membranas que las células no infectadas no solamente debido a la profusión de bacteroides sino también a causa de las abundantes membranas peribacteroidales (MPB) de orígen plasmalémico (Bergersen, 1994). Werner y Mellor propusieron que la deficiencia de Pi daña la integridad de la MPB, cuyo papel es determinante para los intercambios entre ambos simbiontes. Las MPBs y el espacio peribacteroidal contienen fosfatasas ácidas de orígen principalmente bacterial (Kinnback and Werner, 1991). Las fosfatasas ácidas son reguladas por la concentración citoplasmática de Pi (Duff et al., 1994), y podría eliminar los fosfolípidos de la MPB cuando la concentración de Pi se vuelve limitante en el simbiosoma que reune los requerimientos de P de los bacteroides (Katinakis et al., 1988).

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO PARA TOLERANCIA A BAJO P

Nuestra estrategia para reforzar la tolerancia a bajo P en frijol común dependiendo del N del suelo o el de la FSN es identificar varias fuentes de genes responsables para posterior recombinación con otras cartacterísticas de interes tales como tipo de semilla deseable, resistencia múltiple a patógenos, adaptación a ambientes o sistemas de cultivo. Esta propuesta fué escogida como una alternativa a varios esfuerzos para selección y mejoramiento del rendimiento en bajo P y la tolerancia

Digitized by Google

a estreses bióticos y abióticos simultaneos en ambientes específicos. Esta propuesta probó ser muy fructífera para identificar y liberar germoplasma superior, en Africa, Mexico (Acosta et al., 1995; López et al., 1995), Costa Rica (Saborio and Beebe, 1995), Cuba (Hernandez et al., 1995), pero su validez puede estar condiciona por preferencias regionales (tipo de semilla o hábito de crecimiento, por ejemplo).

La selección independiente y la recombinación controlada de características fisiológicas individuales podría ser un valioso aporte al mejoramiento para tolerancia a bajo P, basada exclusivamente hasta hoy en características cuantitativas. Tanto para caracteres cuantitativos, el valor de un caracter fisiológico - expresión medible de la tasa o duración de un proceso fisiológico - depende de 4 criterios (Mahon, 1983) los cuales son, como para la selección de un caracter cuantitativo, (i) presencia de variabilidad genética en su expresión, (ii) expresión medible en ensayos en gran escala, (iii) caracterización de su control genético (heredabilidad en sentido amplio), y (iv) su relación con el beneficio agronómico. A nuestro conocimiento, en programas de mejoramiento no ha sido identificado y usado ningún caracter discreto que confiera claramente tolerancia a bajo P. Si se identificara tal caracter(es), debería ser fácil medirla a bajo costo con el fin de hacerla disponible para propósitos de selección y mejoramiento. También es probable que solo un caracter no sería suficiente para discriminar frijol tolerante al bajo P, debido a los diferentes tipos de estrategias involucradas como se discutió antes, y además debido a las correlaciones entre caracteres. A pesar de que hasta hoy no ha sido identificado ningún carácter discreto que pudiera explicar la tolerancia al bajo P del frijol, actualmente progresa en CIAT la selección y recombinación para la tolerancia a bajo P usando caracteres simples cuantitativos (biomasa o rendimiento de semilla).

Selección de Fuentes de Tolerancia a Bajo P

Para reducir el efecto que otros factores tienen sobre la eficiencia en el uso de los nutrimentos es esencial que los rendimientos equivalentes del germoplasma sean demostrados donde los nutrimentos no sean limitantes (Gourley et al., 1993). Los mecanismos de la eficiencia de P pueden ser identificados menos ambiguamente usando esta propuesta. Consecuentemente varios trabajos de selección para tolerancia a bajo P realizados por CIAT en América del Sur y Central (Colombia y Costa Rica) y en Africa (Malawi, Kenya, Uganda, Tanzania) incluyen medidas del desempeño en condiciones de disponibilidad no limitante de nutrientes para medir el potencial genético y la adaptación de los genotipos a las condiciones ambientales (Wortmann, 1994). Los genotipos seleccionados para tolerancia a bajo P deben responder también a aplicaciones de P. Si no es así estos deben ser descartados como germoplasma inferior o no adaptado. Entre cientos de genotipos exóticos y locales probados en CIAT, se han identificado genotipos que rinden dos veces más que los cultivares control recomendados para bajo P. En Africa, los cultivares locales y los Andinos riendieron mejor que los cultivares Mesoamericanos. En Colombia, en ciclos repetidos de selección en campo en un sitio de bajo P (andosol) con un amplio rango genético de genotipos de varias clases de fenologías y madurez se han identificado 10 genotipos bien adaptados de madurez temprana a media como fuentes de genes para tolerancia o susceptibilidad de rendimientos de P y semilla a deficiencia severa de P (0.3-3.2 ppm P, Bray II). El principal objetivo de este trabajo es la identificación de características morfológicas radicales que confieran EAP en condiciones de campo como se discutió antes.

Digitized by Google

La identificación de características que confieren la EUP es más facil bajo condiciones controladas donde las diferencias en la capacidad de absorción de P entre genotipos sean minimizadas. También, es preferible realizar la identificación de la FSN tolerante a bajo P en estas condiciones, ya que la FSN es uno de los mecanismos más afectados por los efectos ambientales en leguminosas de grano. Se encontró que la evaluación preliminar en cultivo con nutrimentos en solución es una técnica útil para descartar las lineas consanguineas recombinantes (LCR) inferiores de los cruces entre un donante de eficiencia de P con un genotipo recurrente con alto índice de cosecha, antes de invertir en evaluación de campo, aunque no se observó consistencia significativa entre cultivo con nutrimentos en solución donde se expresa EUP y en campo donde se expresa EAP tambien (Schettini et al., 1987). En una estrategia de mejoramiento para seleccionar para reforzar la FSN, Rosas y Bliss (1986) propusieron que la selección en invernadero es un primer paso necesario para seleccionar el germoplasma adecuado y descartar el inferior, y que las lineas seleccionadas deberían ser probadas en el campo usando las técnicas apropiadas (método de N diferencial o técnicas basadas en el isótopo ^{15}N) para una más precisa evaluación del "verdadero" potencial en el campo.

Consecuentemente nosotros realizamos selección para EUP y FSN en un sistema hidropónico automatizado en un invernadero. Las plantas cultivadas individualmente en un sustrato arena-vermiculita (2:1) son alimentadas frecuentemente por goteo con una solución de concentración constante de nutrimento, donde para un tratamiento dado la misma cantidad de nutrimentos está disponible a las raíces en el pequeño volúmen (0.75 L) del sustrato saturado. Este tipo de sistema de crecimiento permite (i) selección simultánea en gran escala (1200 plantas a la vez en nuestras condiciones), (ii) minimizar el efecto del agotamiento de P que sucede en los sistemas con solución de nutrimentos confinada y por lo tanto simular las condiciones del P absorbido en el suelo asegurando un relativamente estable suministro de P, (iii) uniforme estado nutricional y suministro de P para las plantas en en un tratamiento dado, y (iv) seleccionar para potencial de FSN y su tolerancia al bajo P en un medio libre de N y con una sola cepa de rhizobium en condiciones asépticas (Beck et al., 1993). En bajo P, hay fuertes diferencias de biomasa entre genotipos lo que refleja directamente las diferencias en la EUP. Este tipo de cultivo permite satisfactorios crecimiento y FSN en frijol común hasta la madurez, efectos del estrés de P sobre fenotipos de planta similares a los de terrenos con muy bajo P, y repetitividad de los datos entre experimentos (nuestros datos no publicados).

Estudios de Herencia de la Tolerancia a Bajo P

La factibilidad de mejorar la tolerancia a bajo P en frijol común es apoyada por la observación de que esta tolerancia fue globalmente incrementada con la domesticación (Lynch and Beebe, 1995). Tal como en trébol blanco, tomate, arroz, y trigo, la tolerancia a suelos de bajo P es cuantitativamente heredable en frijol común (Posada et al., 1995), y hay esperanzas de que con técnicas moleculares se entienda su naturaleza genética, o en un corto plazo, usando selección asistida por marcadores moleculares para QTLs, se progresará en estas direcciones.

La EUP de *Medicago sativa* ha sido reforzada con mejoramiento y posterior selección en la leguminosa forrajera (James et al., 1995). Fawole et al. (1982) demostraron que la EUP (biomasa vegetal por unidad de P en tejido) medido en el estado vegetativo intermedio en cultivo de nutrimentos en solución, es una característica altamente heredable en frijol común, tal como se

Digitized by Google

encontró también para tomate. Fueron hechos estudios genéticos usando 6 familias provenientes de 2 cruzas entre padres eficientes e ineficientes para P (con una diferencia del doble de biomasa con la misma cantidad de P disponible), los híbridos F_1, las retrocruzas recurrentes de los híbridos F_1 con cada padre, y una progenie F_2 derivada de autopolinización de la F_1. La regresión de la progenie a los padres reveló que solamente los efectos aditivos y de dominancia de los genes contribuyeron a la variación en la eficiencia del P. La varianza genética de la EUP fué mayor que la varianza ambiental. De hecho, la heredabilidad en sentido amplio (HSA) fué mayor que el 70% y la heredabilidad en sentido estrecho (HSE) fué extremadamente alta con valores de 68 a 86% (Fawole et al., 1982), y 80 a 93% en poblaciones recombinantes F_3 en suelos de bajo P (Posada et al., 1995) . En trébol blanco (*Trifolium repens* L.) la tolerancia a bajo P está asociada con varias características cuantitativas las cuales están fuertemente correlacionadas entre sí, y por lo tanto todas son consideradas para una selección eficiente, baja concentración de P en la parte aérea es una de estas (Caradus, 1992). En arroz, los estudios de herencia de la capacidad relativa de trilla en suelos de bajo P usada como la característica simple más confiable para seleccionar por tolerancia a bajo P demostró que su HSE es moderada (50%) y posteriormente confirmó que los efectos ambientales son bajos en la herencia de la tolerancia a bajo P (Chaubey et al., 1994).

Los efectos de genes principalmente aditivos están involucrados en la herencia de la tolerancia a bajo P en sorgo (Furlani et al., 1987), frijol común (Fawole et al., 1982; Posada et al., 1995) y en arroz (Chaubey et al., 1994). En arroz los padres tolerantes a bajo P muestran una alta habilidad combinatoria general (HCG) mientras que la HCG de los padres susceptibles es muy pobre, sugiriendo que los padres tolerantes son ricos en genes aditivos y los padres susceptibles en genes no-aditivos (Chaubey et al., 1994). Los genes que controlan la tolerancia al bajo P en trigo son independientes de los de la tolerancia a la toxicidad por Al y Mn.

Schettini et al. (1987) encontraron que en frijol común después de 2 retrocruzas recurrentes de un padre donante exótico de tolerancia a bajo P con un genotipo comercial que tenga un buen índice de cosecha en alto P, es posible encontrar algunas lineas consanguineas recombinantes (LCR) que combinen la eficiencia de P y el índice de cosecha de ambos padres en el campo. Singh et al. (1989) no pudieron incrementar el rendimiento de semilla en LCRs de un padre tolerante al bajo P y un padre con alto índice de cosecha en alto P, comparado con el padre tolerante en genotipos mesoamericanos, aunque la media del rendimiento de las lineas en alta fertilidad fué superior a la de los padres. Es probable que los padres usados en este estudio tuvieran una similar base genética para rendimiento de semilla, careciendo de alelos favorables para tolerancia a bajo P, y/o el método de selección en campo involucró un nivel de estrés excesivamente bajo.

Sea lo que sea, los estimativos de heredabilidad de Posada et al. (1995) con LCRs de F_2 y F_3 en un campo de muy bajo P indican que la tolerancia a bajo P es un caracter facil de mejorar, altamente heredable que puede producir grandes progresos en selección.

La herencia de los componentes de la tolerancia a bajo P, EAP, EUP, así como FSN en bajo P, podrían ser clarificadas tan exitosamente como la tolerancia a bajo P en arroz (Chaubey et al., 1994), con análisis simple dialélico despues de cruces entre padres tolerantes y susceptibles y por regresiones de los padres a las progenies familiares. Este método tiene la ventaja sobre las retrocruzas consanguineas de minimizar la probabilidad de perder el efecto genético del parental. Actualmente desarrollamos 2 conjuntos de LCRs para estudios dialélicos de la tolerancia a bajo P de la FSN, cada LCR es desarrollado desde un solo cruce parental entre un genotipo tolerante (donante) y genotipos susceptibles como se describe arriba para cada acervo genético primario (tipos

Digitized by Google

Mesoamericanos de semilla pequeña y Andinos de semilla grande). Estudios de herencia de la FSN usando inóculo de cepas mezcladas o en el campo produjo resultados ambiguos en caupí (*Vigna unguiculata*) (Miller et al., 1986). Así que, los anteriores autores dedujeron que el uso de una sola cepa de Rhizobium eficiente en el invernadero acaba con la ambiguedad y provee estimados útiles. Para nosotros los padres cruzados para FSN reunen las siguientes condiciones: (i) buena adaptación a las condiciones experimentales, (ii) alto potencial de FSN (calculado como biomasa con FSN - biomasa sin aplicación de N, es decir biomasa debida a reservas de la semilla) con la cepa CIAT899, la cual tiene un amplio espectro de hospederos, y (iii) a bajo P la biomasa mayor o menor debida a la FSN. En concordancia con la propuesta de Baker (1994) para selección de leguminosas alimenticias, nosotros asumimos que la selección de parentales basado en un índice combinado de datos de plantas en condiciones de stress y sin stress sería engañoso en nuestro caso debido a que la correlación entre tratamientos en alto y bajo P es muy pobre, y muy probablemente no excederá la heredabilidad de la productividad bajo stress. También asumimos que la heredabilidad de la eficiencia de P y sus componentes discretos serán maximizados bajo stress de P debido a que ellos se vuelven insignificantes para explicar la biomasa o rendimiento en alto P (Baker, 1994). Usualmente los efectos de ambiente y de la interacción genotipo x ambiente son grandes, resultando una baja a moderada heredabilidad, especialmente cuando es medida con base en una sola planta. Consecuentemente, la mayor eficiencia de selección puede ser alcanzada si la selección es basada en la media de la familia más que en valor individual como unidad de selección. La evaluación de familias más que de plantas individuales permite la replicación para reducir los efectos de factores no genéticos que oscurecen el valor genotípico y por tanto mejorando la precisión de selección. Los métodos usados para estimar la eficiencia en bajo P son destructivos. Por lo tanto el muestreo para análisis y la producción de semilla son imposibles en selecciones hechas con una sola planta. La evaluación de familias permite el muestreo de una porción de la familia, y también tener la semilla de las plantas sobrantes de las líneas seleccionadas. Así, nuestra evaluación de LCRs comenzará con las semillas F_3 multiplicadas por descendencia de una sola semilla.

PERSPECTIVAS: SELECCIÓN PARA TOLERANCIA A BAJO P ASISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES

El entendimiento posterior de la genética de las características que contribuyen a la tolerancia a bajo P (EAP, EUP) permitirán su recombinación con otras características deseables a través del mejoramiento convencional. La tolerancia a bajo P es una característica típica cuantitativa que está sujeta a gran variabilidad ambiental. Teóricamente, los marcadores moleculares pueden obviar estas dificultades y ayudar a la selección (Tanksley et al., 1989). Dos de estas técnicas , los "Restriction Fragment Length Polymorphism" (RFLPs) y los "Randomly Amplified Polymorphic DNA" (RAPDs), han recibido particular atención como herramientas potenciales para la selección en programas de mejoramiento. En particular , los RAPDs han atraido el interés debido a que la mayoría de investigadores los encuentran más económicos y rápidos que los RFLPs. La técnica RAPDs emplea primers cortos de oligonucleótidos para amplificar segmentos del ADN genómico (Williams and Kubelik, 1990). Combinado con análisis masal de segregantes, los RAPDs ofrecen la ventaja de rápidamente seleccionar primers para detectar el marcador ligado. Se han detectado marcadores RAPDs ligados a genes útiles en tomate (Martin et al., 1991), lechuga (Paran y Michelmore, 1992) y frijol común (Miklas et al., 1996). Los RAPDs pueden ser una técnica útil para

Digitized by Google

asistir el mejoramiento de frijol (Skroch and Nienhuis, 1995).

Los RFLPs están siendo usados para mapear genes localizados dentro de grupos ligados y serían útiles para selecciónar características nutricionales poligénicas. Apoyando esta propuesta, 3 QTLs ligados a tolerancia a bajo P han sido identificados en maíz usando RFLPs (Reiter et al., 1991). En muchas ocasiones, la identificación de los RAPDs o RFLPs ligados a genes de resistencia a stresses bióticos han sido dependientes de la disponibilidad de LCRs para la identificación de las regiones genómicas ligadas al gen de interes (Young et al., 1988), siendo el objetivo básico la identificación de los marcadores localizados en el bloque alrededor del gen introgresivo (Melchinger, 1990). Aunque existen programas de computador que asisten en el marcaje de QTLs donde los marcadores mapeados están disponibles, los marcadores moleculares pueden ser difíciles de identificar en una planta marcada para EAP debido a los problemas en obtener datos fenotípicos confiables en el campo sobre sitios o estaciones. Cuando más información concerniente a la base genética de las características morfológicas radicales sea disponible, la manipulación genética directa permitirá la evaluación rigurosa de las hipótesis concernientes a su papel en la tolerancia a bajo P mientras se investiga por sus correspondientes marcadores moleculares. Ojala que los datos cuantitativos de la EUP y/o FSN de las plantas en bajo P obtenidos en condiciones controladas, aún si no resultan en características fisiológicas más discretas, permitirían en un corto plazo consistencia con los marcadores moleculares ligados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Drs. Steve Beebe y Idupulapati Rao, del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Cali, Colombia), y Jean-Jacques Drevon, del Institut National de la Recherche Agronomique (Montpellier, France), por su revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

Acosta, J., E. Acosta,y S. Alvarado. 1995. Identificación de genotipos de frijol con adaptación a suelos de baja fertilidad. p. 26-34. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13-15 noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Ae, N., J. Arihara, K. Okada, T. Yoshihara, and C. Johansen. 1990. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. Science 248:477-480.

Aggarwal, V.D., R.M. Chirwa, and S.K. Mughogho. 1995. Criteria to develop a screening technique for a low-pH, low-P soil in Malawi: effect of P on growth and yield of beans. In D. Fourie and A.J. Liebenberg (eds). Fourth SADC regional bean workshop. 2-4 october 1994. Postchefstroom, South Africa. CIAT African Workshop Series No. 31.

Almendras, A.S.y P.J. Bottomley. 1987. Influence of lime and phosphate on nodulation of soil-grown *Trifolium subterraneum* L. by indigenous *Rhizobium trifolii*. Apppl. Env. Microbiol. 53:2090-2097.

Andrews, C.S., and M.F. Robins. 1969. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium and sodium contents. Austr. J. Agric. Resources 20:675-685.

Digitized by Google

Atkinson, D. 1973. Some general effects of phosphorus deficiency on growth and development. New Phytol. 72:101-111.

Attiwill, P., and M.A. Adams. 1993. Tansley Review No.50. Nutrient cycling in forests. New Phytol. 124:561-582.

Baker, R.J. 1994. Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes. Euphytica 73:67-72.

Barber, S.A. 1984. Soil nutrient bioavailability, A mechanistic approach. John Wiley & Sons, New York.

Beck, DP, L.A. Materon, and A. Afandi. 1993. Practical *Rhizobium*-Legume Technology Manual. ICARDA Technical Manual No. 19. p. 203-222.

Beck, D.P., and D.N. Munns. 1984. Phosphate nutrition of *Rhizobium spp.* Appl. Environ. Microbiol. 47(2):278-282.

Beebe, S. 1995. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para tolerancia a bajo fósforo: Estrategias y fuentes de diversidad. p. 1-8. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13-15 noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Bergersen, F.J. 1994. Distribution of O_2 within infected cells of soybean root nodules: a new simulation. Protoplasma 183:49-60.

Bernard, R.L. and R.W. Howell. 1964. Inheritance of phosphorus sensitivity in soybeans. Crop. Sci. 4:298-299.

Bernston, G.M. 1994. Root systems and fractals: how reliable are calculations of fractal dimensions? Ann. Bot. 73:281-284.

Bieleski, R.L. 1973. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:225-252.

Bliss, F.A. 1993a. Breeding common bean for improved biological nitrogen fixation. Plant Soil 152:71-79.

Bliss, F.A. 1993b. Utilizing the potential for increased nitrogen fixation in common bean. Plant Soil 152:157-160.

Bonser A.M., J. Lynch, and S. Snapp. 1996. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris*. New Phytol. 132(2):281-288.

Brown, M.S., and G.J. Bethlenfalvay. 1988. The *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. VII. Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. Plant Physiol. 86:1292-1297.

Buso, G.S.C., and F.A. Bliss. 1988. Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus. Plant Soil 111:67-73.

Buttery, B.R., S.J. Park, and D.J. Hume. 1992. Potential for increasing nitrogen fixation in grain legumes. Can. J. Plant Sci. 72:323-349.

Cakmak, I., C. Hengeler, and H. Marschner. 1994a. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. J. Exp. Bot. 45:1245-1250.

Cakmak, I. C. Hengeler, and H. Marschner. 1994b. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. J. Exp. Bot. 45:1251-1257.

Digitized by Google

Caradus, J.R. 1992. Heritability of, and relationships between phosphorus and nitrogen concentration in shoot, stolon and root of white clover (*Trifolium repens* L.). Plant Soil 146:209-217.

Caradus, J.R, and R.W. Snaydon. 1987. Aspects of the phosphorus nutrition of white clover populations. II. Root extracellular acid phosphatase activity. J. Plant Nutr. 10:287-301.

Cassman, K.G., D.N. Munns, and D.P. Beck. 1981a. Phosphorus nutrition of *Rhizobium japonicum*: Strain differences in phosphate storage and utilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:517-523.

Cassman, K.G., P.W. Singleton, and B.A. Linquist. 1993. Input/output analysis of the cumulative soybean response to phosphorus on an Ultisol. Field Crops Res. 34:23-26.

Cassman, K.G. , A.S. Whitney, and R.L. Fox. 1981b. Phosphorus requirements of soybean and cowpea as affected by the mode of N nutrition. Agron. J. 73:17-22.

Cassman, K.G., A.S. Whitney, and K.R. Stockinger. 1980. Root growth and dry matter distribution of soybean as affected by phosphorus stress, nodulation, and nitrogen source. Crop Sci. 20:239-244.

Chapin, F.S. III , and R.L. Bieleski. 1982. Mild phosphorus stress in barley and a related low phosphorus-adapted barleygrass: Phosphorus fractions and phosphate absorption in relation to growth. Physiol. Plant. 54:309-317.

Chaubey, C.N., D. Senadhira, and G.B. Gregorio. 1994. Genetic analysis of tolerance for phosphorus deficiency in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 89:313-317.

Chaverra, M.H., and P.H. Graham. 1992. Cultivar variation affecting early nodulation of common bean. Crop. Sci. 32:1432-1436.

Clark, R.B., and R.R. Duncan. 1991. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. Field Crops Res. 27:219-240.

Clarkson, D.T., and C. Grignon. 1991. The phosphate transport system and its regulation in roots. p. 49-59. *In* C. Johansen, K.K. Lee, and K.L. Sahrawat (eds.). Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics. ICRISAT, Patancheru, India.

Clarkson, D.T., and M.J. Hawkesford. 1993. Molecular biological approaches to plant nutrition. Plant Soil 155/156:21-31.

Da Silva, P.M., S.M. Tsai, and R. Bonetti. 1993. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Soil 152:123-130.

Day, D.A., and L. Copeland. 1991. Carbon metabolism and compartmentation in nitrogen-fixing legume nodules. Plant. Physiol. Biochem. 29:185-201.

Drew M. C., and L.R. Saker. 1978.Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. III. Compensatory increases in growth of lateral roots, and in rates of phosphate uptake, in response to a localized supply of phosphate. J. Exp. Bot. 29:435-451.

Dubois, J.D., and R.H. Burris. 1986. Comparative study of N uptake and distribution in three lines of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at early pod filling stage. Plant Soil 93:79-86.

Duff, S.M.G., G. Sarath, and W. Plaxton. 1994. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. Physiol. Plant. 90:791-800.

Duque, F.F., M.C.P. Neves, A.A. Franco, R.L. Victoria, and R.M. Boddey. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to rhizobium inoculation and the quantification of N_2 fixation using ^{15}N. Plant Soil 88:333-343.

Fageria, N.K., V.C. Baligar, and R.J. Wright. 1989. Growth and nutrient concentrations of alfalfa and common bean as influenced by soil acidity. Plant Soil 119:331-333.

Digitized by Google

Fawole, I., W.H. Gabelman, G.C. Gerloff, and E.V. Nordheim 1982. Heritability of efficiency in phosphorus utilization in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown uner phosphorus stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(1):94-97.

Fernandez, D.S., and J. Ascencio. 1994. Acid phosphatase activity in bean and cowpea for plants grown under phosphorus stress. J. Plant Nutr. 17(2&3):229-241.

Fitter, A.H., and T.R. Stickland. 1992a. Fractal characterization of root sytem architecture. Funct. Ecol. 6:632-635.

Fitter, A.H, and T.R. Stickland. 1992b. Architectural analysis of plant root systems. III. Studies on plants under field conditions. New Phytol. 121:243-248.

Fohse, D., N. Claassen, and A. Jungk. 1988. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirements and P uptake efficiency of different plant species. Plant Soil 110:101-109.

Fox, R.L., and E.J. Kamprath. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:902-909.

Furlani, A.M.C., R.B. Clark, W.M. Ross, and J.M. Maranville. 1987. Differential phosphorus uptake, distribution, and efficiency by sorghum inbred parents and their hybrids.p. 287-298. *In* W.H. Gabelman, and B.C. Loughman (eds). Genetic aspects of plant mineral nutrition. Martinus Nijhoff, Dordrecht.

Gabelman, W.H., and G.C. Gerloff. 1983. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. Plant Soil 72:335-350.

Gourley, C.J.P., D.L. Allan, and M.P. Russelle. 1993. Defining phosphorus efficiency in plants. Plant Soil 155/156:289-292.

Graham, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. Field Crops Res. 4:93-112.

Graham, P.H. 1992. Review: Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. Can. J. Microbiol. 38:475-484.

Graham, P.H., and J.C. Rosas. 1979. Phosphorus fertilization and symbiotic nitrogen fixation in common bean. Agron. J. 71:925-926.

Gunawardena, S.F.B.N., S.K.A. Danso, and F. Zapata. 1993. Phosphorus requirement and sources of nitrogen in three soybean (*Glycine max*) genotypes, Bragg, nts 382 and Chippewa. Plant Soil 151:1-9.

Gutschick, V.P. 1993. Nutrient-limited growth rates: Roles of nutrient-use efficiency and of adaptations to increase uptake rate. J. Exp. Bot. 44:41-51.

Haag, W.L., M.W. Adams, and J.V. Wiersma. 1978. Differential responses of dry bean genotypes to N and P fertilization of a Central American soil. Agron. J. 70:565-568.

Hardarson, G., F.A. Bliss, M.R. Cigales-Rivero, R.A. Henson, J.A. Kipe-Nolt, L. Longeri, A. Manrique, and J.J. Pena-Cabriales. 1993. Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean. Plant Soil 152:59-70.

Helal, H.M. 1990. Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphates. Plant Soil 123:161-163.

Henry, G. 1989. Snap beans: their constraints and potential for the developing world. Trop. Agric. Res. Ser. 23:158-166.

Hernández, G., V. Toscano, L. Gómez, N. Méndez, R. Reyes, y O. Veranez. 1995. Trabajos realizados en el programa de factores limitantes de la fijación simbiótica del nitrógeno en

Digitized by Google

bajo fósforo en Cuba. p. 76-85. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13-15 noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Hungria, M., and A.A. Franco. 1988. Nodule senescence in *Phaseolus vulgaris* L. Trop. Agri. (Trinidad) 65(4):341-346.

Hungria, M., and M.C.P. Neves. 1987. Partitioning of nitrogen from biological fixation and fertilizer in *Phaseolus vulgaris*. Physiol. Plantarum 69:55-63.

Hunt, S., and D.B. Layzell. 1993. Gas exchange of legume nodules and the regulation of nitrogenase activity. Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol. 44:483-511.

Ingestad, T., and G.I. Ägren. 1992. Theories and methods on plant nutrition and growth. Physiol. Plantarum 84:177-184.

Isoi, T., and S. Yoshida. 1991. Low nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Soil Sci Plant Nutr. 37(3):559-563.

Israel, D.W. 1987. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. Plant Physiol. 84:835-840.

Israel, D.W., and W.A. Jackson. 1982. Ion balance, uptake, and transport processes in N_2-fixing and nitrate and urea-dependent soybean plants. Plant Physiol. 69:171-178.

Israel, D.W., and T.W. Rufty, Jr. 1988. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. Cro Sci. 28:954-960.

Jakobsen, I. 1985. The role of phosphorus in nitrogen fixation by your pea plants (Pisum sativum). Physiol. Plant. 64:190-196.

James, D.W., S.S. Dhumal, M.D. Rumbaugh, and T.A. Tindall. 1995. Inheritance of potassium-sodium nutritional traits in alfalfa. Agron. J. 87:681-686.

Jenssen, P., and A.-S. Jonsson. 1981. Heterosis and ion transport in hexaploid varieties of rye-wheat (triticale) compared to the parental species. Physiol. Plant. 53:342-346.

Katinakis, P., R.M. Klein Lankhorst, J. Louwerse, A. Van Kammen, and R.C. Van den Bos. 1988. Bacteroid-encoded proteins are secreted into the peribacteroid space by *Bradyrhizobium leguminosarum*. Plant Mol. Biol. 11:183-190.

Kinnback, A., and D. Werner. 1991. Glucosidases and trehalose in the peribacteroid space and the bacteroid periplasm of *Glycine max* root nodules. Plant Sci. 77:47-55.

Kipe-Nolt, J.A., C.M. Montealegre M., and J. Tohme. 1992. Restriction of nodulation by the broad host range *Rhizobium tropici* strain CIAT899 in wild accessions of *Phaseolus vulgaris* L. New Phytol. 120:489-494.

Kipe-Nolt, J.A., H. Vargas, and K.E. Giller. 1993. Nitrogen fixation in breeding lines of *Phaseolus vulgaris* L. Plant Soil 152:103-106.

Koide, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytol. 117:365-385.

Kumarasinghe, K.S., S.K.A. Danso, and F. Zapata. 1992. Field evaluation of N_2 fixation and N partitioning in climbing bean (*Phaseolus vulgaris* l.) using 15N. Biol. Fertil. Soils 13:142-146.

Lindgren, D.T., W.H. Gabelman, and G.C. Gerloff. 1977. Variability of phosphorus uptake and translocation in *Phaseolus vulgaris* L. under phosphorus stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5):674-677.

Digitized by Google

López, E., J. Cumpián, A. Durán, y J. Acosta. 1995. Tolerancia del frijol común a baja disponibilidad de fósforo en Veracruz, México. p. 35-40. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Lynch, J. 1995. Root architecture and plant productivity. Plant Physiol. 109:7-13.

Lynch, J.P., and S.E. Beebe. 1995. Adaptation of bean (Phaseolus vulgaris L.) to low phosphorus availability. HortSci. 30(6):1165-1171.

Lynch, J., A. Lauchli, and E. Epstein. 1991. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. Crop Sci. 31:380-387.

Lynch, J., and J. Van Beem. 1993. Growth and architecture of seedling roots of common bean genotypes. Crop Sci. 33:1253-1257.

Lyness, A.S. 1936. Varietal differences in the phosphorus feeding capacity of plants. Plant Physiol. 11:665-688.

Mahon, J.D. 1983. Limitations to the use of physiological variability in plant breeding. Can. J. Plant Sci. 63:11-21

Martin, G.B., J.G.K. Williams, and S.D. Tanksley. 1991. Rapid identification of markers linked to a *Pseudomonas* resistance gene in tomato by using random primers and near-isogenic isolines. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88:2336-2340.

McKay, I.A., and M.A. Djordjevic. 1993. Production and excretion of non metabolites by *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii are disrupted by the same environmental factors that reduce nodulation in the field. Appl. Environ. Microbiol. 59(10):3385-3392.

Melchinger, A.E. 1990. Use of molecular markers in breeding for oligogenic disease resistance. Plant Breed. 104:1-19.

Meléndez, G. 1995. Fósforo en el sistema de frijol tapado. p. 164-173. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Miller, J.C., K.W. Zary, and G.C.J. Fernandez. 1986. Inheritance of N_2 fixation efficiency in cowpea. Euphytica 35:551-560.

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.

Miranda, B.D., and F.A. Bliss. 1991. Selection for increased seed nitrogen accumulation in common bean: Implications for improving dinitrogen fixation and seed yield. Plant Breed. 106:301-311.

Moorby, H., R.E. White, and P.H. Nye. 1988. The influence of phosphate nutrition on H+ ion efflux from the roots of young rape plants. Plant Soil 105:247-256.

Muñoz, F, y D. Beck. 1995. Investigaciones efectuadas en el CIAT sobre fuentes de mecanismos de tolerancia a bajo fósforo en frijol común. p. 85-94. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Mylona, P., K. Pawlowski, and T. Bisseling. 1995. Symbiotic nitrogen fixation. The Plant Cell 7:869-885.

Nielsen K.L., J. Lynch, A.G. Jablokow, and P.S. Curtis. 1994. Carbon cost of root systems: An architectural approach. Plant Soil 165:161-169.

Digitized by Google

Ohwaki Y., and Y H. Hirata. 1992. Differences in carboxylic acid exudation among P-starved leguminous crops in relation to carboxylic acid contents in plant tissues and phospholipid levels in roots. Soil Sci. Plant. Nutr. 38:235-243.

Pacovsky, R.S., P. Da Silva, M.T. Carvalho, and S.M. Tsai. 1991. Growth and nutrient allocation in *Phaseolus vulgaris* L. Colonized with endomycorrhizae or rhizobium. Plant Soil 132:127-137.

Paran, I., and R.W. Michelmore. 1992. Development of reliable PCR-based markers linked to downy-mildew resistance genes in lettuce. Theor. Appl. Genet. 85:985-993.

Park, S.J., and B.R. Buttery. 1989. Identification and characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines well nodulated in the presence of high nitrate. Plant Soil 119:237-244.

Parsons, R., A. Stanforth, J.A. Raven, and J.I. Sprent. 1993. Nodule growth and activity may be regulated by a feedback mechanism involving phloem nitrogen. Plant Cell Env. 16:125-136.

Peña-Cabriales, J.J., O.A. Grageda-Cabrera, V. Kola, and G. Hardarson. 1993. Time course of N_2 fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Soil 152:115-121.

Pearson, J.N., L.K. Abbott, and D.A. Jasper. 1993. Mediation of competition between two colonizing VA mycorhizal fungi by the host plant. New Phytol. 123, 93-98.

Pereira, P.A.A., and F.A. Bliss. 1987. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. Plant Soil 104:79-84.

Pereira, P.A.A., and F.A. Bliss. 1989. Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for N_2 fixation at different levels of available phosphorus under field and environmentally-controlled conditions. Plant Soil 115:75-82.

Pereira, P.A.A., B.D. Miranda, J.R. Attewell, K.A. Kmiecik, and F.A. Bliss. 1993. Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Soil 148:203-209.

Piha, M.I., and D.N. Munns. 1987. Nitrogen fixation potential of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) compared with other grain legumes under controlled conditions. Plant Soil 998:169-182.

Pongsakul, P., and E.S. Jensen. 1991. Dinitrogen fixation and soil N uptake by soybean as affected by phosphorus availability. J. Plant Nutr. 14(8):809-823.

Posada, H., J. Kornegay, y D. Beck. 1995. Estudio de herencia y mecanismos de tolerancia en líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) andinas y mesoamericanas a bajo fósforo en el suelo. p. 41-57. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Raab, T.K., and N. Terry. 1995. Carbon, nitrogen, and nutrient interactions in *Beta vulgaris* L. as influenced by nitrogen source, $NO3^-$ versus $NH4^+$. Plant Physiol. 107:575-584.

Rao, I.M., Ayarza M.A., and R. Garcia. 1996. Adaptative attributes of tropical forage species to acid soils. 1. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C-4 grasses and C-3 legumes. J. Plant. Nutr. 18(10):2135-2155.

Reiter, R.S., J.G. Coors, M.R. Sussman, and W.H. Gabelman. 1991. Genetic analysis of tolerance to low-phosphorus stress in maize using restriction fragment length polymorphisms. Theor. Appl. Genet. 82:561-568.

Ribet, J., and J.J. Drevon. 1995a. Increase in permeability to oxygen diffusion and in oxygen uptake of soybean nodules under limiting phosphorus nutrition. Physiol. Plant. 94:298-304.

Ribet, J., and J.J. Drevon. 1995b. Phosphorus deficiency increases the acetylene-induced decline in nitrogenase activity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). J. Exp. Bot. 46:1479-1486.

Digitized by Google

Ribet, J., and J.J. Drevon. 1996. The phosphorus requirement of N_2-fixing and urea-fed *Acacia mangium*. New Phytol. 132:383-390.

Ronis, D.H., D.J. Sammons, W.J. Kenworthy and J.J. Meisinger. 1985. Heritability of total and fixed N content of the seed in two soybean populations. Crop Sci. 25:1-4.

Rosas, J.C., M. Andrews and A. Castro. 1995. Tolerancia del frijol común a la baja disponibilidad de fósforo en suelos de Honduras. p. 19-25. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Rosas, J.C., and F.A. Bliss. 1986. Host plant traits associated with estimates of nodulation and nitrogen fixation in common bean. HortSci. 21(2):287-289.

Rosemeyer, M. 1995. Eficiencia de aplicaciones de fósforo en los sistemas frijol tapado y espequeado a través de tres años. p. 157-163. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Rychter, A.M., and D.D. Randall. 1994. The effect of phosphate deficiency on carbohydrate metabolism in bean roots. Physiol. Plant. 91:383-388.

Sa, T.M., and D.W. Israel. 1991. Energy status and functionning of phosphorus-deficient soybean nodules. Plant Physiol. 97:928-935.

Saborio, A., y S. Beebe. 1995. Mejoramiento para tolerancia a bajo fósforo en Costa Rica. p. 9-18. *In* R. Araya, and D. Beck (eds). Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el Cultivo del Frijol. 13 al 15 Noviembre 1995. San José, Costa Rica.

Sadeghian, S. 1991. Influencia de algunas caractísticas de las semillas y plántulas de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Sobre la tolerancia a la baja disponibilidad de fósforo en el suelo. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional, Palmira, Colombia, 70 pp.

Sahrawat, K.L., B. Srinava Rao, and P.T.C. Nambiar. 1988. Macro- and micro-nutrient uptake by nodulating and non-nodulating soybean peanut lines. Plant Soil 109:291-293.

Salinas, J.G., and P.A. Sanchez. 1976. Soil-plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. Ciencia Cultura 28(2):156-168.

Sattelmacher, B., W.J. Horst, and H.C. Becker. 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 157:215-224.

Schettini, T.M., W.H. Gabelman, and G.C. Gerloff. 1987. Incorporation of phosphorus efficiency from exotic germplasm into agriculturally adapted germplasm of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Soil 99:175-184.

Siddiqi,, and A.D.M. Glass. 1981. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. J. Plant Nut. 4:289-302.

Singh, S.P., C.A. Urrea, J.A. Gutierrez, and J. Garcia. 1989. Selection for yield at two fertilizer levels in small-seeded common bean. Can. J. Plant Sci. 69:1011-1017.

Singleton, P.W., H.M. AbdelMagid, and J.W. Tavares. 1985. Effect of phosphorus on the effectiveness of strains of *Rhizobium japonicum*. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:613:616.

Skroch, P.W., and J. Nienhuis. 1995. Qualitative and quantitative characterization of RAPD variation among snap bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. Theor. Appl. Genet. 91:1078-1085.

Smith, S.N. 1934. Response of inbred lines and crosses in maize to variations of nitrogen and phosphorus supplied as nutrients. J. Am. Soc. Agron. 26:785-804.

Digitized by Google

Smith, S.E., and V. Gianinazzi-Pearson. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 39:221-244.

Streeter, J.G. 1988. Inhibition of legume nodule formation and N_2 fixation by nitrate. Crit. Rev. Plant Sci. 7:1-23.

Tanksley, S.D., N.D. Young, A.H. Paterson, and M.W. Bonierbale. 1989. RFLP mapping in plant breeding: New tools for an old science. Biotechnology 7:257-264.

Tatsumi, J., A. Yamauchi, and Y. Kono. 1989. Fractal analysis of plant root systems. Ann. Bot. 64:499-503.

Theodorou, M.E., and W.C. Plaxton. 1993. Metabolic adaptations of plant respiration to nutritional phosphate deprivation. Plant Physiol. 101:339-344.

Thomas, W. 1930. The feeding power of plants. Plant Physiol. 5: 443-489.

Thompson, B.D., R.W. Bell, and M.D.A. Bolland. 1991. Low seed phosphorus concentration depresses early growth and nodulation of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru). J. Plant Nutr. 14(2):1355-1367.

Thung, M. 1990. Phosphorus: A limiting nutrient in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Latin America and field screening for efficiency and response. p. 501-521. *In* N. El Bassam et al. (eds.). Genetic aspects of plant mineral nutrition. Kluwer Academic Publishers; The Netherlands.

Truesdell, H.W. 1917. The effect of phosphorus on alfalfa and alfalfa bacteria. Soil Sci. 38:77-98.

Vadez, V. 1996. Variabilité génétique de la fixation de N_2 sous carence en P chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) : Interaction avec l' éfficacité d'utilisation du P et la perméabilité nodulaire à l'oxygène. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II, France.

Vadez, V., D.P. Beck,, and J.J. Drevon J.J. 1996a. Acetylene-induced decline in common bean and the utilization of the acetylene reduction assay to screen for tolerance of symbiotic N_2 fixation to limiting P nutrition. Plant Physiol. Biochem. (in press).

Vadez, V.,D.P. Beck, and J.J. Drevon. 1996b. Nodule permeability to O_2 and nitrogenase-linked respiration in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes tolerant and sensitive to P deficiency. Physiol. Plantarum (in press)

Vance, C.P., and G.H. Heichel. 1991. Carbon in N_2 fixation: limitation or exquisite adaptation? Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42:373-392.

Uren, N.C., and H.M. Reisenauer. 1988. The role of root exudates in nutrient acquisition. In Advances in plant nutrition (P.B. Tinker and A. Lauchli, eds), vol. 3, 79-114, Praeger, New York, USA.

Vose, P.B. 1983. Rationale of selection for specific nutritional characters in crop improvement with *Phaseolus vulgaris* L. as a case study. Plant Soil. 72:351-364.

White, J.W., and A. Gonzalez. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. Field Crops Res. 23:159-175.

Whiteaker, G., G.C. Gerloff, W.H. Gabelman, and D. Lindgren. 1976. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 10(4):472-475.

Williams, J.G.K., and Kubelik. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid Res. 12:6351-6535.

Wolyn, D.J., J. Attenwell, P.W. Ludden, and F.A. Bliss. 1989. Indirect measures of N_2 fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions: The role of lateral root nodules.

Digitized by Google

Plant Soil 113:181-187.

Wortmann, C.S. (ed) 1994. Bean improvement for low fertility soils in Africa: Proceedings of a working group meeting, Kampala, Uganda, May 1994. Network on bean research in Africa, Workshop series No. 25, CIAT.

Wortmann, C.S., J. Kisayke, and O.T Edje. 1992. The diagnosis and recommendation integrated system for dry bean: determination and validation of norms. J. Plant. Nutr. 15(11):2369-2379.

Yan, X. 1992. Characterization of common bean germplasm for tolerance of low phosphorus availability in tropical soils. PhD thesis, Pennsylvania State University - CIAT.

Yan, X., J.P. Lynch, and S.E. Beebe. 1995a. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types: I. Vegetative response. Crop Sci. 35:1086-1093.

Yan, X., S.E. Bebe, and J.P. Lynch. 1995b. Genetic variation for phosphorus efficiency of common bean in contrasting soil types: II. Yield response. Crop Sci. 35:1094-1099.

Young, N.D., D. Zamir, M.W. Ganal, and S.D. Tanksley. 1988. Use of isogenic lines and simultaneous probing to identify DNA markers tightly linked to the *Tm-2a* gene in tomato. Genetics 20:579-585.

Youngdahl, L. 1990. Differences in phosphorus efficiency in bean genotypes. J. Plant Nutr. 13(11):1381-1392.

Zhang, C.D., V. Romheld, and H. Marschner. 1995. Retranslocation of iron from primary leaves of bean plants grown under iron deficiency. J. Plant Physiol. 146(3):268-272.

Digitized by Google

.67

Logros, Problemas y Posibilidades del Mejoramiento Genético del Frijol Mesoamericano en las Ecoregiones Semiáridas de América Latina

Jorge A. Acosta Gallegos, Rigoberto Rosales Serna y Jeffrey W. White
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), y CIMMYT, México

RESUMEN

En las últimas décadas se han desarrollado variedades de frijol adaptadas a las regiones semiáridas de México y Brasil. El desarrollo de dichas variedades, basado principalmente en el rendimiento, ha sido lento y costoso debido a la variación climática observada entre estaciones y localidades de prueba y a la existencia de una fuerte interacción genético-ambiental. En el Altiplano semiárido de México, se ha observado que las variedades mejoradas adaptadas a la región, como Pinto Villa y Bayo Zacatecas, escapan parcialmente a la sequía mediante un mecanismo de plasticidad fenológica, que les permite a las plantas ajustarse a las condiciones climáticas de la estación de crecimiento. También contribuye a la estabilidad de rendimiento a través de años y localidades.

A excepción del escape per se y la plasticidad fenológica, no ha sido posible identificar otras características fisiológicas que faciliten la selección sistemática de germoplasma resistente a la sequía. Esto se debe en parte a que las respuestas fisiológicas a este estrés dependen de la etapa de desarrollo del cultivo en que este ocurra, de la intensidad y duración del estrés. Dichas respuestas son en consecuencia complejas; de tal forma que características que son ventajosas en un ambiente, es posible que no lo sean en otros. Además, no se conoce la forma de herencia y heredabilidad de características que parecen estar relacionadas con la adaptación a la sequía, como lo son el tipo y profundidad de raíz, la acumulación de biomasa, la removilización de asimilados, el ajuste osmótico y la capacidad de retención de humedad de las hojas. Para realizar este tipo de estudios es necesario desarrollar, a partir de padres contrastantes, líneas casi isogénicas o endogámicas recombinantes. Por otra parte, la correcta definición del ambiente para el cual se van a desarrollar variedades mejoradas con adaptación a sequía, es fundamental; sobre todo ahora que se dispone de mejores herramientas, como los sistemas de información geográfica y los modelos de simulación. La fuerte interacción genético-ambiental que se observa en el rendimiento de las regiones semiáridas, también sugiere, que el mejoramiento genético de los cultivos debe ser combinado con prácticas culturales orientadas a captar, conservar y mejorar el uso del agua. En ausencia de información más completa, la selección en base al rendimiento y el acoplamiento de la fenología con la disponibilidad de la humedad durante el ciclo de cultivo, es lo más apropiado para el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol.

Los bajos rendimientos obtenidos en frijol, en América Latina, se deben principalmente a la ocurrencia de períodos de sequía intermitente durante el ciclo del cultivo (Vieira et al.,1989). Estos, causan severas pérdidas en el rendimiento si ocurren durante el inicio del período reproductivo (Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989). Períodos de sequía recurrentes, pueden ocasionar la pérdida total de la producción. Además, el efecto de la sequía con frecuencia se acentúa por otros factores como altas temperaturas, hongos patógenos y la infertilidad del suelo (Singh and White, 1988).

Debido a que la agricultura de regiones semiáridas es de alto riesgo, el mejoramiento genético representa una de las mejores opciones para incrementar y estabilizar el rendimiento, a pesar del costo y del tiempo requerido para el desarrollo de nuevas variedades (Singh, 1985, 1995).

El mejoramiento para obtener variedades resistentes a la sequía, se ha realizado en base a métodos tradicionales (que requieren de la evaluación de un alto número de progenies segregantes y pruebas en múltiples localidades), métodos que han sido de utilidad ya que ha permitido la obtención de variedades mejoradas superiores a las variedades comerciales (Acosta-Gallegos et al.,

Digitized by Google

1995). Además de los aspectos antes mencionados, otros factores ambientales y metodológicos reducen la eficiencia del mejoramiento genético para adaptación a sequía en el cultivo de frijol. Entre estos factores se encuentra la irregularidad en la incidencia y severidad de los períodos de sequía, lo que ocasiona sesgo en la evaluación y caracterización del material genético bajo estudio (Ramírez-Vallejo y Acosta-Gallegos, 1994). Otro factor, es la respuesta inconsistente a través de las localidades y años debido a la fuerte interacción genético-ambiental. Esa limitación se debe a que los genotipos se seleccionan principalmente en base al rendimiento y a que las múltiples características que lo controlan tiene diferente oportunidad de expresión en diferentes ambientes.

En México y Brasil los programas de mejoramiento genético localizados en las regiones semiáridas tienen como objetivo el incremento y la estabilización del rendimiento (Epiphanio et al., 1989; INIFAP, 1995). Se busca la combinación, en un solo genotipo, del mayor número de características que confieran adaptación a la sequía. En frijol, la adaptación a la sequía no es controlada por un solo carácter, sino por la expresión de diversos caracteres a lo largo del ciclo biológico del cultivo (Acosta-Gallegos, 1988).

MECANISMOS DE ADAPTACION A LA SEQUIA

En las plantas, la resistencia a la sequía depende de varios factores tales como el tipo de crecimiento, fenología, anatomía y bioquímica de las plantas (Hsiao, 1973; Hsiao and Acevedo, 1974; Boyer and McPherson, 1975; Begg and Turner, 1976; Ludlow and Muchow, 1990; Subbarao et al., 1995). La resistencia a la sequía generalmente se clasifica en términos de mecanismos, sin que se conozca el control genético y heredabilidad de los mismos. Por lo general, se reconoce tres clases de mecanismos: Tolerancia a la sequía con altos potenciales hídricos o evasión, tolerancia a la sequía con bajos potenciales hídricos, y escape a la sequía (Levitt, 1972; Turner, 1979; Levitt, 1980; Boyer, 1985). En la Tabla 1 se presentan los mecanismos de adaptación a déficits temporales de humedad, así como su influencia sobre los procesos productivos (Turner, 1986).

Los estudios de mecanismos de adaptación bajo condiciones de sequía sugieren un amplio rango de criterios de selección (Bascur et al., 1985; Goytia, 1996), pero ninguno ha demostrado tener aplicación práctica y directa en frijol (White and Singh, 1991). Eso en parte se debe a que el rendimiento final es un integrador del crecimiento durante todo el ciclo, es decir, si un carácter influencia la capacidad para crecer o sobrevivir un período de sequía, éste no necesariamente contribuirá al rendimiento final del cultivo (Ludlow and Muchow, 1990).

Evasión y Tolerancia a la Sequía

Existen dos clases de mecanismos que permiten a una planta evitar los déficits hídricos. Los mecanismos de conservación incluyen movimientos de hojas, sensibilidad de estomas al déficit hídrico o baja humedad relativa en el aire y una reducción en el tamaño de hoja. Hay evidencias de variación genética en estas características, pero no ha sido posible relacionarlas con el rendimiento. Vale la pena señalar que estos mecanismos defensivos, implican una reducción en la intercepción de radiación solar o de intercambio de CO_2 y oxígeno. Por lo tanto, aunque son de valor como mecanismos de supervivencia, no podrían contribuir a la obtención de altos rendimientos.

Digitized by Google

La otra clase de mecanismos son aquellos con los cuales las plantas evitan la sequía por medio de una mayor capacidad de absorción de agua. Para el caso del frijol estos mecanismos son exclusivamente mecanismos de mayor extracción de agua del suelo. Existen muchas evidencias de variabilidad genética en crecimiento de raíces del frijol (White and Castillo, 1989, 1992; Nuñez-Barrios y Aguilera-Charles, 1992). Sin embargo, hace falta métodos eficientes para evaluar números grandes de materiales.

Tabla 1. Mecanismos de adaptación al déficit hídrico y su influencia en los procesos productivos (Fuente Boyer, 1985).

Mecanismo	Reducción de procesos reproductivos
Escape a la sequía	
Desarrollo fenológico rápido	No
Plasticidad del desarrollo	No
Retraso de la Deshidratación	
Mantenimiento de la turgencia	
Mantenimiento de la absorción hídrica	
Incremento de la densidad y profundidad radical	No
Incremento de la conductancia hídrico	No
Reducción de la pérdida de agua	
Reducción del área foliar	Si
Incremento en la resistencia estomatal y	Si
Reducción de la radiación solar absorbida	Si
Ajuste osmótico	No
Mantenimiento del volumen	
Incremento de la elasticidad	No
Tolerancia a la deshidratación	
Tolerancia Protoplásmica	Si

Digitized by Google

Escape a la Sequía

Una característica que favorece la adaptación de las plantas en ambientes semiáridos es el acoplamiento de la fenología con la disponibilidad de humedad. En regiones caracterizadas por la ocurrencia de sequía, la extensión del cultivo hacia las áreas más secas ha sido acompañada por el desarrollo de variedades de ciclo más corto, que permitan al cultivo escapar de severos períodos de sequía al final de la fase reproductiva (Turner, 1986).

En frijol, la herencia de la fenología es controlada por pocos genes (White and Singh, 1991), pero sus efectos muestran una interacción fuerte con el fotoperíodo y temperatura (Kornegay et al., 1993). Esos dos parámetros climáticos, que son altamente predecibles, pueden utilizarse como indicadores para acoplar los ciclos de cultivo con la variación estacional en la disponibilidad de humedad entre y dentro de localidades. Lo anterior se puede lograr con la utilización de modelos de simulación que incluyan información genética (Hoogenboom et al., 1988; White and Hoogenboom, 1996). En un reciente estudio se demostró la utilidad de esos modelos en la predicción de características fenológicas a través de localidades contrastantes en disponibilidad de humedad y en la duración del fotoperíodo (White and Hoogenboom, 1996). Además, las características fenológicas como la floración y madurez fisiológica son de moderada a alta heredabilidad bajo ambas condiciones de humedad, riego y sequía (Singh, 1995) y a través de ambientes (Beaver and Rosas, 1992).

En el Altiplano de México, las siembras de frijol se efectúan hasta que se ha acumulado suficiente humedad en el suelo para el establecimiento del cultivo. Se ha observado que las variedades criollas de esta región presentan un gradiente en la duración del ciclo de cultivo de sur a norte, gradiente que coincide con la disponibilidad de humedad. Las variedades del Altiplano Central, más húmedo y frío, son tardías (>110 días a la madurez), mientras que las del Altiplano Semiárido, más seco y templado, son de ciclo precoz e intermedio (80 a 100 días a madurez). Sin embargo, la precocidad no permite la obtención de altos rendimientos, como tampoco lo permiten las aleatorias condiciones climáticas del Altiplano semiárido. Bajo esas condiciones, la plasticidad del desarrollo de genotipos intermedios y tardíos (fenológica, morfológica y la remobilización de asimilados de las hojas hacia los frutos), es más benéfica que la precocidad per se.

La sensibilidad al fotoperíodo, característica de la mayoría de los genotipos de frijol del Altiplano de México (White and Laing, 1989), es un componente importante para la expresión de la plasticidad fenológica, característica adaptativa a las condiciones aleatorias del inicio y distribución de la temporada de lluvias en las regiones semiáridas (Acosta-Gallegos and White, 1991, 1995). Esta característica permite acortar el período vegetativo sin una disminución del período reproductivo. En las regiones que muestran sequía del tipo intermitente en forma recurrente a través de la estación de crecimiento y años, es importante la utilización de germoplasma de hábito de crecimiento indeterminado, el cual muestra mayor longitud del período reproductivo, además de poseer la capacidad de recuperación posterior a un déficit severo de humedad.

En un esquema de evaluación por etapas, se sembró en dos localidades de la región semiárida de México, germoplasma criollo y mejorado (3435 accesiones) disponible en la unidad de Recursos genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). La mayoría de los genotipos sobresalientes correspondieron al hábito de crecimiento indeterminado postrado tipo III y ciclo biológico intermedio (Ochoa et al., 1990). Estos son similares a los comúnmente sembrados en forma comercial por los productores de la región semiárida de México

Digitized by Google

(Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989).

La redistribución de asimilados hacia los frutos en desarrollo durante un período de sequía en la etapa reproductiva es una característica importante de adaptación a la sequía en diversas especies (Bidinger et al., 1977). Samper et al., (1984) compararon la distribución de 14C fijado antes y hasta el inicio de floración entre dos genotipos de frijol de respuesta contrastante a la sequía evaluados bajo dos condiciones de humedad (riego y sequía). Concluyeron que el genotipo resistente N81017, pudo remobilizar en mayor proporción que el susceptible, principalmente de las hojas, la mayor parte del carbono fijado durante la floración y una porción del fijado antes de la floración, lo que le permitió obtener un rendimiento significativamente superior bajo sequía.

INTERACCION GENETICO-AMBIENTAL

En la mayoría de las regiones semiáridas del mundo se ha observado que la mayor causa de la variación en el rendimiento a través de los años, es la variación estacional y anual del ambiente, siendo la precipitación el componente más variable e impredecible de éste (Ritchie, 1980). Lo reducido y errática distribución de la precipitación, es el principal factor que ocasiona períodos de sequía, los que limitan la producción de leguminosas en las regiones productoras de secano en Brasil y México (Morais-Guimaraes, 1988; Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989). Bajo estas condiciones rara vez se obtiene la expresión total del potencial genético de rendimiento de las variedades de frijol actualmente sembradas, observándose la necesidad de contar con variedades mejoradas, estables en su producción entre años y localidades.

La definición del número y localización de sitios contrastantes representativos de la región para la cual se van ha desarrollar variedades, es importante para obtener con menos esfuerzo la información de rendimiento y adaptación de las nuevas variedades. Acosta-Gallegos y Sánchez-Valdez (1985) señalaron que para la región semiárida de México, los ensayos de rendimiento y adaptación deben al menos evaluarse en cinco localidades contrastantes en cantidad y distribución de la precipitación por dos años. Además, señalaron que en frijol de temporal es posible combinar la amplia adaptación con la resistencia a la sequía.

En la región semiárida, el efecto de la localidad de prueba contribuye más a la interacción genético-ambiental, que el efecto de años (Acosta-Gallegos y Sánchez, 1985; Acosta-Gallegos et al., 1988; Acosta-Gallegos y Ochoa, 1992; Ibarra et al., 1996). Lo que sugiere que las diferencias en cantidad y distribución de la precipitación entre las localidad de prueba, son más significativas que las observadas entre años. Estos resultados también indican la urgente necesidad de delimitar las regiones productoras con diferente grado de sequía.

La interacción genético-ambiental que enfrentan los mejoradores en regiones con problemas recurrentes de sequía presenta dos grandes dificultades: la eficiencia en la selección genética y por lo tanto el avance genético es reducido debido a que la interacción genético-ambiental no es sistemática; y a que la probabilidad de combinar un alto rendimiento con estabilidad de respuesta en ambientes variables es reducida (Lawn, 1988). Esto último se debe a que los mecanismos que conducen a la obtención de altos rendimientos (caracteres ofensivos), son diferentes a los caracteres que confieren tolerancia a condiciones de sequía intermitente (caracteres defensivos). Estos últimos, en cambio, pueden contribuir a una amplia adaptación y estabilidad del rendimiento. Una premisa importante para el éxito de un programa de mejoramiento para condiciones de sequía intermitente, es aceptar que un genotipo adaptado a esas condiciones, excluye la máxima expresión del potencial

Digitized by Google

de rendimiento. Ceccarrelli et al., (1991) señalaron que la amplia adaptación en cebada en regiones de baja precipitación, era posible con la combinación de múltiples características como: precocidad, tolerancia múltiple a enfermedades e insectos.

En cualquier cultivo, la interacción genético-ambiental, reduce la utilidad del comportamiento promedio a través de ambientes para la identificación de genotipos de alto rendimiento (Kang, 1991). Cuando se evalúa germoplasma de frijol en regiones de sequía intermitente, es conveniente agruparlo de acuerdo a su hábito de crecimiento y ciclo biológico (Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989; Acosta-Gallegos and Adams, 1991), en lugar de hacerlo por clase comercial de grano. Esta estrategia permite una mejor comparación entre genotipos y disminuye el efecto de la interacción genético-ambiental. En 1986 se sembraron 49 genotipos de frijol tipo III bajo dos regímenes de humedad en cuatro localidades de la región semiárida (Pajarito et al., 1988). El análisis de varianza conjunto mostró alta significancia para la interacción genético-ambiental para ambos regímenes de humedad. Cuando se realizó el mismo análisis por grupo de ciclo biológico (precoz, intermedio y tardío), la contribución de la interacción varió de menor a mayor, en ese orden, e inclusive resultó no significativa para el grupo precoz (Tabla 2). Estos resultados indican que las variedades tardías interactúan más con el ambiente que las de los otros grupos, debido al mayor tiempo de exposición a los factores ambientales.

Tabla 2. Análisis de varianza combinado y por grupos de 49 genotipos de frijol sembrados bajo dos condiciones de humedad en cuatro localidades de la región semiárida de México.

Fuente de Variación	Cuadro medio y significancia de F		
	Localidad	Genotipo	Interacción
Temporal	10'204,377*	57,546**	88,714**
Temporal+Riego	614,985NS	208,810**	155,632**
Temporal			
Precoces	1'071,266*	17,913NS	9,689NS
Intermedias	1'907,425	31,089*	21,688*
Tardías	9'872,789	44,658*	60,163*
Temporal+Riego			
Precoces	359,900*	83,283NS	12,835*
Intermedias	247,554NS	158,051*	108,520*
Tardías	633,068NS	326,237**	188,723*

NS, *, **= No significativo y significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.
(Fuente: Pajarito et al., 1988)

Digitized by Google

En el programa de mejoramiento genético de frijol del Altiplano Mexicano, los ensayos de adaptación y rendimiento en sitios múltiples juegan un papel importante en el sistema de flujo de germoplasma, ya que de este tipo de ensayos se seleccionan las nuevas variedades, ya sea para su cultivo en una región extensa, o en localidades específicas. También se seleccionan progenitores para su utilización en el bloque de cruzamientos, sobre todo materiales que no cumplen con los requisitos de calidad comercial del grano para ser liberados como nuevas variedades.

En la región semiárida de México, los ensayos uniformes de rendimiento y adaptación se han llevado a cabo desde 1978. Aquí se presentan resultados de los ciclos agrícolas de 1989 y 1990. En 1989, el análisis de varianza para cada grupo de variedades, precoces, intermedias y tardías mostró diferencias altamente significativas en rendimiento para los efectos de localidad, variedad e interacción variedad-localidad. Sin embargo , la mayor parte de la variación fenotípica se debió al efecto de localidad (65 a 70%) (Ochoa et al., 1990). En este ciclo, ni en la localidad con la mayor cantidad de precipitación acumulada durante el ciclo se obtuvieron los más altos rendimientos, ni en la de menor precipitación los mínimos (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento medio de tres grupos de frijol de temporal establecidos en siete localidades de la región semiárida en 1989.

		Ciclo de cultivo			
Localidad	PP	Precoz	Intermedio	Tardío	Promedio
	mm		kg ha-1		
Sandovales, Ags.	259	673	590	551	608
Teocaltiche, Jal.	536	735	722	507	647
Durango, Dgo.	369	1147	1158	607	955
F.I. Madero, Dgo.	233	609	640	478	573
Calera, Zac.	283	630	408	553	521
Sombrerete, Zac.	225	268	291	184	246
Satevo, Chih.	207	710	556	438	555
Promedio		682	624	474	

PP = Precipitación Pluvial durante el ciclo de cultivo.
Fuente: Ochoa et al. (1990).

Digitized by Google

Como ya se mencionó, la distribución de la precipitación es en ocasiones tan importante como la cantidad total precipitada durante el ciclo del cultivo; además, en los sitios de mayor precipitación, enfermedades como la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (Uromyces appendiculatus var. *appendiculatus*), tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) y las pudriciones de la raíz (*Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani*) disminuyen los rendimientos. En promedio de los tres grupos, los más altos rendimientos se obtuvieron en Durango, Dgo. y los más bajos en Sombrerete, Zac.; las variedades precoces e intermedias resultaron superiores a las tardías.

Durante el ciclo agrícola de 1990, la precipitación fue más favorable para el desarrollo del cultivo que en 1989 (Tabla 4). Los más altos rendimientos se obtuvieron en Teocaltiche, Jal. donde la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo fue superior a 800 mm con una buena distribución; los más bajos se obtuvieron en las localidades con menor y mal distribuida precipitación. En este ciclo se registró una correlación positiva entre la cantidad de precipitación con el rendimiento a través de localidades. Las variedades tardías e intermedias resultaron superiores a las precoces. En ausencia de marcadas variaciones estacionales en los factores adversos, en particular la sequía o las temperaturas bajas, los genotipos tardíos, típicamente rinden más que los de maduración temprana (White, 1988). Sin embargo, en la región semiárida, las variedades intermedias son mejores que las tardías, ya que han mostrado mayor estabilidad de rendimiento. Las variedades intermedias ajustan su respuesta fenotípica a las fluctuaciones ambientales, lo que contribuye a la estabilidad del rendimiento.

Tabla 4. Rendimiento medio de tres grupos de frijol de temporal establecidos en ocho localidades de la región semiárida en 1990.

		Ciclo de cultivo			
Localidad	PP	Precoz	Intermedio	Tardío	Promedio
Sandovales, Ags.	600	1447	1890	1432	1589
Teocaltiche, Jal.	836	1796	2164	2052	2004
F.I. Madero, Dgo.	528	768	886	1270	977
I. Allende, Dgo.	369	835	821	599	751
Calera, Zac.	450	1603	1697	1475	1591
Satevo, Chih.	391	1307	1386	--	1346
El Refugio,Gto.	307	565	849	--	707
Cadereyta, Qro.	365	584	839	--	711
Promedio	1113	1316	1367		

PP= Precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo.
-- No se estableció en estas localidades Fuente: Ochoa et al. (1991).

Digitized by Google

La plasticidad fenológica, el grado de indeterminación y ramificación y la removilización de asimilados son características ventajosas en situaciones de sequía intermitente, características que deben poseer las variedades adaptadas a las regiones semiáridas. Cuando la sequía ocurre durante el llenado de grano, las variedades de ciclo intermedio pueden acelerar su madurez. Este tipo de plasticidad fenológica en forma de precocidad es ventajosa en años secos (Hall y Patel, 1985), y a la vez permite ciclos de cultivo más largos y altos rendimientos en años favorables. Una estrategia práctica para los productores de frijol de secano, es el no depender de una sola variedad, sino de varias con diferente ciclo biológico, de preferencia las precoces e intermedias.

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

La caracterización de los déficits temporales de humedad en la región de producción, es el primer paso antes de iniciar el mejoramiento. La región productora podría dividirse en grupos de ambientes en base a : balance de humedad en el suelo, evaporación potencial, regímenes de temperatura, profundidad y fertilidad del suelo, etc. Como ya se mencionó, el reciente desarrollo de métodos como: Sistemas de Información Geográfica y los modelos de simulación podrían permitir la visualización de ambientes con diferentes grados de sequía temporal y ayudar en el diseño de las características fenológicas que deben tener las variedades para esos ambientes.

La evaluación de germoplasma en dos regímenes de humedad (temporal y temporal más riego suplementario) o en dos fechas de siembra, es una estrategia que permite la caracterización del germoplasma en un tiempo reducido. Permite además, identificar genotipos adaptados a condiciones favorables y desfavorables, asimismo, aquellos con plasticidad fenológica.

Identificación de Características Fisiológicas

Los pasos a seguir antes de que un carácter en particular se pueda utilizar en un programa de mejoramiento para resistencia sequía son (Subbarao et al., 1995):

1. Validar la contribución potencial del carácter en particular.
2. Buscar genotipos con una alta expresión del carácter deseado.
3. Determinar el modo de herencia del carácter.
4. Desarrollar métodos rápidos y eficientes para tamizar poblaciones segregantes.
5. Incorporar el carácter en genotipos superiores agronómicamente

La humedad atmósferica relativa es importante en la determinación de la condición hídrica dentro de las plantas. Bajo sequía, las plantas cierran los estomas para contrarrestar la pérdida de agua por evapotranspiración, lo que trae como consecuencia un incremento en la temperatura de la planta (Ehleringer, 1980). Se ha sugerido que la temperatura de la hoja descubierta es un parámetro indicador del grado en que ciertas funciones fisiológicas y metabólicas de la planta son alteradas por la sequía. Diversos investigadores han mencionada la disponibilidad de variación genética en la temperatura de la hoja de frijol bajo sequía y sugieren que los genotipos con mayor tolerancia a la sequía son aquellos con temperaturas más bajas (Laing et al., 1984; Bascur et al., 1985; Goytia, 1996). Sin embargo, de estos estudios solamente Laing et al. (1984) lograron mostrar una relación directa entre la temperatura de la hoja y el rendimiento.

Digitized by Google

El mayor obstáculo para una estrategia fisiológica es la obtención de evidencia convincente que relacione altos niveles de expresión de un carácter y la respuesta superior en rendimiento bajo condiciones de sequía temporal. Además, existe poca información sobre la interacción de características fisiológicas en la determinación de un nivel de resistencia en particular (Jones, 1980). Existen muchas formas por las que un genotipo puede producir bajo condiciones de sequía y la importancia de un carácter individual depende de la expresión de otros caracteres (Ceccarelli et al., 1991). Un método común para evaluar la contribución de un carácter en particular es mediante el desarrollo de líneas isogénicas, casi isogénicas, o de familias endogámicas recombinantes, de las que deben de extraerse genotipos contrastantes en base al carácter bajo estudio y en ellos determinar el valor del mismo.

Debido a que el rendimiento es la característica económica de mayor importancia, el método más práctico para mejorarlo es a través de caracteres relacionados (Acosta-Gallegos and Adams, 1991). Diversos autores han definido la resistencia a la sequía en base a la reducción del rendimiento entre dos regímenes de humedad edáfica contrastante o esquema riego-sequía (Muñoz, 1980, 1988). Entre los diversos Indices que se han utilizado en un intento de identificar genotipos de respuesta consistente bajo sequía se pueden mencionar: el índice de susceptibilidad a la sequía (Fisher and Maurer, 1978), el índice de cosecha, la media geométrica del rendimiento (Samper, 1984; Schneider et al., 1996), el índice de eficiencia relativa (Graham, 1984) y el cálculo de efectos genéricos y específicos (Muñoz, 1990).

Heredabilidad del Rendimiento Bajo Sequía

En las regiones semiáridas, el mejoramiento genético del frijol se ha realizado mediante dos estrategias: a) la eliminación de defectos y , b) la selección en base al rendimiento. La primera estrategia es relativamente sencilla; mientras que el avance genético en la selección por rendimiento (un carácter bajo el control de múltiples factores), es reducido, aún bajo condiciones ambientales óptimas.

La heredabilidad del rendimiento ha mostrado distintos valores bajo ambas condiciones, riego y sequía (Tabla 5). La amplitud observada en los valores de heredabilidad hace difícil la comparación entre esos estudios. Esa variabilidad puede deberse a las diferencias en la estructura genética del material utilizado, al método de cálculo, al número de ambientes y al diseño experimental utilizado (Schneider et al., 1996). Además, la aptitud combinatoria de los progenitores también afecta los resultados que se obtienen con diferentes cruzas, como encontraron Schneider et al. (1996) y Singh (1995). La selección en base al rendimiento bajo sequía podría ser más efectiva en esas combinaciones específicas que muestran altos valores de heredabilidad. Schneider et al. (1996) sugieren que la utilización de marcadores moleculares podría ser efectiva en el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol, ya que los marcadores moleculares no son afectados por el medio ambiente (Tanksley et al., 1989).

Se han propuesto diversas estrategias para realizar mejoramiento y selección para resistencia a sequía en frijol en base al rendimiento (Samper and Adams, 1985; Acosta-Gallegos, 1988; Singh, 1995; Schneider et al., 1996). Por lo general, las evaluaciones de genotipos se llevan a cabo bajo dos regímenes de humedad, en ese caso, la media geométrica del rendimiento ha mostrado ser el mejor índice de la respuesta bajo ambas condiciones (Schneider et al., 1996), y permite la discriminación confiable entre genotipos.

Digitized by Google

Tabla 5. Heredabilidad (h^2)del rendimiento de grano bajo diferentes condiciones de humedad.

Tipo de material	Localidad	Condición hídrica	h^2	Fuente
RIL's	Michigan, USA.	Riego y sequía	0.16	Ramírez, 1992.
Dialélico	Aguascalientes, Méx.	Temporal	0.09	White et al.,1993.
Dialélico	Durango, Méx.	Temporal	0.75	"
Dialélico	Quilichao,Col.	Temporal	0.28	"
Dialélico	Palmira Col.	Riego	0.57	"
Dialélico	"	Temporal	0.50	"
Población TR7790	"	Riego	0.80	Singh, 1995.
Población TR7790	"	Sequía	0.66	"
Población TR7791	"	Riego	0.38	"
Población TR7791	"	Sequía	0.26	"
Población S/A	Varias, Méx. y USA	Riego	0.59	Schneider,1996.
Población S/A	"	Sequía	0.55	"
Población S/L	"	Riego	0.19	"
Población S/L	"	Sequía	0.20	"

RIL's = Lineas endogámicas recombinantes.

Los resultados obtenidos por Schneider et al. (1996) y Singh (1995) corroboran la sugerencia hecha por Kornegay y White (común. personal, 1994) en el sentido de realizar numerosos cruzamientos, evaluarlos en masa en generaciones tempranas utilizando repeticiones, y eliminar combinaciones pobres. Después se enfoca el trabajo solo en las mejores poblaciones.

Digitized by Google

En el programa de mejoramiento de la región semiárida de México (Cuadro 6), en la generación F_2, se lleva a cabo selección individual en base a características alta heredabilidad como resistencia a enfermedades y características físicas del grano. Las evaluaciones bajo condiciones limitantes de humedad se pospone hasta la generación F_4. En esa generación se siembra en dos fechas sin repeticiones, pero se colocan tres testigos elite cada 10 o 20 familias segregantes (Ibarra, 1995). Cualquiera de esas metodologías de mejoramiento pueden ser adaptados a las facilidades y características de una región en particular.

Tabla 6. Esquema de mejoramiento genético de frijol para la región semiárida de México (Ibarra, 1995).

Año	Actividad	Epoca	Características
1	Cruzamiento	Verano	Campo e invernadero
	Avance generacional	Invierno	Campo
2	Selección en F_2	Verano	Resistencia enfermedades y tipo de grano
	Avance generacional	Invierno	Campo
3	Sel. entre y dentro de familias F_4	Verano	Secano con dos fechas y testigos elites
	Avance generacional	Invierno	Campo
4	Evaluación preliminar de rendimiento	Verano	Secano con dos fechas y testigos elites
	Avance generacional	Invierno	Campo
5	Eval. de rendimiento	Verano	2 localidades
	Incremento de semilla	Invierno	Campo
6	Ensayo uniforme de adaptación y rendimiento	Verano	8 localidades en la región

PERSPECTIVAS

Las características fisiológicas, presumiblemente asociadas con la adaptación a la sequía, no deben ser vistas como una sustitución a las estrategias empíricas basadas en el rendimiento, sino como un complemento. La caracterización de genotipos que poseen características especiales de

Digitized by Google

adaptación a sequía (ajuste osmótico, menor temperatura de dosel, y capacidad de remobilización), y la introducción de esas características en variedades agronómicamente superiores podría traer consigo un impacto en la adaptación a déficits temporales de humedad y en consecuencia en la producción en las regiones con problemas de sequía.

De la información revisada, es claro que la interacción genético ambiental obstaculiza avances en el mejoramiento. Esta modifica la respuesta de los genotipos, con más severidad a través de localidades que entre años. El fuerte efecto de localidad observado en las pruebas en muchas localidades se debe en parte a que en el se anida el efecto de otros factores negativos para el cultivo, como son los efectos de las enfermedades y plagas, e inclusive lo errático de la distribución de la precipitación. Por las razones anteriores se obtienen diferentes niveles de rendimiento en localidades con la misma cantidad de precipitación. Quizás esta complejidad podría reducirse con una mejor definición del ambiente en términos de clima, suelo, organismos dañinos y las características de los sistemas de producción encontrados en la región. También la agrupación de los genotipos por hábito de crecimiento y fenología similares, ayudará a disminuir la magnitud de la interacción genético-ambiental (Acosta-Gallegos y Ochoa-Márquez, 1992).

Lo anterior podría no solo guiar el mejoramiento genético, sino también el desarrollo de las prácticas agronómicas más adecuadas a los diferentes niveles de sequía encontrados en una región.

CONCLUSIONES

1. Entre los grupos de mecanismos fisiológicos, solamente el escape ha sido utilizado para el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol. Las características fenológicas asociadas al escape son de moderada a alta heredabilidad y fáciles de evaluar.

2. Existe variabilidad genética en características fisiológicas asociadas con la adaptación a la sequía, pero falta un mejor conocimiento de su relación con el rendimiento y modo de herencia.

3. En ausencia de información más completa, la selección en base al rendimiento y el acoplamiento de la fenología con la disponibilidad de humedad durante el ciclo del cultivo, es lo más apropiado para el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol.

4. Es urgente caracterizar los patrones de sequía en América Latina para disminuir los efectos negativos de la interacción genético-ambiental y para determinar con precisión las características que deben poseer las variedades para cada situación.

REFERENCIAS

Acosta-Gallegos, J.A. 1988. Selection of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes with enhanced drought tolerance and biological nitrogen fixation. Ph. D. Thesis, Michigan State University, East Lansing, MI. 196 pp.

Acosta-Gallegos, J.A., and M.W. Adams. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. Camb. 117:213-219.

Digitized by Google

Acosta-Gallegos, J.A., and J. Kohashi-Shibata. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crop Res. 20:81-93.

Acosta-Gallegos, J.A., y R. Ochoa- Márquez. 1992. Amplia adaptación vs. adaptación específica en frijol de temporal. p. 297-323. *In* Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). Guadalajara, Jalisco. México.

Acosta-Gallegos, J.A., R. Ochoa-Marquez R., M.P. Arrieta-Montiel, F. Ibarra-Pérez, A. Pajarito-Ravelero, and I. Sánchez-Valdez. 1995. Registration of 'Pinto Villa' Common bean. Crop Sci. 35:1211.

Acosta-Gallegos, J.A., R.Ochoa-Márquez R., e I. Sánchez-Valdez. 1988. Efecto del genotipo y del ambiente sobre algunas características del frijol *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de temporal. Agric. Téc. Méx. 11:105-119

Acosta-Gallegos, J.A., Rosales-Serna, R.A. Salinas-PJrez, M.P. Arrieta-Montiel, y D.M. Aguilera-Charles. 1990. p. 9-14. *In* Mejoramiento por tolerancia a la sequía y fijación biológica de nitrógeno en frijol. Publicación Especial No. 4, INIFAP-MSU-B/C CRSP-CIFAP-Dgo.

Acosta-Gallegos, J.A., e I. Sánchez-Valdez. 1985. Adaptación y estabilidad de diferentes materiales de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en la región temporalera del Norte centro de México. Agric. Téc. Méx. 11: 105-119.

Acosta-Gallegos, J.A., and J.W. White. 1991. Effect of photoperiod response on adaptation to the altiplano of Mexico. Ann. Rept. Bean Improv. Coop.34:78-79.

Acosta-Gallegos, J.A., and J.W. White. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. Crop Sci. 35:199-204.

Bascur, G.M., A. Oliva, and D. Laing. 1985. Termometría infraroja en la selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a sequía. I. Fases fisiológicas. Turrialba 35: 33-47.

Beaver, J.S, and J.C. Rosas. 1992. Selection of beans whith greater reproductive periods. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 35:13-14.

Begg, J.E., and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28:161-217.

Bidinger, F.R., R.B. Musgrave, and R.A. Fischer. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilates to grain yield in wheat and barley. Nature 270:431-433.

Boyer, J.S. 1985. Water transport. Ann. Rev. Plant Physiol. 36: 473-516.

Boyer, J.S., and H.G. McPherson. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. Adv. Agron. 27: 1-23.

Ceccarelli, S., E. Acevedo, and S. Grando. 1991. Breeding for yield stability in unpredictable environments: Single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes. Euphytica. 56:169-185.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Bean program research strategies for increasing production. Cali, Colombia. 87 pp.

Ehleringer, J.R. 1980. Leaf morphology and reflectance in relation to water and temperature stress. p. 295-308. *In* N.C. Turner, and P.J. Kramer (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley, New York, USA.

Epiphanio, C.N.J., L.J.C.B. Carvalho, I. Vitorello, e M. V. Filho. 1989. Sensoramento remoto termal na discriminaçao de cultivares de soja submetidas a estresse hidrico. Pesq. Agrop. Bras., Brasília. 24(2):253-258.

Digitized by Google

Fischer, R.A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.

Goytia Jiménez, M.A. 1996. Temperatura foliar como indicador de tolerancia a la sequía en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M.C. Colegio de postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

Graham, R.D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv.Plant Nutr. 1:57-102.

Hall, A.E., and P. N. Patel. 1985. Breeding for resistance to drought and heat. p. 137-151. *In* S.R. Singh, and K.O. Rachie (eds.). Cowpea research, production and utilization. John Wiley & Sons, England.

Hoogenboom, G.J., J.W. Jones, and J.W. White. 1988. Use of models in studies of drought. p. 192-230. *In* G. Hoogenboom, F. Ibarra, S.P. Singh, J.W. White, and S. Zuluaga (eds.). Research on Drought Tolerance in Common Beans. Working Document No.41. Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

G. Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol., 24: 519-570.

G. Hsiao, T.C., and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric. Meteorol. 14: 59-84.

Ibarra-Pérez, F.J. 1995. Desarrollo de cultivares de frijol con adaptación a deficiencia agroclimáticas y resistentes a enfermedades de la raz y del follaje. Campo Eperimental 'Valle de Guadiana'. CIRNOC-INIFAP-SAGAR 11 pp..

Ibarra-Pérez, F.J., A. Castillo-Rosales, R. Ochoa-Márquez, S. Nuñez-Gonzáles, P. Fernández-Hernández, B. Cazarez, R. Zandate y J.A. Acosta-Gallegos. 1996. Evaluación de variedades de frijol en diecisJis ambientes de la región semiárida de México. Informe Anual de Investigación. Proyecto Colaborativo. INIFAP-MSU. (En prensa).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). 1995. Plan de investigación y desarrollo del cultivo de frijol para la región Centro de México. Período 1995-2010. 3 pp.

Jones, H.G. 1980. Interaction and integration of adaptative responses to water stress: The implications of an unpredictable environment. p. 353-365. *In* N.C. Turner, and P. J. Kramer (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress. John Wiley, New York, USA.

Kang, M.S. 1991. Understanding and utilization of genotype-by-environment interaction in plant breeding. Lousiana State University, Baton Rouge. pp. 52-68.

Kornegay, J., J.W. White, J.R. Dominguez, G. Tejada, and C. Cajiao. 1993. Inheritance of photoperiod response in Andean and Mesoamerican common bean. Crop Sci. 33:977-984.

Laing, D.R., P.G. Jones, and J.H.C. Davis. 1984. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 305-351. *In* The Physiology of Tropical Field Crops. Wiley & Sons, New York.

Lawn. R.J. 1988. Breeding for improved plant performance in drought-prone environments. p. 213-219. *In* F.R. Bidinger, and C. Johansen (eds.). Drought research priorities for the dryland tropics. ICRISAT. Patancheru, Andhra Pradesh, India.

Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. New York. Academic Press.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. 2nd. ed. Vol. 2. Academic Press. New York.

Ludlow, M.M., and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Adv. Agron. 43:107-153.

Digitized by Google

Morais-Guimaraes, C. 1988. Breeding and cultural practices for drought control in cowpea. p.117-130. *In* E.E. Watt, and J.P.P. de Araujo (Tansl.). Cowpea Research in Brazil. International Institute of Tropical Agruculture, Nigeria. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. IITA/EMBRAPA-CNPAF. Brazil.

Muñoz, O.A. 1980. Resistencia a sequía y mejoramiento genético. Revista Ciencia y Desarrollo. CONACYT. México. No. 33:26-35.

Muñoz, O.A. 1988. Resistencia a sequía en plantas. Memoria de la V semana de zonas Aridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas. Univ. Aut. Chapingo. Bermejillo, Dgo. México.

Muñoz, O.A. 1990. Modelo matemático 1 para evaluar la resistencia a sequía, casos uno a seis. Evol. Biol. 4: 93-106.

Nuñez-Barrios, A., y D.M. Aguilera-Charles. 1992. Crecimiento compensatorio de raíces de frijol. Phaseolus. Publicación Especial No. 9.INIFAP-MSU (B/C-CRSP). pp.79-85.

Ochoa-Márquez, R., J.A. Acosta-Gallegos, H. Pérez-Trujillo, D.M. Aguilera-Charles, S. Nuñez-Gonzáles, y P. Fernández-Hernández. 1990. Estabilidad de rendimiento de variedades de frijol en la región semiárida de México. Publicación Especial No. 4, INIFAP-MSU-B/C CRSP-CIFAP-Dgo. pp.15-31.

Pajarito-Ravelero, A., F.J. Ibarra-Perez, F., y R. Ochoa-Márquez. 1988. Estudio de genotipos de frijol en dos condiciones de humedad en la zona semiárida de México. XXXIV Reunión del PCCMCA. San José, Costa Rica.

Ramírez Vallejo, P., y J.A. Acosta-Gallegos. 1994. Factores abióticos que afectan la productividad del frijol comdn (Phaseolus vulgaris L.) con énfasis en la sequía. p. 52-68. *In* J. Pérez M.,R. Ferrera, S., y R. Garcia E. (eds.). Diversidad Genética y PatologRa de Frijol. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México

Ritchie, J.T. 1980. Plant stress research and crop production: The challenge ahead. p. 21-30. *In* N.C. Turner, and P.J. Kramer (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley, New York.

Samper,C. 1984. Effect of water stress imposed at mid-pod filling upon yield and dry mater partitioning in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). M.S. Thesis. Michigan State University. East Lansing, MI. USA.

Samper,C., and M.W. Adams. 1985. Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 28:53-54.

Schneider, K.A., R. Rosales-Serna R, F. Ibarra-Perez, B. Cazares-Enriquez, J.A. Acosta-Gallegos, P. Ramírez-Vallejo, N. Wassimi, and J. D. Kelly. 1996. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. (In press).

Singh, S.P. 1985. Conceptos básicos para el mejoramiento de frijol por hibridación. p. 109-126. *En* M. López, F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.), Frijol: Investigación y Producción. CIAT.

Singh, S.P. 1995. Selection for water tolerance in interracial populations of common bean. Crop Sci. 35:118-124.

Singh, S.P., and J. White. 1988. Breeding common beans for adaptation to drought conditions. *In* G. Hoogenboom, F. Ibarra, S.P. Singh, J.W. White, and S. Zuluaga (eds.). Research on Drought Tolerance in Common Beans. Working document No. 41. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

Digitized by Google

Subbarao G.V., C. Johansen, A.E. Slinkard, R.C. Nageswara-Rao, N.P. Saxena, and Y. S. Chauhan. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. Critical Rev. Plant Sci. 14(6):469-523.

Tanksley, S.D., N.D. Young, H.A. Peterson, and M.W. Bonierbale. 1989. RLFP mapping in plant breeding: New tools for an old science. Bio/Technol. 7:257-264

Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. p. 343-372. *In* H. Mussell, and R.C. Staples (eds.). Stress Physiology in Crop Plants. John Wiley and Sons. New York, USA.

Turner, N.C. 1986. Crop water deficits: a decade of progress. Adv. Agron. 39:1-51.

Vieira, H.J., P.L. Libardi, H. Bergamaschi, e L.R. Angelocci. 1989. Comportamento de duas variedades de feijoeiro sob dois regimes de disponibilidade hidrica no solo. I. Extraçao de agua do solo e evapotranspiraçao. Pesq. Agropec. Bras. Brasilia. 24(2):165-176.

White, J.W. 1988. Preliminary results of the bean international drought yield trial (BIDYT). p. 126-145. *In* G. Hoogenboom, F. Ibarra, S.P. Singh, J.W. White, and S. Zuluaga (eds.). Research on Drought Tolerance in Common Bean. CIAT. Cali, Colombia.

White, J.W., and J. C. Castillo. 1989. Relative effect of root and shoot genotypes on yield of common bean under drought stress. Crop Sci. 29(2):360-362.

White, J.W., and J. C. Castillo. 1992. Evaluation of diverse shoot genotypes on selected root genotypes of common bean under soil water deficits. Crop Sci. 32:762-765.

White, J.W., and G. Hoogenboom. 1996. Simulating effects of genes for physiological traits in a process-oriented crop model. Agron. J. 88:416-422.

White, J.W., and D. R. Laing. 1989. Photoperiod response of flowering in diverse genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Field Crop Res. 22:113-128.

White, J.W., and S.P. Singh. 1991. Breeding for adaptation to drought. p. 501-560. *In* A. Van Schoonhoven, and O. Voysest. (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement. CAB-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

White, J.W., and S.P. Singh. 1991. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean. Euphytica 55:15-19.

Digitized by Google

...68
...1998

Análisis Dialélico para el Rendimiento de Frijol Andino Bajo Condiciones de Sequía y Riego

J. Kornegay, J.W. White, G.A. Llano y H.F. Ramírez
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Con el fin de conocer la habilidad de seis líneas de frijol común andino, para transmitir la tolerancia a sequía, se evaluó el rendimiento de las generaciones F_3 y F_4 de 15 cruzas dialélicas sin recíprocas, bajo condiciones de estrés hídrico y bajo riego en Palmira. Los resultados sugieren que los efectos de la habilidad combinatoria general (HCG), predominan sobre los efectos específicos (HCE) bajo condiciones de estrés, mientras que con riego, ambos efectos fueron significativos. Esto indica que para tolerancia a sequía los efectos de genes aditivos son más importantes que los efectos de genes no aditivos. La línea AND 758 tuvo un efecto positivo de HCG para alto rendimiento, tanto en condiciones de estrés hídrico como en condiciones de riego, lo que indica que es un buen padre para transmitir su potencial de rendimiento. Las líneas CAL 71 y AND 896, tuvieron efectos significativos para alto rendimiento bajo condiciones de estrés únicamente, lo que amerita su uso como padres para mejorar la tolerancia al estrés hídrico. Inclusive CAL 71 tuvo efectos negativos para potencial de rendimiento sin estrés. AND 978 mostró ser un padre deficiente bajo ambas condiciones.

Entre los factores ambientales que limitan la producción de frijol en muchas zonas del mundo, la sequía es uno de los más frecuentes e impredecibles, afectando el 60% de las regiones productoras en países en desarrollo (Singh and White, 1988). Existe gran variabilidad genética en frijol, para la adaptación al déficit hídrico (White and Castillo, 1988).

Uno de los métodos utilizados para seleccionar líneas con potencial genético es el análisis de la habilidad combinatoria o análisis dialélico.

El objetivo del presente estudio fue conocer la habilidad de seis líneas de frijol andino, para transmitir la tolerancia a sequía a su progenie.

MATERIALES Y METODOS

Las líneas de frijol andino AND 758, CAL 71, AND 896, AFR 476, PAD 120 Y AND 978, se cruzaron en forma de un dialelo parcial, excluyendo los cruces recíprocos.

Entre el primer semestre de 1994 y el primero de 1995, se sembraron los padres y los quince híbridos de las generaciones F_3 a F_4, en parcelas de 7.4 m^2, con una distancia entre surcos de 60 cm y una densidad de 16.6 plantas/m^2, utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, bajo condiciones de estrés hídrico. Bajo condiciones de riego se sembró otro ensayo con las mismas especificaciones.

En el tratamiento bajo sequía sólo se hizo el riego de presiembra, mientras que en el tratamiento sin estrés, fue necesario hacer de tres a cinco riegos por gravedad, dependiendo de la precipitación que ocurrió en cada ciclo y aplicando aproximadamente 70 mm de agua en cada uno.

El área de cosecha fue de 4.8 m^2. El rendimiento se expresó en kg/ha, ajustando el contenido de humedad a 14%. Se hizo análisis de varianza para analizar los datos de rendimiento. El análisis de la habilidad combinatoria general y específica se hizo de acuerdo al Método 2 propuesto por Griffing (1956).

Digitized by Google

RESULTADOS Y DISCUSION

Entre los padres bajo estrés hídrico, se observó que CAL 71 y AND 896 fueron las líneas menos afectadas por la sequía, aunque mostraron una reducción promedio de dos semestres, del orden de 57.5% y 73.6% respectivamente, mientras que para las líneas restantes, osciló entre 84.7% para AND 758 y 95.9% para AFR 476 (Tabla 1).

Las líneas CAL 71 y AND 896 como padres en cruzas, mostraron efectos positivos y significativos de HCG para rendimiento bajo condiciones de estrés (Tabla 2), por lo que se espera que transmitan efectos aditivos favorables para mejorar la tolerancia a sequía de su progenie. Sin embargo, CAL 71 no fue un buen padre para rendimiento sin estrés.

Solamente la línea AND 758 tuvo un efecto de HCG alto para rendimiento tanto en condiciones de sequía como en condiciones de riego, por lo que se espera que contribuya a mejorar el potencial de rendimiento de su progenie (Tabla 2). AND 978 y PAD 120 no mostraron efectos significativos bajo ninguno de los dos ambientes, lo que permite calificarlos como padres deficientes para mejorar el potencial de rendimiento con o sin estrés hídrico. La línea AFR 476 mostró un efecto significativo en su habilidad combinatoria bajo riego, únicamente en la generación F_4 (Tabla 2).

El análisis dialélico mostró que los efectos de la habilidad combinatoria general (HCG) son significativos bajo condiciones de estrés, mientras que los efectos de HCE no fueron significativos. Bajo condiciones de riego ambos efectos fueron significativos (Tabla 3). Lo anterior sugiere que existe una acción de genes aditivos en el control de la tolerancia al déficit hídrico, mientras que genes aditivos y no aditivos intervienen en el rendimiento bajo riego. Este resultado también sugiere que el mejoramiento de la tolerancia al estrés hídrico se puede lograr a través de selección, permitiendo concentrar genes favorables en un genotipo (Ayele, 1994).

Además, el comportamiento de los híbridos se puede predecir de acuerdo al comportamiento de los padres (Nienhuis and Singh, 1986).

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que:

1. Existe una acción de genes aditivos en el control de la tolerancia al déficit hídrico.
2. El mejoramiento de la tolerancia al estrés hídrico, se puede lograr a través de selección.
3. Genes aditivos y no aditivos intervienen en el control del rendimiento bajo riego.
4. Las líneas CAL 71 y AND 896 mostraron un gran potencial para transmitir la tolerancia a sequía a su progenie.

Digitized by Google

Tabla 1. Rendimiento (kg/ha) de los padres bajo condiciones de sequía y riego. Palmira 1994-1995.

	1994 B		1995 A		Promedio		% Reducción del
Padres	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Rendimiento
AND 758	318	2110	131	831	224.5	1471	84.7
CAL 71	647	1687	206	318	426.5	1003	57.5
AND 896	533	1957	126	539	329.5	1248	73.6
AFR 476	138	2435	18	1430	78	1933	95.9
PAD 120	178	1835	41	508	109.5	1172	90.7
AND 978	99	1833	0	365	49.5	1099	95.5
Promedio	319	1976	87	665	2030	1321	83.0

Tabla 2. Estimativos de los efectos de habilidad combinatoria general para poblaciones F_3 y F_4 bajo condiciones de sequía y riego. Palmira 1994 - 1995.

	F_3		F_4	
Padres	Sequía	Riego	Sequía	Riego
AND 758	37.6	162.7**	24.8*	86.3**
CAL 71	133.5**	-56.9	57.5**	-94.4**
AND 896	88.5**	16.1	19.4	-38.7
AFR 476	-117.6**	-23.5	-56.1**	158.9**
PAD 120	-46.8	24.5	-9.6	29.8
AND 978	-95.3**	-122.9**	-36.0**	-142.0**
Promedio Rendimiento(kg/ha)	261	1763	78	524

Digitized by Google

Tabla 3. Análisis de varianza del rendimiento (kg/ha) en poblaciones F_3 y F_4 bajo condiciones de sequía (A) y de riego (B). Palmira 1994-1995.

A. Fuentes de variación para sequía	G.L..	F_3 C.M.	F_3 F	F_4 C.M.	F_4 F
Total	83				
Genotipos	20	118932	4.41**	19274.7	3.66**
HCG	5	333747	12.37**	56584.4	10.76**
HCE	15	47504	1.76	6838.1	1.3
Error	60	26981		5259.9	
Promedio rendimiento		261		78	

B. Fuentes de variación para riego	G.L.	F_3 C.M.	F_3 F	F_4 C.M.	F_4 F
Total	83				
Genotipos	20	313624.8	3.96**	289963.7	8.92**
HCG	5	295958.2	3.74**	410707.2	12.64**
HCE	15	333826.5	4.22**	249715.8	7.68**
Error	60	79178		32502	
Promedio Rendimiento		1763		524	

REFERENCIAS

Ayele, M. 1994. Diallel analyses for yield and yield components in haricot bean, *Phaseolus vulgaris*. Bean Improv. Coop. Annu. Rept. 37:159-160.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.

Nienhuis, J., and S.P. Singh. 1986. Combining ability analyses and relationship among yield, yield components and architectural traits in dry bean. Crop Sci. 26:21-27.

Singh, S.P., and J.W. White. 1988. Breeding common beans for adaptation to drought

Digitized by Google

conditions. p. 261-277. *In* Proceedings of the International Bean Drought Workshop. Working Document No 41. CIAT, Cali, Colombia.

White, J. W. and Castillo, J. A. 1988. Studies at CIAT on mechanisms of drought tolerance in beans.p. 146-164. *In* Proceedings of the International Bean Drought Workshop. Working Document No 41. CIAT, Cali, Colombia.

Digitized by Google

Mejoramiento del Frijol Común para Tolerancia a Altas Temperaturas

B. Fauré, R. Benitez y R. M. Carballo
Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta anual, herbáces, con 22% de proteína en sus semillas, que consumidas secas o inmaduras son parte importante en la dieta diaria de muchos pueblos del mundo. El frijol se siembra actualmente en Centroamérica y el Caribe en áreas marginales o en épocas donde la competencia con otros cultivos de mayor rentabilidad limitan su producción. Por otra parte las variedades que se utilizan no toleran las condiciones de altas temperaturas, además de ser susceptibles a enfermedades como el virus del mosaico dorado del frijol (VMDF) y la bacteriosis común, entre otras, que son favorecidas por temperaturas cálidas. n se adelantas en la identificación de germoplasma de frijol con tolerancia al calor, con los objetivos de evaluarlas como variedad para la producción, lo que permitirá rotas con otros cultivos o utilizarlas en sistemas de cultivos múltiples que contribuyan a la sostenibilidad de los rendimientos del sistema. También pueden utilizarse como progenitores para el mejoramiento genético del frijol a los factores bióticos y abióticos que disminuyen la producción del grano en la región. Entre los resultados para la tolerancia al calor se encuentran los genotipos '9438-129', '9421-14' que fueron seleccionados en Honduras y 'MDS 30-75' identificados en Honduras y Cuba con tolerancia al VMDF y el material 'MD 30-37", muy bien adaptado en las condiciones de Cuba. Además el programa nacional de frijol de Cuba tiene avances con materiales segregantes. La principal dificultad es que la época de altas temperaturas es propicia para el desarrollo de enfermedades como el VMDF y la bacteriosis común. El mejoramiento del frijol para tolerancia a altas temperaturas tiene posibilidades de ampliar el rango de la fecha de siembra y de recuperar e incorporar nuevas áreas para el cultivo. Existe respuesta de las variedades al calor y se puede mejorar combinando además otros factores como son las enfermedades, limitantes de la producción de frijol en la región.

El frijol común *(Phaseolus vulgaris* L) tiene 22% de proteína, siendo América Latina la principal región productora de este grano con un 48% de la producción mundial, y aunque el rendimiento promedio que se obtiene es de 600 kg\ha, se debe entre otras causas a que generalmente el frijol se cultiva en áreas marginales, en época donde compite con otros cultivos y las variedades actuales son frágiles a los efectos del ambiente. Por eso la alternativa de producir frijol en áreas y épocas no propicias para el desarrollo normal del cultivo donde predominan altas temperaturas han despertado el interés y la necesidad de los investigadores de la región que desde la década del 80 trabajan en la evaluación e identificación de genotipos de frijol resistentes a altas temperaturas que puedan ser utilizados como progenitores en los programas de mejoramiento genético del frijol o como variedades en las áreas de producción con temperaturas cálidas.

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los informes de los países vinculados al subproyecto de mejoramiento de frijol para altas temperaturas y sequía del Programa Cooperativo Regional para Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL).

- Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (Estación Experimental de Granos "El Tomeguín"). Ministerio de la Agricultura. Cuba.

Digitized by Google

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Programa de Frijol, Guatemala.
- Escuela Agrícola Panamericana (EAP). El Zamorano, Honduras.
- Departamento de Agronomía y Suelos. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico 00681.
- Departamento de Granos Básicos, CENTA. El Salvador.

La estrategia fundamental en el mejoramiento del frijol para altas temperaturas se baso en los siguientes puntos:

- Seleccionar las localidades para realizar los trabajos de evaluación y selección de los materiales de frijol resistente a altas temperaturas.
- Formar el Vivero Regional de Altas Temperaturas donde se evaluaron y seleccionaron los nuevos genotipos de frijol resistentes al calor.
- Identificación de fuentes de resistencia.
- Generar poblaciones segregantes.

REVISION DE LITERATURA

El clima es un factor fundamental que condiciona el desarrollo de los cultivos, dentro del mismo, sus componentes, precipitaciones y temperaturas son elementos importantes que determinan el desarrollo y rendimiento de los mismos. En general el frijol no tolera bien temperaturas cálidas, cualquier aumento en temperaturas mayores a 30°C puede reducir la fotosíntesis neta porque a estas temperaturas la respiración se incrementa mucho mas que la tasa fotosintética (Rosas, 1995).

Los factores de sequía y altas temperaturas pueden actuar individualmente pero la afección del cultivo se torna mayor cuando coexisten ambos factores desfavorables (Rosas, 1995).

Se ha reportado que 10°C es la temperatura mínima y 27°C la máxima para esta leguminosa y que las temperaturas medias fluctuan entre 15 y 20°C. El rango de temperaturas a que mejor se adaptan las variedades comerciales se encuentra entre 17 y 24°C, aunque pueden soportar hasta 27°C (Rodríguez, 1995).

Un bajo contenido de humedad en el suelo puede ocasionar daños en la planta de frijol, debido a la falta de agua para las raíces, la acumulación de iones tóxicos tales como Magnesio y Boro, el cierre de los estomas, la menor absorción de CO_2 y el marchitamiento temporal o permanente de la planta (CIAT, 1980).

Por otro lado la fijación de nitrógeno en el frijol se reduce drásticamente a altas temperaturas porque se afecta directamente la actividad del Rhizobium en los nódulos y se reducen los carbohidratos necesarios para su sobrevivencia (Hernández et. al., 1989).

Las perdidas de rendimiento debido a altas temperaturas son importantes, no únicamente en las regiones tropicales, sino también en regiones de clima templado durante la fase caliente del verano.

Binckley (1932) observó la afectación del frijol en colorado por condiciones de sequía y clima caliente.

Según Singh y White (1987) aproximadamente el 60% de la región productora de frijol sufre un serio estrés de sequía. La afectación por altas temperaturas es elevada aunque no se encuentra cuantificada para toda la región.

Digitized by Google

Entre los efectos adversos de temperaturas altas en el cultivo del frijol se encuentra la reducción de viabilidad del polen, aborto de flores y vainas, reducción del tamaño de las semillas y otros (Halterlein et. al., 1980; Dickson y Boetger, 1984; Dickson y Thode, 1985; Weaver et. al., 1985; Arndt y Gepts, 1989).

Li y Davis (1984), sugirieron que genotipos tolerantes al calor, tienen una adaptabilidad mas reñida que los mantiene sensitivos. Esta capacidad puede hacer que las plantas tolerantes, tengan una aclimatación fenológica y mejores rendimientos.

Los mecanismos de resistencia y/o tolerancia por escape, densidad estomática, profundidad y forma profusa de las raíces, precocidad y otros factores genéticos han sido objeto de estudio por numerosos investigadores en muchos lugares del mundo. Aunque se trata de mecanismos de tolerancia aun no bien conocidos se han observado fuentes de germoplasma con mejor crecimiento y desarrollo en condiciones de estrés, sugiriéndose posibilidades de producir variedades comerciales tolerantes a los mismos.

La disponibilidad de áreas en lugares con temperaturas máximas a 27°C permitirá la utilización de nuevos terrenos para incrementar el cultivo, particularmente en las zonas bajas de la región. (Rodríguez, 1995).

Después de evaluar un gran numero de líneas de frijol a nivel de campo Arndt y Gepts (1989) identificaron padres tolerantes y susceptibles al calor para las etapas de formación de botones y llenado de las vainas, usando las progenies F_2, dichos autores estimaron que la tolerancia al calor en las etapas de desarrollo mencionadas es controlada por una variedad de mecanismos genéticos incluyendo la acción de genes mayores, también como efectos aditivos, dominantes y epistáticos. Muchos sugieren que altas temperaturas en *la* noche son mas criticas que *las* temperaturas del día, esto ha sido confirmado por Dickson y Petzoldt (1991) usando condiciones controladas con temperaturas en *la* noche de 27°C. En base *a* resultados de 1989, los mismos autores inicialmente sugirieron efectos dominantes en la F_1 para la formación de vainas en condiciones de altas temperaturas; luego en 1990, usando la F_2 y retrocruzas recíprocas las estimaciones sobre la herencia de la tolerancia a altas temperaturas fueron mas complejas incluyendo dominancia parcial, epistasis y habilidad combinatoria específica.

Echevarria, encontró diferencias marcadas entre padres con buena habilidad combinatoria general (HCG) y otros con padres HCG a nivel de campo, sembrando en épocas cuando existen temperaturas máximas sobre 30°C y obteniendo buenas diferencias entre familias para el rendimiento y sus componentes. Así mismo recomienda usar selección recurrente con evaluaciones para tolerancia al calor en generaciones avanzadas, indicando que las selecciones para rendimiento y sus componentes, bajo condiciones cálidas, podrían hacerse en generaciones F_4 en adelante usando repeticiones. Los individuos seleccionados por HCG se recombinarían completando un ciclo de selección recurrente cada dos años.

White e Izquierdo mencionan que la selección debe basarse en aspectos prácticos y accesibles en mejoramiento como lo es el rendimiento, per se bajo condiciones de estrés.

Por otra parte, CIAT (1987) señala que como la bacteriosis común *Xanthomonas campestris p.v. phaseoli)* se presentan generalmente con temperaturas superiores a 27°C, motivando grandes perdidas en el cultivo e inhabilitando el grano con fines de semillas. Las plagas como la bemicia tabaci, transmisora del mosaico dorado se presentan con mayor incidencia cuando inciden estos factores ambientales.

En el trabajo de mejoramiento genético del frijol común para altas temperaturas se tienen

Digitized by Google

resultados en la identificación de localidades para las evaluaciones de los materiales en la selección de variedades de frijol criollo, poblaciones segregantes y genotipos del vivero regional con resistencia a altas temperaturas. En el trabajo futuro para tolerancia al calor hay que recombinar la fuente de resistencia para los factores bióticos y abióticos que limitan la producción de frijol en el región para alcanzar rendimientos sostenibles en los sistemas agrícolas donde el frijol juega un papel fundamental. (Faure, 1995).

RESULTADOS

Entre los resultados del frijol común para altas temperaturas tenemos los siguientes:

- Identificación de localidades con altas temperaturas (Tabla 1) para la evaluación y selección de germoplasma de frijol. Entre estas localidades tenemos: Choluteca, La Ceiba y Nacaome de Honduras; Santa Cruz, Porrillo y el Distrito de Riego Lempa-Achuapa de El Salvador, El Tomeguín, Velasco y Guantánamo de Cuba, entre otras localidades.(Rosas, 1995; Ventura, 1995).
- Formación del Vivero Regional para altas temperaturas organizado por el Dr. James S. Beaver del Departamento de Agronomía y Suelos de la Universidad de Puerto Rico, con la contribución de todos los países que aportaron sus materiales promisorios para esta finalidad (Tabla 2). Se destacaron varios materiales con fuente de tolerancia a altas temperaturas: 'MD 30-75', '9356-26', 'DOR 557', '9438-129' y 'MD 30-37'; el primero con resistencia al VMDF, principal limitante del frijol en la región, tiene buen tipo de grano y buena arquitectura de la planta. Estas variedades serán validadas en condiciones de producción de acuerdo con las preferencias de los productores.
- Las nuevas variedades de frijol para las localidades con altas temperaturas deben tener resistencia no solo al VMDF, si no también a bacteriosis común, sequía y precocidad, para que su rendimiento sea mas estable y sostenible dentro del sistema de producción agrícola de cada región. Estos factores bióticos y abióticos, fundamentalmente el VMDF interfieren en las evaluaciones de germoplasma de frijol para altas temperaturas, lo que dificulta el comportamiento real de los materiales evaluados con este objetivo, ya que las principales evaluaciones de los genotipos son el rendimiento y sus componentes, estos factores pueden causar una reducción total en la producción de las variedades (Faure, 1995). Además al inicio del proyecto se consideraron las evaluaciones de altas temperaturas y sequía juntos, lo que dificulta la calidad de la información, por lo que se decidió formar un vivero para altas temperaturas y otro para sequía (Faure, 1995).
- Evaluación y selección en germoplasma de variedades de frijol criollo con buen comportamiento al calor, seleccionado en la localidad de Choluteca, Honduras. Aquí se identificaron como fuentes de resistencia al calor 5 materiales que se caracterizan además por su adaptación al ambiente de la región y son de gran utilidad para el programa de mejoramiento, indicando que hay posibilidades para mejorar este carácter (Tabla 3).
- Obtención de variabilidad genética para el calor. En los programas de frijol de los países Honduras, Puerto Rico y Cuba se tienen poblaciones segregantes con resistencia al calor, que combinan además, factores bióticos y abióticos tales como: VMDF, Bacteriosis común y sequía entre otros, que hacen mas sostenible el rendimiento de las nuevas variedades de frijol

Digitized by Google

ante tales limitantes de producción del grano en la región (Tabla 4).

- Los investigadores de los programas de frijol de Honduras, Puerto Rico, Cuba y otros países, tienen experiencias y resultados preliminares en el mejoramiento del frijol para la resistencia al calor, en los que se tiene en cuenta las necesidades de la región. Estos resultados pueden tener una gran aplicación en las localidades con altas temperaturas para la producción de frijol, lo que permitiría recuperar e incorporar áreas, ampliar la fecha de siembra y participar en rotaciones en siembras de cultivos múltiples, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema agrícola.

Tabla 1. Localidades para identificar germoplasma de frijol para resistencia a altas temperaturas.

Localidades		Temperatura promedio °C	
		Máxima	Mínima
Honduras	Choluteca	38	28
	Nacaone	37	28
	La Ceibe	35	23
Cuba	El Tomeguín	33	23
	Velasco	35	23
	Guantánamo	35	25
El Salvador	Santa Cruz Porrillo	36	21
	Lempa Achuapa	35	23

Tabla 2. Identificación de variedades de frijol del vivero de altas temperaturas con resistencia al calor.

Identificación	Isabela, Puerto Rico	Choluteca, Honduras	El Tomeguín, Cuba
MD 30-75	2066	430†	1345
DOR 557	2016	-	-
9356-26	2344	1100	-
9438-129	2546	629†	1457
MD 30-37	2052	-	1583
9438-52	-	871†	1257
9356-74	-	1595	-

† = Localidad Nacaome.

Digitized by Google

Tabla 3. Identificación de germoplasma de frijol criollo en Choluteca para altas temperaturas.

Identificación	k/gha	Vainas por planta	Semillas por vaina	Floración
F-0155	1808	16	4	43
F-0451	1232	12	5	33
F-0360	1131	9	3	37
F-0452	1067	7	4	33
F-0417	1052	13	2	40
Dorado (T)	767	12	4	43

Dorado (T) = 'DOR 364' Testigo.

Tabla 4. Avance en la identificación de materiales de frijol del programa de mejoramiento para altas temperaturas, rendimiento en kg/ha.

Identificación	Choluteca, Honduras	Identificación	El Tomeguín, Cuba
9356-74	1595	VDMF 1 x VMDF 2	1469
9356-56	1558	Múltiple 20	1437
SRCO 21-4	1464	V 8025 x BAT 477	1363
9356-53	1401	Mustia 1 x Mustia 2	1317
SRCO 9-7	1047	Múltiple 19	1312
9356-110	1045	Múltiple 17	1297
9356-57	1038		
MAR 1	1350		
A 673	1019		

Mustia 1 = MUS 138 x BAT 450
Mustia 2 = MUS 132 x HT 1683-6
VMDF 1 = A 429 x Pinto UI 114
VMDF 2 = GN 31 x Red Mexican 36
Múltiple 20 = APN 83 x Comp. Chim. x (XR 16492 x V 8025)(A 429 x K2)
Múltiple 19 = XR 16492 x V 8025 x (Red Mexican 36 x ARA 14)(Negro 150 x BARC RR 7)
Múltiple 17 = Negro 150 x BARCC RR 7 x (Wilkinson 2 x BAT 477)(Red Mexican 36 x ARA 14)

Digitized by Google

CONCLUSIONES

- Existen localidades con condiciones de altas temperaturas extremas que pueden utilizarse para evaluar e identificar nuevas fuentes de resistencia.
- Existen variedades de frijol que en condiciones de altas temperaturas producen rendimientos superiores a 1 t/ha.
- El mejoramiento del frijol para altas temperaturas debe incluir el mejoramiento del resto de los factores bióticos y abióticos que limitan la producción del frijol en la Región, tales como el VMDF y la Bacteriosis común, de primera prioridad para lograr rendimientos sostenibles en las nuevas variedades de frijol para la producción en las localidades con altas temperaturas.

REFERENCIAS

Arndt, G.C., and P. Gepts. 1989. Inheritance study for heat tolerance in common bean *(Phaseolus vulgaris)*. Bean Improv. Coop. 32:41-43.

Beaver, J.S. 1995. Informe anual 1995. Mejoramiento de frijol para altas temperaturas en zonas bajas de Centroamérica, México y el Caribe. Departamento de Agronomía y Suelos, Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico.

Binckley, L. 1932. The amount of blossom and pod on six varieties of garden beans as Son Hart. Sci. 29:489-492.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. Problemas de Producción de Frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climaticas de *Phaseolus vulgans.* Howard F. Schwartz y Guillermo Gálvez (eds.). Cali, Colombia. 424 pp.

Dickson, M.H, and M.A. Boetger. 1984. Heat tolerance in snap beans. Bean Improv. Coop. 28: 105.

Dickson, M.H , and Thode. 1985. Breeding for heat tolerance in beans. Bean Improv. Coop. 28:105.

Dickson, M.H, and Petzoldt. 1991. Breeding for heat tolerance and pod set in snap beans. Bean Improv. Coop. 34:110-111.

Faure, B. 1995. Informe de autoevaluacion del resultado R_2 - 1993/94. Mejoramiento del frijol común para altas ternperaturas y sequia en zonas bajas para Centroamerica, Mexico y el Caribe. La Habana, Cuba. Agosto/1995.

Faure, B. 1996. Informe del trienio 1993/95. Sub-proyecto Mejoramiento del Frijol Comun para Altas Temperaturas y Sequia en zonas bajas para Centroamerica, Mexico y el Caribe. La Habana, Cuba. Febrero/1996.

Harterlein, A.J., C.D. Clayberg, and L.D. Teare. 1980. Influence of high temperature on pollen grain viability and pollen tube growth in the styles of *Phaseolus vulgaris L. J.* Am. Soc. Hort. Sci. 105(1):12-14.

Hernández, R.A., H.C. Wien, and A.R.J. Eaglesham. 1989. Carbohidrate partitioning and nodule function in common bean after heat stress. crop Sci. 29:1292-1297.

Li, P., and D. Dans. 1984. Some thoughts an heat tolerance in the common bean. Bean Improv. Coop. 27:121.

Rodríguez, R. 1995. Informe final de ejecución 1995. Mejoramiento del frijol común para altas temperaturas en zonas bajas de Guatemala. Programa de Frijol ICTA, Guatemala.

Digitized by Google

Rosas, J.C. 1995. Informe final del trienio 1993/95. Sub-proyecto Mejoramiento del Frijol Común para Altas Temperaturas y Sequia en zonas bajas de Centroamérica, México y el Caribe. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

Singh, S, and White J. 1987. Breeding common beans for adaptation to drought conditions. p. 261-277. *In* Memorias del Taller Internacional sobre Sequía en Frijol. CIAT, Colombia: 19-21 Octubre.

Ventura, R. 1994. Informe anual 1994. Evaluacion de líneas de frijol común *(Phaseolus vulgaris* L.) por su resistencia a altas temperaturas. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), El Salvador.

Ventura, R. 1995. Intorme anual 1995. Caracterización climática en zonas bajas, para evaluación de líneas de frijol común. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador.

Weaver, M.L., R. Timm, M.J. Silbemaged, and D.W. Burke. 1985. Pollen staining and high-temperature tolerance of bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(6):797-799.

Digitized by Google

30 ENE 1998

Cruzamientos Dentro y Entre Acervos Genéticos y Hábitos de Crecimiento para Incrementar la Tolerancia al Calor en Frijoles Andinos Volubles

C.H. Cajiao, J. Kornegay y H.F. Ramírez
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L) es originario de América, reconociéndose dos centros de domesticación: Mesoamérica con cultivares de semilla pequeña y la región andina de América del Sur con cultivares de semilla grande. El frijol se cultiva ampliamente en el mundo en una gran diversidad de zonas con altitudes que van desde el nivel del mar hasta más de 2.000 m. Considerando su tipo de crecimiento, en general los frijoles arbustivos se cultivan en zonas de climas cálidos o medios y los volubles en zonas frías. Estos últimos tienen un mayor potencial de rendimiento, tipos de semilla de mucha demanda y precios altos en los mercados, pero sus zonas de producción, en general, quedan alejadas de los principales centros de consumo. Por estas razones se planteó como objetivo de este trabajo el obtener líneas de frijol voluble de grano grande adaptadas a climas cálidos moderados con el fin de brindarle a los agricultores de zonas bajas estos tipos varietales de buenos precios y aceptación en los mercados. Para ello se escogieron como progenitores macho una variedad comercial ICA VIBORAL (tipo Cargamanto) y la línea experimental LAS 399 (tipo Bola Roja), ambos de semilla grande y adaptadas a climas fríos moderados. Se cruzaron estos 2 padres con 13 líneas madres adaptadas a zonas de altitud media y baja de origen Mesoamericano y Andino y de hábitos de crecimiento arbustivo y voluble. Los cruzamientos se agruparon por origen de la madre (Andino = A; Mesoamericano = M) y por hábito de crecimiento (Arbustivo = A; Voluble = V), generándose 4 grupos: MA = MAM 39, DOR 476; MV = G 2525, G 3410, G 2829, G 4090, G 5701, G 13625; AA = CAL 131, AD 930, SUG 92, DRK 49; AV = G 21715. Se utilizó el sistema de monocultivo con espaldera para evaluar y avanzar las generaciones y todos los segregantes con hábitos arbustivos fueron eliminados. También la semilla pequeña que segregó fue eliminada utilizando zarandas. En F_5 se hizo selección de plantas individuales en CIAT-Palmira usando como criterio de selección peso de 100 semillas > 35 gramos. Las progenies volubles F_6 se evaluaron en Palmira para rendimiento en kg/ha, g/planta y g/100 semillas. Con base en esta última variable se descartaron 5 cruzamientos y en los 9 restantes se seleccionaron las 5 líneas de mayor peso de semilla para un total de 45 líneas. Estas líneas y 8 padres como testigos (T) se sembraron en 1996A para un ensayo de rendimiento con diseño de bloques completos al azar con 2 replicaciones. Para todas las variables registradas, el análisis estadístico muestra que hay diferencias altamente significativas tanto para cruzamientos como para los efectos de orígenes y hábitos de crecimiento de los progenitores hembra. En el ensayo el mayor rendimiento fue para MAM 39 (Testigo 1), seguido por el cruzamiento de SUG 92 x ICA VIBORAL. Por origen, el rendimiento de los cruzamientos con madres mesoamericanas superó al de los andinos. Dentro de los mesoamericanos no hay diferencias de rendimiento entre cruzamientos con arbustivos o con volubles. Dentro de los andinos el grupo de mayor rendimiento fue el AA y superó al grupo VA. No hay diferencias de rendimiento entre los MA y los AA. Estos resultados sugieren hasta el momento, que es posible incrementar la tolerancia al calor de frijoles andinos volubles mediante hibridación con los grupos MA, MV y AA.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) es originario de América, reconociéndose dos centros principales de domesticación: Mesoamérica para cultivares de semilla pequeña y la región andina de América del Sur para cultivares de semilla grande (Singh, 1989). El frijol se cultiva ampliamente en el mundo en una gran diversidad de zonas con altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3000 m (Singh, 1989). Considerando su tipo de crecimiento, en general los frijoles arbustivos se cultivan en zonas de climas cálidos o medios y los volubles en zonas frías (Davis, 1981); estos últimos tienen un mayor potencial de rendimiento, tipos de semilla de mucha demanda y precios altos en los mercados.

Digitized by Google

El rendimiento en frijol es afectado entre muchos otros factores, por la ocurrencia de altas temperaturas durante la formación de yemas florales y el llenado de vainas, pero el mejoramiento de la tolerancia al calor es posible y su control genético obedece a diversos mecanismos tales como efectos aditivos, dominantes y epistáticos (Arndt and Gepts, 1989; Shonnard and Gepts, 1994). El objetivo de este trabajo es el de obtener líneas de frijol voluble de grano grande adaptadas a climas cálidos moderados para agricultores de zonas bajas.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar este trabajo se escogieron como progenitores masculinos la variedad comercial ICA VIBORAL (tipo cargamanto) y la línea experimental LAS 399 (tipo bola roja) ambos de semilla grande y adaptados a climas fríos moderados y se cruzaron con 13 líneas madres adaptadas a zonas de altitud media y baja de origen Mesoamericano y Andino y hábito de crecimiento arbustivo y voluble. Los cruzamientos se agruparon por origen y hábito de crecimiento de la madre generándose 4 grupos: MA = Mesoamericano Arbustivo, MV = Mesoamericano Voluble, AA = Andino Arbustivo y AV = Andino Voluble.

La evaluación y avance de generaciones a partir de F_2 se realizó en CIAT-Palmira (1000 msnm y temperatura promedio de 24°C). Se utilizó el sistema de monocultivo con espaldera y todos los segregantes con hábitos arbustivos fueron eliminados. La semilla segregante pequeña se eliminó en cada generación utilizando zarandas estándares. En F_5 se hizo selección de plantas individuales usando como criterio de selección peso de 100 semillas > 35 gramos. Las progenies volubles F_6 se evaluaron por rendimiento en kg/ha, g/planta y g/100 semillas. Con base en esta última variable se descartaron 5 cruzamientos y en los 9 restantes se seleccionaron las 5 líneas de mayor peso de semilla para un total de 45 líneas. Estas líneas y 8 padres como testigos se sembraron en 1996A para un ensayo de rendimiento con diseño de bloques completos al azar con 2 replicaciones. Se evaluaron las variables rendimiento en kg/ha, g/100 semillas y días a cosecha. La temperatura máxima promedio desde prefloración hasta cosecha fue de 29.2°C.

RESULTADOS

En el ensayo el mayor rendimiento fue para el testigo MAM 39 (MA-T), seguido por el cruzamiento de SUG 92 x ICA VIBORAL del grupo AA (Tabla 1). Por origen, el rendimiento de los cruzamientos mesoamericanos superó al de los andinos. Dentro de los mesoamericanos no hay diferencias significativas de rendimiento entre cruzamientos con arbustivos o con volubles. En los andinos el grupo de mayor rendimiento fue el AA y superó al grupo AV. No se detectaron diferencias de rendimiento entre los MA y los AA.

Para el peso de 100 semillas, por origen, los andinos superan a los mesoamericanos. Todos los grupos andinos, excepto los testigos volubles, tienen tamaño de semilla significativamente mayor que los grupos mesoamericanos. El grupo de mayor peso de semilla fue el AA. Las líneas de mayor rendimiento y mayor peso de semilla a la vez provienen del cruzamiento de SUG 92 x ICA VIBORAL del grupo AA.

Los días a cosecha fueron mayores para el origen mesoamericano. Para los diferentes grupos dentro de cada origen también hay diferencias significativas. El grupo más precoz fue el MV-T con 94 días a cosecha y el más tardío el grupo AV-T con 116 días. No hay diferencias entre los MA y

Digitized by Google

Tabla 1. Promedios de rendimiento (kg/ha), peso de 100 semillas (g) y días a cosecha de líneas $F_{5.7}$ evaluadas en CIAT-Palmira 1996A.

		Características de la madre		Rendimiento			Peso de 100 semillas			Días a cosecha		
Código	Identificación	Origen	Hábito	Cruza	Hábito	Origen	Cruza	Hábito	Origen	Cruza	Hábito	Origen
T 1	MAM 39	M	MA-T	2550	2550 A		37.9	37.9 F		96.5	96.5 C	
LH 45	MAM 39xG 12722†	M	MA	2365	2365 AB		43.9	43.9 D		106.5	106.5 B	
T 6	G 5701	M	MV-T	2252	2252 ABC		42.9	42.9 D		94.5	94.5 C	
LH 53	G 5701xLAS 399	M	MV	2210			41.0			109.9		
LH 47	G 3410xG 12722	M	MV	1958			42.2			113.4		
LH 55	G 13625xLAS 399	M	MV	1820	1996 BC	2117 A	40.8	41.3 E	41.8 B	116.9	113.4 A	110.2 A
LH 51	SUG 92xG 12722	A	AA	2379			56.6			98.6		
LH 50	AND 930xG 12722	A	AA	2238			48.9			105.7		
LH 56	DRK 49xLAS 399	A	AA	2073	2230 ABC		51.3	52.3 A		110.6	105.0 B	
T 3	AND 930	A	AA-T	2086			40.8			107.0		
T 8	DRK 49	A	AA-T	2085			50.6			89.5		
T 4	SUG 92	A	AA-T	1747	1973 C		52.7	48.0 B		91.5	96.0 C	
LH 57	G 21715xLAS 399	A	AV	1940			42.4			112.4		
LH 58	LAS 399xG 12722	A	AV	1262	1601 D		49.7	46.1 C		112.2	112.3 A	
T 9	G 21715	A	AV-T	1760			39.0			97.0		
T 5	G 12722	A	AV-T	120			35.1			125.0		
T 10	LAS 399	A	AV-T	33	638 E	1848 B	54.2	42.8 D	48.9 A	125.0	115.7 A	107.5 B
	Promedio			1960			46.0			108.6		
	DMS (0.05)			444	344	107	1.5	1.2	0.4	5.1	3.9	1.2

†G 12722= ICA VIBORAL - Los promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren al nivel del 5% (Duncan).

Origen: M = Mesoamericano; A = Andinos.

Hábito: MA = Mesoamericano arbustivo; MV = Mesoamericano voluble; MA-T = Mesoamericano arbustivo - testigo; MV-T = Meoamericano voluble, testigo; AA = Andino arbustivo; AV = Andino voluble; AA-T = Andino arbustivo - testigo; AV-T = Arbustivo voluble, testigo.

Digitized by Google

los AA ni entre los MV y los AV. Para ambos orígenes los grupos volubles son significativamente más tardíos que los arbustivos.

DISCUSION

Se obtuvieron líneas volubles con rendimientos cercanos a los 2000 kg/ha y de semilla grande (> 40 g/100 semillas) en cruzamientos con materiales mesoamericanos arbustivos (MA) y volubles (MV) y con andinos arbustivos (AA). El grupo AA además de presentar el mayor peso de semilla (Tabla 1) tiene los colores de mayor aceptación en los mercados (rojos y cremas moteados). El rendimiento y el tamaño de semilla de ICA VIBORAL y LAS 399 bajo las condiciones climáticas de CIAT-Palmira muestran una drástica reducción. La duración del ciclo de cultivo de las líneas (excluidos los testigos) varía entre 105 y 113 días, considerada normal para las zonas de climas cálidos moderados. Estos resultados sugieren hasta el momento que es posible incrementar la tolerancia al calor de frijoles volubles andinos mediante hibridación con los grupos MA, MV y AA.

REFERENCIAS

Arndt, G.C, and P. Gepts. 1989. Inheritance study for heat tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Bean Improv. Coop. Annu. Rep. 32:41-43.

Davis, J.H.C. 1981. Orientación del mejoramiento de frijoles volubles. *In* VIII Curso Intensivo de Adiestramiento. Post-grado en Investigación para la Producción de Frijol. CIAT, Cali, Colombia.

Singh, S.P. 1989. Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 43(1):39-57.

Shonard, G.C., and P. Gepts. 1994. Genetics of heat tolerance during reproductive development in common bean. Crop Sci. 34:1168-1175.

Digitized by Google

71
30 ENE 1998

Adaptación de Líneas Arbustivas de Origen Andino y Mesoamericano a Condiciones de Clima Frío

Nelson Martínez y Oswaldo Voysest V.
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Con el objeto de identificar materiales con adaptación a las condiciones de clima frío, el CIAT prueba líneas arbustivas avanzadas de diversas razas desarrolladas por diferentes programas de mejoramiento del mundo para condiciones que van desde el nivel del mar para zonas templadas, hasta 1800 m., clima medio. Se estudiaron un grupo de 556 líneas, de las cuáles 370 fueron de origen Mesoamericano y 184 de origen Andino. Se sembraron en tres localidades, Popayán, altura 1800 m.; Tenerife, altura 2550 m.; Vijes, altura 900 m. Los mejores rendimientos se obtuvieron en promedio con los frijoles de origen Andino y con la raza Nueva Granada. Dentro de los Mesoamericanos la raza Durango mostró un nivel de comportamiento muy bajo. En la localidad de Popayán se obtuvieron los mejores rendimientos promedios tanto para Andinos como para Mesoamericanos y no hubo diferencias significativas entre razas. En Tenerife, sitio representativo de la región de clima frío, los materiales destacados fueron las líneas de raza Nueva Granada, y dentro del origen Mesoamericano la raza destacada fue la Jalisco. En Vijes, sitio representativo de clima cálido, no hubo diferencias en rendimiento entre orígenes Andinos y Mesoamericanos, pero dentro de este origen se destaca la raza Mesoamericana sobre las razas Jalisco y Durango. Debido a la época seca que prevaleció durante el desarrollo de los ensayos, éstos estuvieron libres del ataque de atracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) patógeno limitante de la producción de frijol en zonas medias y frías; se presentaron ataques de roya (*Uromyces appendiculatus*) y ascochyta (*Phoma exigua*) calificadas de resistentes a intermedias. En el clima frío se obtienen los mejores resultados con líneas Nueva Granada AND 1066, AFR 704, AFR 703, AFR 708, AFR 687, RAA 31, CAN 138, desarrolladas para latitudes tropicales de clima cálido, las cuales presentan una constitución genética que les permite adaptarse mejor a ambientes contrastantes. Es posible desarrollar materiales para clima frío a partir de trabajos realizados en condiciones de clima cálido moderado, pero es indispensable que los materiales posean resistencia a enfermedades prevalentes en dicho clima y que en su genealogía tengan aporte genético de progenitores provenientes de clima frío o de probado buen comportamiento en esas regiones.

Los frijoles arbustivos de la raza Mesoamericana son cultivados predominantemente en las tierras bajas (800-1300 m), y zonas de altitud intermedia (1300-1800 m); los de raza Durango y Jalisco predominan en las zonas altas, áridas y semihúmedas respectivamente. Dentro de los frijoles de origen Andino, las razas Nueva Granada y Chile, se siembran regularmente en las zonas de alturas medias.

La producción de materiales arbustivos genéticamente desarrollados para zonas frías es muy escasa debido a que los procesos de mejoramiento son más lentos que en zonas cálidas e intermedias, y también porque la mayoría de los programas de mejoramiento de frijol trópico están ubicados en zona cálida. Existe creciente interés en suministrar materiales arbustivos relativamente adaptables a condiciones de clima frío moderado, lo cual plantea y justifica la necesidad de búsqueda y desarrollo de nuevas metodologías que permitan evaluar la estabilidad de líneas de frijol desarolladas para ambientes no precisamente fríos.

Digitized by Google

OBJETIVOS

* Identificar materiales con adaptación a las condiciones de clima frío a partir de materiales de diversas razas desarrollados por diversos programas de mejoramiento del mundo que van desde el nivel del mar para zonas templadas hasta los 1800 m. clima medio.
* Determinar un patrón que permita seleccionar en la zona cálida y media materiales de frijol de alto rendimiento en condiciones de clima frío.
* Obtener información fundamental para el estudio de genotipos de friol arbustivo a condiciones de zonas altas de los Andes.

MATERIALES Y METODOS

a) Material Genético

Se estudiaron un grupo de 556 líneas de las cuáles 370 fueron de origen Mesoamericano y 184 de origen Andino. El material de rigen Mesoamericano incluye la raza Mesoamérica con 331 líneas, la raza Durango con 21 líneas y la raza Jalisco con 18 líneas. El de origen Andino incluye la raza Nueva Granada, 163 líneas y la raza Chile, 23 líneas.

b) Localidades

Se sembraron en tres localidades, Tenerife como zona representativa de clima frío, Popayán, zona de clima intermedio y Vijes zona de clima cálido.

Tenerife: Clima frío (bs-MB) con régimen de temperatura Isomésico 10°C, altura sobre el nivel del mar de 2550 m., precipitación de 1200 mm/año y su suelo clasificado como USTROPEPTS

Popayán: Clima medio (bh-MB) con un régimen de temperatura Isotérmico 16°C, altura de 1800 m. sobre el nivel del mar, precipitación de 2000 mm/año y su suelo clasificado como DYSTRANDEPT.

Vijes: Clima cálido (bs-T) con régimen de temperatura Isohipertérmico 30°C, altura de 900 m. sobre el nivel del mar, precipitación de 800 mm/año y su suelo clasificado como FLUVAQUENTIC-HAPLUSTOLL.

c) Diseño Experimental

Se usó un diseño de bloques completos al azar, la parcela experimental consistió en 2 hileras de 3 m. de largo y 0.50 m. de separación.

Digitized by Google

RESULTADOS Y DISCUSION

Como era de esperarse los mejores rendimientos se obtuvieron en promedio con los frijoles de origen Andino y con la raza Nueva Granada ya que estas se siembran regularmente en zonas de alturas medias y están más adaptadas a la zona andina. Dentro de los Mesoamericanos la raza Durango en promedio mostró un nivel de comportamiento muy bajo ya que es de zonas altas pero de clima árido y no húmedo como los nuestros.

En Tenerife, sitio representativo de la región de clima frío, la raza más destacada y estable fue la Nueva Granada de origen Andino y dentro del origen Mesoamericano se destacó la raza Jalisco. Tanto en Popayán sitio de clima medio, como en Vijes sitio representativo de zona cálida, no hubo diferencias significativas en rendimiento entre los frijoles de origen Andino y Mesoamericano; pero dentro de este último y en clima cálido sobresale la raza Mesoamérica sobre las razas Durango y Jalisco. En este clima medio se obtuvieron los mejores rendimientos promedios comparados con los otros sitios de estudio, tanto como para origen Andino como para origen Mesoamericano y entre ellos no se encontró diferencias significativas al nivel de 0.05 de DMS (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento de los genotipos representados de las diferentes razas en cuatro ambientes de la región andina.

			Rendimiento (kg ha^{-1})			
Origen	Raza	N	Promedio	Popayán	Tenerife	Vijes
Mesoamericano						
	Mesoamérica	331	2695	3650	1816	2610
	Durango	21	1986	2683	1149	2070
	Jalisco	18	2498	3424	2339	1731
Promedio			2387	3252	1768	2138
DMS (0.05)			204	354	354	354
Andino						
	Nueva Granada	163	2898	3594	2809	2278
	Chile	23	2421	2954	2301	2007
Promedio			2660	3274	2555	2143
DMS[1] (0.05)			202	350	350	350
DMS[2] (0.05)			82	142	142	142

[1] Compara promedio por raza dentro de origen [2] Compara por origen

Debido a la época seca que prevaleció durante el desarrollo de los ensayos, Tenerife recibió una precipitación de 545 mm, Popayán de 547 mm y Vijes de 250 mm suplementado con riego, los cultivos estuvieron libres del ataque de antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) patógeno

Digitized by Google

limitante de la producción de frijol en zonas medias y frías; se presentaron ataques de roya (*Uromyces appendiculatus*) y ascochyta (*Phoma exigua*) calificados de resistentes a intermedias.

En el clima frío se obtuvieron los mejores resultados con líneas Nueva Granada como AND 1066, AFR 704, AFR 703, AFR 687, RAA 31, CAN 138, desarrolladas para latitudes tropicales de clima cálido, las cuales presentan una constitución genética que les permite adaptarse mejor a ambientes contrastantes (Tabla 2).

Tabla 2. Pedigrí de las líneas Nueva Granada desarrolladas para clima cálido que destacan en clima frío.

AND 1066	[G11300 x (PERU 69 x G6533)] x [CARGABELLO x PERU 69 x G6533] x ICA TUNDAMA
RAA 31	[G1130 x (PERU 69 x G6533)] x G 515 x PVA 1267
AFR 704	ARGENTINO x (LINEA 11 x HUILA 27) x BAT 1373
AFR 708	PINTADO 43 x (S 25083 x CARIOCA)] x MC 22515 x ZAA 39
AFR 703	MUTIKI RED x {G8043 x [G 4494 x (RED KLOUD x G 4494)]}

La línea AND 1066 tiene en su genealogía padres que fueron desarrollados para clima frío como Perú 69, fríjol de Huancayo, Perú; ICA Tundama y Cargabello de Antioquia para la zona de Rionegro con alturas mayores de los 2100 m.

La línea RAA 31 tiene como progenitores al Perú 69 ya descrito, el AFR 704 con Argentino, fríjol de gran adaptación en las tierras altas de Pasto, Colombia. AFR 708 con genes de Pintado 43 frijol de Loja Ecuador y AFR 703 contiene al Red Kloud material de clima templado, y poseen genes de resistencia a la antracnosis tanto de la raza andina como de la mesoamericana.

Esto nos confirma que hay un aporte genético que influye en la adaptación y buen comportamiento de determinados materiales a ambientes fríos.

CONCLUSIONES

* Es posible identificar materiales para clima frío a partir de líneas desarrolladas para condiciones de clima cálido moderado, pero es indispensable que los materiales posean resistencia a enfermedades prevalentes en dicho clima.
* Puesto que el comportamiento de los materiales en cuanto a estabilidad está controlado genéticamente, debe buscarse aporte genético de progenitores provenientes de clima frío o de probado buen comportamiento en esa región

Digitized by Google

* Las variedades de clima templado de raza Durango muestran un pobre desempeño en ambientes tropicales tanto en clima frío como cálido.
* Los mejores genotipos en cuanto a rendimiento y estabilidad fueron AFR 687 de hábito de crecimiento 3 y perteneciente a la raza Jalisco; RAA 31 de hábito de crecimiento 2b color rojo y de la raza Nueva Granada; AFR 688 hábito 2b de raza Jalisco; DOR 651 hábito 2a color negro y perteneciente ala raza Mesoamericana; DRK 121 hábito 2a color rojo y de la raza Nueva Granada; AFR 703 hábito 2b color rojo y raza Nueva Granada, los cuales pueden servir de base para futuros trabajos de adaptación a diferentes ambientes y además presentan resistencia a la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) de la raza andina.

Digitized by Google

Digitized by Google

SECCION III. MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ESTRESES BIOTICOS

Digitized by Google

Digitized by Google

Mejoramiento Genético del Frijol Común por Resistencia a las Principales Enfermedades Virales en la América Latina

Francisco J. Morales G.
CIAT, Cali, Colombia

30 ENE 1998

RESUMEN

El frijol común, *Phaseolus vulgaris* L., es una leguminosa susceptible a un gran número de virus vegetales. Las enfermedades virales del frijol que más atención han recibido por parte de los mejoradores, han sido el mosaico común, la necrosis sistémica o "raíz negra" y el mosaico dorado. En la América Latina, la principal estrategia para el control genético virus del mosaico común (BCMV) ha sido la incorporación de resistencia monogénica dominante. El control genético del virus del mosaico y la necrosis común del frijol (BCMNV), el principal causante de la 'raíz negra', se ha logrado mediante la incorporación de genes recesivos que protegen los cultivares que poseen resistencia de tipo dominante al mosaico común. El mosaico amarillo es una enfermedad causada por un virus (BYMV) transmitido por áfidos, similar al causante del mosaico común, pero su distribución está limitada al Cono Sur de la América Latina. Se conocen genes de resistencia al BYMV tanto recesivos como dominantes en diferentes genotipos de frijol, pero existen numerosas variantes del virus aún no caracterizadas genéticamente. Entre los virus transmitidos por áfidos, existen dos cucumovirus, el virus del mosaico del pepino (CMV) y el virus del achaparramiento del maní (PSV), que atacan ocasionalmente el frijol causando una deformación considerable en genotipos muy susceptibles. Existen fuentes de resistencia al CMV en frijol, pero no son efectivas contra el PSV, el cual está más adaptado a las leguminosas. El mosaico dorado es la enfermedad más devastadora que han conocido los productores de frijol en las regiones tropicales bajas de la América Latina. Los virus (BGMV) que causan esta enfermedad son transmitidos por la mosca blanca *Bemisia* spp. Diferentes fuentes de resistencia parcial de tipo cualitativo y cuantitativo, han sido identificadas y utilizadas con éxito a partir de la década del 70. Los cultivares de frijol mejorados por su resistencia al mosaico dorado han demostrado también poseer resistencia al virus del mosaico enano del frijol (BDMV). El mosaico sureño del frijol es una enfermedad ampliamente distribuida en la América Latina, causada por un virus (SBMV) transmitido por crisomélidos, pero no existen proyectos específicos de mejoramiento genético debido a que los síntomas de esta enfermedad pasan desapercibidos. El mosaico severo del frijol en una enfermedad de diferentes manifestaciones patológicas causadas por un complejo de comovirus relacionados al virus del mosaico severo del caupí (CPSMV), transmitidos por crisomélidos. Estos virus han demostrado una alta patogenicidad en genotipos mejorados de frijol que poseen resistencia dominante al mosaico común y a la raíz negra. Existen también algunos genotipos de frijol que poseen otro gene dominante que condiciona la muerte apical por infección de estos comovirus. La incorporación de resistencia genética al mosaico severo se está realizando mediante la incorporación de genes recesivos que disminuyen los efectos de estos comovirus en genotipos de frijol infectados sistémicamente.

Las enfermedades virales del frijol común han sido un problema importante en todos los países donde se cultiva esta leguminosa. En la América Latina, centro de origen de *Phaseolus vulgaris* L., la enfermedad viral más difundida, es el mosaico común. Esta enfermedad es causada por un virus alargado y flexuoso, perteneciente al grupo de los potyvirus. El virus del mosaico común del frijol (BCMV) se transmite mecánicamente, por semilla, y por numerosas especies de áfidos. Esta capacidad de diseminación del virus, principalmente su transmisión por semilla, explica la amplia distribución del mosaico común a nivel regional y mundial.

En lo que respecta a la importancia del BCMV en la América Latina, la mayoría de las variedades nativas de frijol cultivadas en esta región, son susceptibles a todas las cepas o variantes del virus. Sin embargo y a pesar de los síntomas visibles de la enfermedad en estas variedades, los

Digitized by Google

cultivos afectados producen cosechas aceptables dentro de los bajos rendimientos que caracterizan la producción del frijol en América Latina (400-600 kg/ha). Este fenómeno sugiere que el BCMV ha convivido con el frijol en esta región desde el inicio del proceso de domesticación de este cultivo en las Américas.

Es a partir de la explotación comercial del cultivo en países industrializados, cuando se comienza a observar la aparición de variantes del BCMV, más agresivas y capaces de infectar variedades mejoradas resistentes a la cepa 'Tipo', la más ampliamente distribuida en América Latina. Recientemente, se ha dividido el grupo del virus del mosaico común en dos especies diferentes: el virus del mosaico común (BCMV), el cual agrupa la mayoría de las cepas antes conocidas, y el virus del mosaico común y la necrosis del frijol (BCMNV), el cual incluye las cepas NL3, NL5, y NL8. La aparición de nuevas cepas del BCMV, creó la necesidad de iniciar trabajos de mejoramiento genético en la América Latina para el control del virus del mosaico común.

Los primeros estudios sobre la genética de resistencia al BCMV, y al BCMNVrealizados en los Estados Unidos (Pierce, 1935), demostraron que existían dos tipos de resistencia: dominante y recesiva. La resistencia dominante es monogénica y condiciona una respuesta de hipersensibilidad que puede inactivar el virus en el punto de inoculación, o puede inducir una necrosis sistémica, conocida como 'raíz negra', que destruye tanto el virus como la planta. En los 40 años siguientes, se describieron varias cepas del BCMV, las cuales mostraban un rango de patogenicidad variable en genotipos de frijol que solo poseían genes de resistencia recesivos. Esta variabilidad llevó a la mayoría de los mejoradores de frijol en la América Latina, a preferir la estrategia de incorporar resistencia monogénica dominante al BCMV. Sin embargo, un número considerable de variedades de frijol cultivadas en la América Latina, continúan siendo susceptibles al BCMV.

El mosaico amarillo del frijol es una enfermedad viral de importancia económica en los países australes de la América Latina, particularmente en Chile y en Uruguay. En Chile, la enfermedad se observó por primera vez en 1964. En la década de los 70, se iniciaron estudios sobre la genética de resistencia al BYMV. Como fuente de resistencia, se utilizó la variedad Great Northern 164557 originaria de Estados Unidos. Los padres susceptibles fueron dos variedades de grano negro (Jamapa y Negro Argel) y Seaway, una variedad de grano blanco. Estas tres variedades son resistentes al BCMV. Los resultados de los cruzamientos y análisis de las generaciones F_1, F_2, y R_1, indicaron que la resistencia obtenida, era del tipo recesivo. La utilización de Great Northern 164557 y Great Northern 31, otra línea posteriormente utilizada como fuente de resistencia al BYMV, continuó hasta la aparición de otra variante del BYMV en Chile, la cual atacó las variedades provenientes de cruzamientos con líneas Great Northern.

Afortunadamente, la incidencia e impacto económico del BYMV en el Cono Sur de la América Latina, es tolerable, ya que no se han identificado nuevas fuentes de resistencia a la nueva variante del BYMV presente en Chile.

Otro de los grupos de virus vegetales que han surgido como una amenaza al cultivo del frijol en la América Latina, es el grupo de los cucumovirus, dentro del cual se encuentran el virus del mosaico del pepino (CMV) y el virus del enanismo del maní (PSV). Estos virus son transmitidos por áfidos, mecánicamente, y por semilla. El virus del mosaico del pepino es generalmente transmitido al frijol de cucurbitáceas, mientras que el virus del enanismo del maní es un virus adaptado a las leguminosas. Actualmente, estos virus atacan el frijol en varios países de la América Latina, en especial en Chile.

Digitized by Google

Los virus transmitidos por mosca blanca, principalmente por la especie *Bemisia tabaci*, se han convertido en el mayor problema viral del frijol en las regiones bajas del trópico y subtrópico americano. Estas epidemias han sido causadas por la introducción y expansión de cultivos como la soya y algunas solanáceas cultivadas, que actúan como hospederas reproductivas del insecto vector. La apertura de las economías agrícolas y el fomento a los cultivos de exportación, han agravado la situación de los cultivos alimenticios como el frijol.

Las enfermedades virales más limitantes asociadas a la presencia de mosca blanca en áreas productoras de frijol, son el mosaico dorado, el mosaico cálico y el mosaico enano. Esta última enfermedad devastó unas 30.000 hectáreas de frijol en el noroeste de la Argentina en la década de los 80. El mosaico dorado se observó por primera vez en Brasil, donde afectó más de un millón de hectáreas dedicadas al cultivo del frijol, particularmente en los meses de verano. El mosaico cálico existe en el noroeste de México, donde cada año causa pérdidas significativas de producción. La capacidad patogénica de estos virus, ha sido tan grande, que los programas nacionales y el CIAT han dedicado considerables recursos desde un inicio, para el control genético de estas enfermedades. La resistencia genética ha sido utilizada como la principal arma contra esta enfermedad viral, a pesar de que no existen variedades inmunes a los geminivirus que causan estas enfermedades.

Entre los virus transmitidos por crisomélidos (Coleoptera), el virus del mosaico sureño del frijol (SBMV) está ampliamente distribuido en la América Latina y en todo el mundo, debido a su transmisión por semilla, crisomélidos y contaminación mecánica. Este virus parece haber evolucionado junto con el cultivo del frijol, a tal punto que los síntomas que induce no son fácilmente reconocidos en condiciones de campo. Sin embargo, se ha demostrado que el SBMV puede causar perdidas considerables de producción, a pesar de la ausencia de síntomas severos. Otro caso donde se ha manifestado la capacidad patogénica del SBMV, es en progenies derivadas de cruzamientos interespecíficos entre *Phaseolus vulgaris X P. acutifolius*. Esta última especie es muy susceptible al SBMV; característica que se manifiesta en las progenies híbridas en forma de necrosis sistémica.

En los últimos años, se ha venido observando un aumento preocupante en la incidencia de comovirus transmitidos por crisomélidos en varios países productores de frijol. Estos virus generalmente pertenecen al subgrupo del virus del mosaico severo del caupí, dentro del cual existen numerosas variantes patogénicas. El principal problema con estos virus es la agresividad que manifiestan en genotipos de frijol que poseen resistencia monogénica dominante, causando diversos grados de necrosis sistémica. En la mayoría de las variedades susceptibles al mosaico común, estos comovirus sólo causan mosaico. El síndrome asociado con la infección del frijol común por estos comovirus, se conoce como mosaico severo.

A continuación se presentan resultados de investigaciones realizadas en el CIAT sobre la interacción genética entre algunos de los virus más importantes del cultivo del frijol y diversos genotipos de *Phaseolus vulgaris*. Estas investigaciones han sido realizadas con la participación de los mejoradores de frijol del Centro y otras entidades, tales como los Drs. E. Drijfhout (IVT, Holanda) y S. Temple, en el caso del mosaico común del frijol, y con el Dr. S. P. Singh, en el control de geminivirus y comovirus.

Digitized by Google

CONTROL GENETICO DEL MOSAICO COMUN Y DE LA RAÍZ NEGRA DEL FRIJOL

La genética de la resistencia al BCMV en *P. vulgaris*, fue estudiada por Pierce en 1935, quien describió dos tipos de resistencia: dominante, como la encontrada en 'Corbett Refugee', y la recesiva, observada en cultivares como 'Robust' y "Great Northern 1". En 1950, Ali propuso la existencia de dos genes dominantes , uno requerido para la infección viral, y otro que condiciona una reacción de hipersensibilidad. Adicionalmente, Ali describió los alelos recesivos de los genes que condicionan la susceptibilidad o resistencia al mosaico (dependiendo de la cepa viral). Andersen and Down en 1954, y Petersen en 1958, complemento esta información para diferentes cepas del virus, confirmando la existencia de genes de resistencia específica a cepas del BCMV.

Sin embargo, sólo hasta 1978, cuando Drijfhout publicó su trabajo sobre la interacción genética entre *P. vulgaris* y el BCMV, fue que la existencia de cinco genes de resistencia específicos, *bc-1*, *bc-1*^{2}, *bc-2*, *bc-2*^{2}, *y bc-3*, y un gen no específico (*bc-u*), requerido para la expresión de los otros genes, se conocieron, fuera del gen de necrosis antes descrito. Los genes *bc-1*, *bc-2*, y sus alelos, tienen una relación gen a gen, con cuatro genes de patogenicidad presentes en cepas del BCMV y BCMNV. No se ha encontrado una cepa del BCMV o del BCMNV que ataque el *bc-3* (Tabla 1).

Incorporación de Resistencia Monogénica Dominante

La mayoría de las variedades de frijol nativas en la América Latina, son susceptibles al BCMV/BCMNV. Generalmente, estos genotipos muestran síntomas de mosaico y deformación en condiciones de campo. Estos síntomas son causados por la invasión sistémica crónica del BCMV o BCMNV. Como puede observarse en la Tabla 1, existe por lo menos una cepa o grupos de cepas de estos virus, capaces de atacar los genes recesivos de resistencia mas comúnmente utilizados. Es por esta razón que la incorporación de genes recesivos específicos no ha tenido una gran acogida dentro de los proyectos de mejoramiento genético de frijol en el mundo.

Por otro lado, el gen dominante de necrosis (*I*) puede proteger *P. vulgaris* contra la infección sistémica crónica, de tal manera que no se presenta mosaico, malformación de plantas, o transmisión del virus a partir de plantas que posean el gen *I*. Más aun, la incorporación de resistencia monogenica dominante es un proceso relativamente simple, por lo cual ha sido la estrategia preferida para el control genético del BCMV/BCMNV, a nivel mundial. La incorporación del gen dominante debe iniciarse a partir de información confiable sobre la presencia de este gen en uno o más de los progenitores seleccionados. La selección de líneas que posean el gen dominante, puede iniciarse en la generación F_3 mediante la inoculación de selecciones individuales con una cepa necrótica, como la BCMNV NL3. En esta generación, se puede identificar fácilmente las líneas cuyas plantas presenten necrosis de nervaduras en las hojas primarias inoculadas. Las líneas que incluyan plantas afectadas por mosaico, estarían segregando o provendrían de selecciones homocigotas susceptibles. En el caso de que no se disponga de una cepa necrótica, se puede utilizar una cepa no-necrótica del BCMV, seleccionando plantas sin síntomas. Estas líneas tendrían una resistencia parcial dependiendo de los genes de patogenicidad de la cepa del BCMV utilizada. Solo una combinación de cepas, tales como la NY15 y la NL4 del BCMV, podría cubrir el mayor espectro de patogenicidad de las cepas que inducen mosaico.

Digitized by Google

Tabla 1. Interacción genética entre algunas variedades de *Phaseolus vulgaris* y potyvirus que inducen mosaico común.

Cultivar diferencial	Genes de resistencia	BCMV/BCMNV cepas y genes de patogenicidad†									
		Type PO	Fla P1	NL6 1^2	NY15 P1	NL2 2	NL3 P1	NL5 $1^2$2	NL4 P1 $1^2.2^2$	NL7 P1	NL8 P2
Dubbele Witte	*I*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Imuna	*I bc-u bc-1*		+	+	+	+	+	+	+	+	
RG-B	*I bc-u bc-1^2*		+	+			+	+	+		
Michelite	*I bc-u bc-2*				+	+	+	+			+
Pinto 114	*I bc-u bc-1 bc-2*				+	+	+	+			
Great Northern 31	*I bc-u bc-1^2 bc-2^2*								+		
Widusa	*1*			+t			+	+			+
Jubila	*I bc-1*			+t		+t	+	+			
Topcrop	*I bc-1*			+t		+t	+	+			
Amanda	*I bc-1^2*							+			

† Reacción al BCMV/BCMNV: + =mosaico en cultivares rr o necrosis sistémica en cultivars II; t = sensible a temperatura; espacios vacios = no reacción.

Fuente: Drijfhout, E. 1978

Problemas Asociados con la Incorporación de Resistencia Monogénica Dominante

Ligamiento genético

Temple y Morales demostraron en 1985, que los colores rojos en la semilla de frijol, estaban ligados a la susceptibilidad al BCMV, mientras que los colores rojos oscuros estaban estrechamente ligados al gen *(I)* de necrosis. La existencia de ligamiento genético entre ciertos colores de la testa y la susceptibilidad al BCMV, ha sido observada para otros tipos de grano, como los 'azufrados' o 'canarios' (amarillos), la mayoría de los tipos rojos, y los tipo 'Flor de Mayo' mexicanos. Este problema ha sido parcialmente solucionado mediante la selección de colores intermedios, comercialmente aceptables.

Susceptibilidad a otros virus

Recientemente, Morales y Castaño informaron sobre la susceptibilidad de cultivares de frijol que poseen resistencia monogénica dominante al BCMV, a diferentes virus pertenecientes al grupo de los comovirus. Estos cultivares presentan diferentes grados de necrosis cuando son infectados por comovirus, pudiendo llegar a la muerte de la planta. Posteriormente se tratará este tema en la sección del mosaico severo.

Digitized by Google

Susceptibilidad a cepas necróticas del BCMV y BCMNV.

En algunas regiones productoras de frijol del Africa Oriental y la América Latina, las variedades de frijol portadoras del gen *I*, han sido atacadas por cepas necróticas del BCMV y por el BCMNV, alcanzando perdidas hasta del 100%. En la América Latina, sin embargo, el problema de 'raíz negra' no ha merecido mayor atención, ya que esta enfermedad se ha presentado solo de manera errática y aislada.

Incorporación de Resistencia Múltiple al BCMV y BCMNV

Drijfhout fue el primer investigador en demostrar que la combinación del gen I con genes recesivos específicos para cepas del BCMV/BCMNV, tales como el *bc-2²*, conferían resistencia tanto al mosaico como a la 'raíz negra'. Por ejemplo, el genotipo *Ibc-2²* sólo reacciona con lesiones locales en las hojas inoculadas.

El funcionamiento del gen *bc-1²* no es claro, pero se sospecha que este gen confiera resistencia parcial a las cepas necróticas del BCMV y BCMNV. El grupo de cultivares (raza Durango) número 6, es la principal fuente de los genes recesivos *bc-u, bc-1²*, y *bc-2²* (Tabla 1).

Incorporación de Inmunidad al BCMV/BCMNV

El *bc-3* es el único gen recesivo que confiere inmunidad a todas las cepas conocidas del BCMV y BCMNV. Este gen antes se encontraba en materiales europeos pobremente adaptados al trópico, pero trabajos realizados colaborativamente entre el Instituto de Mejoramiento Hortícola de Holanda y el CIAT, lograron la incorporación del *bc-3* en materiales de mejoramiento tropicales. La única dificultad en el manejo de este gen radica en su selección durante el proceso de inoculación y selección de líneas resistentes al BCMV/BCMNV, ya que las plantas que poseen este gen no presentan síntomas. El desarrollo de marcadores moleculares para el *bc-3*, realizado recientemente en Estados Unidos y en la Universidad de Puerto Rico, viene a solucionar esta dificultad. Igualmente, la Unidad de Virología del CIAT ha identificado un virus que detecta el gen I aún en presencia del *bc-3*, lo cual facilita la selección de genotipos *bc-3* e *Ibc-3*, inmunes al mosaico común y a la 'raíz negra.

CONTROL GENETICO DEL MOSAICO DORADO DEL FRIJOL

El mosaico dorado del frijol fue identificado en Brasil hacia el inicio de la década de los 60 por el Dr. Alvaro Santos Costa. En esa época, y a pesar del amarillamiento y pérdidas de producción severas que presentaban las plantas de frijol afectadas, la enfermedad no alcanzaba una incidencia significativa que mereciera una mayor atención. Desafortunadamente, se desconocía el alto potencial de diseminación de esta enfermedad, la cual se convirtió una década mas tarde, es una limitante de producción de frijol en los principales estados productores del Brasil. Para esta época, el mosaico dorado ya atacaba también regiones productoras de frijol en la América Central (El Salvador y Guatemala), El Caribe (República Dominicana, Haití, Puerto Rico), y el norte de México.

Desde la década de los 80, el mosaico dorado ha continuado su expansión en la América del Sur, invadiendo el noroeste argentino y otros estados del sur y norte de Brasil. En el área del Caribe,

Digitized by Google

el mosaico dorado ha entrado en las principales regiones agrícolas de la República Dominicana, Haití, Jamaica y Cuba. En la América Central, el mosaico dorado ha incrementado notablemente su incidencia en países como Guatemala, Honduras y Nicaragua. En cuanto a México, los ataques del virus son actualmente más generalizados en la región sur, principalmente en el Estado de Chiapas. En el noroeste de México, el problema de mosaico cálico del frijol alcanza la frontera con los Estados Unidos.

El control genético ha sido el objetivo más perseguido en la lucha contra el mosaico dorado del frijol, a pesar de que hasta la fecha no se ha identificado ningún genotipo de *Phaseolus vulgaris* inmune al BGMV. Los trabajos más exitosos de mejoramiento genético han sido realizados en la América Central, gracias a un proyecto iniciado en 1974 y desarrollado entre el CIAT y el ICTA de Guatemala, financiado por USAID, UNDP, y, más tarde, por el Gobierno suizo.

El primer paso fue la identificación de fuentes de tolerancia, como Porrillo Sintético, ICA-Pijao, y Turrialba 1, todas variedades de grano negro. Estas variedades fueron cruzadas entre si para desarrollar las primeras líneas liberadas en 1979: ICTA Quetzal, ICTA-Jutiapan, e ICTA-Tamazulapa. La variedad ICTA-Quetzal (DOR 41), fue más tarde liberada en el Noroeste Argentino, y una línea hermana fue liberada en México, como Negro Huasteco 81. Posteriormente, el ICTA generó variedades más precoces a partir de las DOR originales, tales como el ICTA-Ostúa.

La segunda generación de líneas tolerantes al mosaico dorado incluía por primera vez, genotipos de color de semilla diferente al negro, como la línea de grano rojo oscuro DOR 364, la cual fue recientemente liberada como variedad en Guatemala, El Salvador y Honduras.

La tercera generación de materiales incluye nuevas fuentes de resistencia identificadas en condiciones de campo y de invernadero. Estas fuentes poseen mecanismos de resistencia diferentes, los cuales están siendo combinados para aumentar el nivel de resistencia al BGMV.

Búsqueda de Genotipos de Frijol con Resistencia al Virus del Mosaico Dorado del Frijol (BGMV) en Condiciones de Campo e Invernadero

Se evaluó un total de 44 genotipos de frijol común previamente seleccionados en evaluaciones de campo, por su reacción al BGMV en condiciones naturales de campo (Monjas, Guatemala) y artificiales (inoculación mecánica) de invernadero (CIAT, Colombia). La mayoría de los genotipos reaccionaron de manera similar con excepciones asociadas a la mala adaptación de algunos genotipos evaluados a las condiciones de Monjas, Guatemala. La técnica de inoculación permitió observar diferentes reacciones de los genotipos de frijol, tales como la expresión tardía de síntomas, tolerancia (habilidad de producir a pesar de mostrar síntomas apreciables), y el escape a la infección.

La variedad 'Porrillo Sintético', la fuente de resistencia al BGMV más usada en la América Latina, presenta la tendencia a escapar a medida que se retrasa la inoculación del virus (Tabla 2) y, aún cuando se inocula tempranamente, tiende a retardar la expresión de síntomas. Otras variedades que presentan tendencia al escape son: Great Northern 31, Pinto 114, y Red Mexican 35, a medida que se retrasa la inoculación.

La habilidad de los genotipos Porrillo Sintético, ICA-Pijao y algunas líneas ICTA (Quetzal, Tamazulapa, Jutiapán) derivadas de estos progenitores, de producir vainas en presencia del virus (infección sistémica), es afectada por condiciones ambientales, en particular altas temperaturas, las cuales resultan en el aborto de flores.

Digitized by Google

Tabla 2. Efecto de la edad de plantas de Porrillo Sintético inoculadas con el virus del mosaico dorado del frijol en condiciones artificiales, en la incidencia de infección.

	Incidencia del BGMV‡	
Edad de la planta†	Ensayo 1	Ensayo 2
7	100	100
8	80	100
9	50	90
10	20	60
11	0	50
12	0	0
13	0	0

† Edad (a partir de la siembra) al momento de la inoculación artificial.
‡ Diez plántulas inoculadas mecánicamente por fecha de siembra.

La variedad tipo habichuela, Redlands Greenleaf C, demostró poseer la habilidad de producir vainas con poca deformación a pesar de estar sistémicamente infectada por el BGMV. Otros materiales que presentan una tendencia a producir vainas a pesar de mostrar síntomas visibles de la enfermedad (tolerancia) son Pinto 114 y el Royal Red, de las razas Durango y Nueva Granada, respectivamente.

Una evaluación de las líneas resistentes al BGMV, DOR 303 Y A429, demostró que ninguno de sus progenitores poseían niveles de resistencia al BGMV de la magnitud del exhibido por estas dos líneas, sugiriendo la ocurrencia de segregación transgresiva. La principal fuente de resistencia del A429 es el genotipo 'Garrapato', el cual presenta una reacción de resistencia al amarillamiento foliar (mosaico) inducido por el virus. En el caso de DOR 303, su resistencia parece estar asociada a la combinación de los progenitores Porrillo Sintético, Cacahuate 72 y Red Kloud. Los últimos dos progenitores muestran tendencia hacia la tolerancia al virus.

Varios genotipos de frijol seleccionados como fuentes de resistencia a un geminivirus transmitido por cicadélidos al frijol y otros cultivos, el virus del ápice rizado de la remolacha (BCTV), demostraron no poseer resistencia al BGMV en las condiciones experimentales de esta investigación.

Se concluye en este estudio que existen varios mecanismos de resistencia al BGMV en frijol común, los cuales deben ser combinados tomando en cuenta los diferentes ancestros (razas) de los genotipos de frijol usados como fuentes de genes de resistencia. Esta investigación demuestra también que la inoculaciones mecánicas o artificiales son útiles para predecir el comportamiento de genotipos de frijol en condiciones naturales de campo.

Digitized by Google

Genética de la Resistencia al Virus del Mosaico Dorado del Frijol en *Phaseolus vulgaris*

Se estudió la genética de resistencia al virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) en una cruza dialélica completa (8x8) de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Los 28 híbridos F_1, sus recíprocos, y ocho progenitores fueron artificialmente inoculados con el BGMV en condiciones de invernadero. Los datos fueron tomados y analizados por amarillamiento foliar, enanismo de la planta, aborto de flores y formación de vainas, usando un diseño de bloques completos al azar con dos replicaciones (Tabla 3).

Tabla 3. Características agronómicas y promedios de ocho progenitores de frijol usados en una cruza dialélica completa para su evaluación al virus del mosaico dorado.

			Semilla				Reacción al BGMV			
Identificación	CIAT No	Hábito†	Peso	Color	Raza‡	Origen	Mosaico	Enanismo	Aborto flores	Formación vainas
Alubia Cerrillos	G 7930I49	I	49	Blanco	N	Argentina	6.9	6.3	8.9	89
Redlands Greenleaf	CG 5746I34	I	34	Café	N	USA	5.9	3.4	5.5	62
Red Mexican 36	G 6385III35	III	35	Rojo	D	USA	3.0	2.4	6.8	68
Royal Red	G 6724I52	I	52	Rojo	N	USA	3.2	2.2	5.8	63
Pinto UI 114	G 8086III37	III	37	Pinto	D	USA	2.9	2.7	5.6	56
Great Northern 31	G 5710III40	III	40	Blanco	D	USA	4.2	2.6	6.1	59
Porrillo Sintético	G 4495II18	II	18	Negro	M	El Salvador	2.1	1.7	4.5	55
PC 1111	-I41	I	41	Rojo	N	CIAT	3.0	3.4	7.4	74
Mean							3.9	2.7	6.3	66
LSD L(0.05)							2.5	1.5	2.4	23

† I= determinado erecto, II= indeterminado erecto, y III= indeterminado postrado según Singh, 1982.
‡ N= Nueva Granada, D= Durango, y M= Mesoamérica, según Singh *et al.*, 1989.

Los resultados obtenidos mostraron que los cuadrados medios de la habilidad combinatoria general (HCG) fueron altamente significativos ($P<0.01$) y mayores que los valores para la habilidad combinatoria específica para todos los caracteres evaluados (Tabla 4). Los efectos recíprocos y maternos no fueron significativos estadísticamente. Las variedades 'Royal Red' y 'Alubia Cerrillos', mostraron una HCG negativa y positiva, respectivamente, para todos los caracteres (Tabla 5). Esto sugiere que todas las poblaciones que tuvieran al 'Alubia Cerrillos' como progenitor, serían más susceptibles al BGMV. 'Porrillo Sintético', por el contrario, también demostró una HCG negativa para todos los caracteres, con excepción del enanismo. Por consiguiente, tanto 'Royal Red' como 'Porrillo Sintético' son fuentes de resistencia al BGMV valiosas, a pesar de pertenecer a razas diferentes (Nueva Granada y Mesoamérica, respectivamente).

A pesar de que no es posible predecir cuanto podría incrementarse el nivel de resistencia en frijol al BGMV, al recombinar mecanismos de resistencia y genotipos de diferentes razas, algunas

Digitized by Google

líneas experimentales como el A 429 y el DOR 364, que combinan genes de diferentes razas de frijol, exhiben un mayor nivel de resistencia al BGMV que cualquiera de sus progenitores. En ninguno de los cruzamientos realizados en este estudio se observó incompatibilidad en los híbridos F_1.

Tabla 4. Cuadrados medios de una cruza dialélica (8 x 8) de genotipos de frijol por su resistencia al BGMV.

Fuente	d.f.	Mosaico	Enanismo	Aborto flores	Formación vainas
Habilidad combinatoria general	7	8.32**	3.54**	7.35**	7.89**
Habilidad combinatoria específica	28	2.06	1.19**	1.71	2/18*
Efecto recíproco	28	1.42	0.26	0.69	0.63
Efecto maternal	7	2.35	0.43	0.75	0.61
Error	63	1.58	0.54	1.47	1.29

*,** Significativo a nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidades, respectivamente.

Tabla 5. Habilidad combinatoria general (HCG) para ocho progenitores de frijol usados en una cruza dialélica para estudiar la resistencia al BGMV.

	Efecto HCG			
Identificación	Mosaico	Enanismo	Aborto flores	Formación vainas
Alubia Cerrillos	0.78**	0.71**	0.91**	1.09**
Redlands Greenleaf C	0.56*	0.15	-0.14	-0.03
Red Mexican 36	-0.48*	-0.08	0.11	-0.01
Royal Red	-0.50*	-0.41*	-0.57*	-0.54*
Pinto UI 114	-0.30	-0.22*	-0.01	-0.11
Great Northern 31	0.30	-0.03	0.23	0.11
Porrillo Sintético	-0.48*	-0.14	-0.59*	-0.45*
PVA 1111	0.10	0.03	0.05	-0.03
S.E. of GCA	0.31	0.18	0.30	0.28
Promedio	3.95	2.44	6.32	6.57

*,** Significativamente diferente de 0 a P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente.

Digitized by Google

Mejoramiento por la Resistencia al Virus del Mosaico Dorado del Frijol (BGMV) en Poblaciones Inter-Raciales de *Phaseolus vulgaris* L.

Se evaluó un total de 83 líneas F_8 recombinantes homocigotas seleccionadas al azar de una población F_2 del cruzamiento de Pinto UI 114 x ICA Pijao, los dos padres, y un control susceptible al BGMV, Topcrop, por su reacción al virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) en condiciones de invernadero. Se utilizó para el análisis del experimento, un diseño de bloques completos al azar con dos replicaciones. Se tomaron datos de incidencia de la enfermedad, amarillamiento foliar, número de vainas y semillas, y rendimiento.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre las 83 líneas recombinantes para todos los caracteres evaluados (Tabla 6). De estas líneas recombinantes, 11 no presentaron síntomas, 24 tuvieron una incidencia promedio de 8%; 28 líneas registraron una incidencia de 26.6% y desarrollaron síntomas intermedios de mosaico, y 20 líneas fueron más susceptibles (incidencia mayor del 50% y amarillamiento severo) que cualquiera de los progenitores, los cuales tenían 25% a 38% de incidencia y síntomas moderados. La heredabilidad de la incidencia de enfermedad fue 0.54± 0.01, por el amarillamiento foliar 0.36 ±0.13, por vainas por planta 0.69± 0.01, por semillas por planta 0.54 ±0.09, y por rendimiento por planta 0.49± 0.01. Las ganancias de selección por estos caracteres fueron de 49.5%, 31.6%, 24%, 0%, y 20%, respectivamente, sobre los valores promedios de todas las líneas recombinantes homocigotas.

Los coeficientes de correlación entre la incidencia de la enfermedad y el amarillamiento foliar así como entre el rendimiento y sus componente, fueron positivos. La incidencia de la enfermedad y el amarillamiento foliar, mostraron una asociación negativa con el rendimiento y sus componentes (Tabla 8). Se concluye que es posible aumentar los niveles de resistencia al BGMV mediante la hibridación y selección en poblaciones inter-raciales de frijol común.

Tabla 6. Cuadrados medios del análisis de varianza por incidencia y mosaico causados por el BGMV, y por rendimiento y sus componentes en líneas recombinantes homocigotas.

Fuente	gl	Incidencia virus	Mosaico	No.de vainas	No.de semillas	Producción semilla
Replicaciones	1	1.610**	76.7**	2.47**	129.8**	5.53**
Tratamientos	85	0.094	11.6*	0.67**	7.58**	0.27**
Error	85	0.043	7.5	0.31	3.48	0.14

*,** Significativo al P = 0.05 y P = 0.01, respectivamente.

Digitized by Google

Tabla 7. Heredabilidad y ganancia esperada de la selección por resistencia al BGMV en líneas F_8 homocitogas recombinantes de frijol.

Carácter	Heredabilidad	Ganancia de selección†
Incidencia del virus	0.54 ± 0.01	49.5
Mosaico	0.36 ± 0.13	31.6
No. de vainas	0.69 ± 0.01	24.0
No. de semillas	0.54 ± 0.09	0.0
Producción de semilla	0.49 ± 0.01	20.0

† % de los promedios de las líneas homocigotas recombinantes.

Tabla 8. Coeficientes simples de correlación entre caracteres de resistencia al BGMV y el rendimiento y sus componentes en líneas de frijol homocigotas y recombinantes.

	Mosaico	No. de vainas	No.de semillas	Producción semilla
Incidencia del virus	0.73*	-0.50*	-0.47*	-0.50*
Mosaico	-	-0.39*	-0.41*	-0.46*
No. de vainas	-	-	0.75*	0.71*
No. de semillas	-	-	-	0.89*

* Significativo a P = 0.01.

CONTROL GENETICO DEL MOSAICO SEVERO DEL FRIJOL

El mosaico severo es una enfermedad viral del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) caracterizada por la aparición de diversos síntomas tales como mosaico, deformación, y necrosis, según la variedad de frijol afectada.

Los síntomas de mosaico pueden variar en intensidad de suave a severo, según la variedad afectada, la edad a la cual se enfermó la planta y las condiciones ambientales. Estos síntomas se observan principalmente en variedades criollas que no poseen genes dominantes de resistencia al virus del mosaico común del frijol (BCMV).

Los síntomas y el grado de deformación de plantas afectadas por mosaico severo también depende de la variedad afectada, la época de infección y las condiciones ambientales. Como sucede en la mayoría de la infecciones virales, entre más temprana sea la infección, mayor será la intensidad de los síntomas. El mayor grado de deformación, tanto foliar como de la planta en general, se presenta en variedades que poseen resistencia de tipo dominante al BCMV. La presencia de genes

Digitized by Google

recesivos de resistencia al BCMV en genotipos de frijol que también poseen resistencia monogénica dominante a este virus, puede incrementar la severidad de los síntomas.

Los síntomas de necrosis pueden dividirse en dos clases principales: necrosis localizada y necrosis sistémica. La necrosis localizada se presenta en trifolios jóvenes, nervaduras de las hojas y en el tallo. Estos síntomas son característicos de variedades de frijol que poseen resistencia monogénica dominante al BCMV y, por consiguiente, se presenta también deformación de la planta. La necrosis sistémica comienza con una necrosis apical, y generalmente causa la muerte de la planta. Esta necrosis sistémica es el resultado de una reacción de hipersensibilidad condicionada por un gen dominante diferente al gen dominante que confiere resistencia al BCMV. Este gen se ha encontrado en materiales criollos, como Arbolito Retinto u Honduras 46 y Pitouco.

Herencia de las Reacciones de Mosaico y Necrosis Inducidas por Virus del Grupo del Mosaico Severo del Caupí

Los genotipos de frijol infectados por cepas del virus del mosaico severo pueden presentar reacciones de mosaico, necrosis localizada o necrosis sistémica. La expresión de necrosis localizadas en la planta, está asociada a la presencia del gen dominante de necrosis (*I*) utilizado en el control del BCMV y del BCMNV. Los genotipos desprovistos del gen *I*, sólo reaccionan con diferentes grados de mosaico. Sin embargo, algunos genotipos de frijol que no poseen el gen dominante *I*, pueden reaccionar con necrosis sistémica al ser infectados por comovirus del complejo causal del mosaico severo. Por consiguiente, se realizó un estudio para determinar la herencia de estas tres reacciones.

Tres variedades de frijol, Great Northern 123, Iguaçu y Pitouco, se seleccionaron para esta investigación. Iguaçu y Pitouco son cultivadas en el noreste y sur del Brasil, respectivamente. Estos genotipos pertenecen a la raza Mesoamérica. Great Northern 123 es una variedad mejorada de la raza Durango, domesticada en el altiplano central de México. De estos tres progenitores, solo Iguaçu posee los alelos dominantes del gen de necrosis (*I*), que confiere resistencia al BCMV.

Los progenitores se cruzaron en todas las combinaciones posibles incluyendo sus recíprocos, emasculando y polinizando manualmente. Debido a que no se observaron diferencias después de las inoculaciones con el virus en la F_1, solo las tres cruzas directas, Great Northern 123 X Pitouco, Great Northern 123 X Iguaçu y Pitouco X Iguaçu, se analizaron en esta investigación. Una parte de la semilla F_1 se sembró junto con los progenitores para hacer retrocruzas a cada uno de los dos progenitores, y para producir semilla (F_2) autofecundadas.

El comovirus seleccionado (BSMV-CIAT), se mantuvo en la variedad Bountiful, la cual también se usó como fuente de inóculo. Las plantas se inocularon en las hojas primarias, una semana después de la siembra. La expresión de síntomas se evaluó individualmente, dos semanas después de la inoculación, hasta que las plantas alcanzaron una edad aproximada de dos meses.

Resultados

Los materiales parentales Great Northern 123, Iguaçu, y Pitouco, mostraron mosaico suave, necrosis localizada, y necrosis apical, respectivamente, luego de su inoculación con el aislamiento BSMV-CIAT. Iguaçu fue el único genotipo que reaccionó con necrosis sistémica a una inoculación de control con el BCMNV-NL3, confirmando la presencia del gen dominante de necrosis (*I*). Según

Digitized by Google

lo esperado para los genotipos desprovistos del gen *I*, BCMNV-NL3 indujo mosaico típico en Great Northern 123 y Pitouco. El híbrido F_1 de Great Northern 123 X Iguaçu reaccionó con necrosis localizada, aun cuando los síntomas fueron menos severos que los observados en el progenitor Iguaçu. Las plantas F_1 de las cruzas Great Northern 123 X Pitouco y Pitouco X Iguaçu, reaccionaron con necrosis apical (Tabla 9).

La población F_2 de Great Northern 123 X Iguaçu segregó en una proporción de 3 plantas con necrosis sistémica:1 planta con mosaico suave. Similarmente, la población F_2 de Great Northern 123 X Pitouco produjo un buen valor (P = 0.227) para la proporción de 3 individuos con necrosis apical:por 1 con mosaico suave. La población F_2 de Pitouco X Iguaçu segregó proporciones aproximadas de 12 plantas con necrosis apical:3 plantas con necrosis localizada: y 1 planta con mosaico suave (Tabla 9).

La retrocruza de la población F_1 de Great Northern 123 X Iguaçu con Iguaçu, produjo progenies que reaccionaron con necrosis localizada, mientras que la retrocruza de Great Northern 123 segregó proporciones de 1 individuo con necrosis localizada:1 individuo con mosaico suave. Todas las progenies de Great Northern 123 X Pitouco retrocruzadas al Great Northern 123, segregaron proporciones de 1 individuo con necrosis apical :por 1 con mosaico suave, y cuando se retrocruzaron a Pitouco, todas exhibieron necrosis apical. Similarmente, cuando la F_1 de Pitouco X Iguaçu se retrocruzó con Pitouco, todas las progenies mostraron necrosis apical, y la retrocruza con Iguaçu, segregaron 1 necrosis apical: 1 necrosis localizada (Tabla 9).

Discusión

La expresión fenotípica de las reacciones observadas en los tres híbridos F_1, Great Northern 123 X Iguaçu, Great Northern 123 X Pitouco, y Pitouco X Iguaçu, indicaron que la necrosis localizada es dominante sobre la expresión del mosaico suave, que la necrosis apicales dominante sobre el mosaico suave, y que la necrosis apical es epistática sobre la necrosis localizada (Tabla 9). La proporción de la segregación fenotípica en las poblaciones F_2, demostró claramente que la necrosis localizada y la necrosis apical, están controladas por un gen dominante. El gen que condiciona la necrosis apical en Pitouco, aunque heredada independientemente, es epistático sobre el gen dominante que condiciona la necrosis localizada en Iguaçu. Estas conclusiones también están apoyadas por la segregación observada en las retrocruzas respectivas (Tabla 9).

Basados en estos resultados, se proponen las notaciones *Anv* y *Lnv* para reconocer los genes dominantes que condicionan la expresión de la necrosis apical y la necrosis localizada en las variedades Pitouco e Iguaçu, respectivamente. Así, los genotipos de Iguaçu, Pitouco y Great Northern 123 serían *LnvLnv anvanv, lnvlnv AnvAnv,* y *lnvlnv anvanv*, respectivamente.

Digitized by Google

Tabla 9. Reacción de progenitores, poblaciones F_1, F_2 y retrocruzas derivadas de las variedades de frijol Great Northern 123, Iguaçu y Pitouco inoculados con el virus del mosaico severo (BSMV).

Genotipo	Reacción al BSMV			Proporción esperada	X^2	Probabilty
	MO[a]	LN	AN			
Great Northern 123	30					
Iguaçu		30				
Pitouco			26			
Great Northern 123 x Iguaçu (F_1)		29				
Great Northern 123 x Iguaçu (F_2)	36	100		1MO:3NL	0.1569	0.6920
Great Northern 123 x (Great Northern 123 x Iguaçu)	13	17		1MO:1LN	0.5333	0.4653
Iguaçu x (Great Northern 123 x Iguaçu)		28		0MO:1LN	0.0000	1.0000
			10			
Great Northern 123 x Pitouco (F_1)	36		107	1MO:3AN	0.0094	0.9227
Great Northern 123 x Pitouco (F_2)	14		16	1MO:1AN	0.1333	0.7150
Great Northern 123 x (Great Northern 123 X Pitouco)			25	0MO:1AN	0.0000	1.0000
Pitouco x (Great Northern 123 x Pitouco)			28			
	8	29	97	1MO:3LN:12	0.9570	0.6197
Pitouco x Iguaçu (F_1)			27	AN	0.0000	1.0000
Pitouco x Iguaçu (F_2)		15	14	OLN:1AN	0.0345	0.8526
Pitouco x (Pitouco x Iguaçu)				1AN:1LN		
Iguaçu x (Pitouco x Iguaçu)						

[a]MO = mosaico suave, LN = necrosis localizada, AN = necrosis apical.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

Mosaico común

Ali, M.A., Genetics of resistance to the common bean mosaic virus (bean virus I) in the bean (*Phaseolus vulgaris* L), *Phytopathology* 40, 69, 1950.

Andersen, A.L. and Down E.E., Inheritance of resistance to the variant strain of the common bean mosaic virus, *Phytopathology* 44, 481, 1954.

Bos, L., Bean common mosaic virus, *CMI/AAB. Descriptions of Plant Viruses*, No.73, 1971.

Caceres, S.R. and Morales, F.J. Incorporación de genes de resistencia dominante y recesiva a cepas del virus del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), *Acta Agron.* 35, 7, 1985.

Dean, L.L. and Wilson, V.E., A new strain of common bean mosaic in Idaho, *Plant Dis. Reptr.*, 43, 1108, 1959.

Drijfhout, E., *Genetic Interaction between Phaseolous vulgaris and Bean Common Mosaic Virus with Implications for Strain Identification and Breeding for Resistance,* Ctr. Agric. Publ. Doc. Wageningen, 1978, 98.

Digitized by Google

Grogan, R.G. and Walker, J.C., The relation of common mosaic to black root of bean, *J. Agric. Res. Washington D.C.*, 77, 315, 1948.

Hamptom, R.O., Silbernagel, M.J., and Burke, D.W., Bean common mosaic virus strains associated with bean epidemics in the northwestern United States, *Plant Dis.* 67, 658, 1983.

Hubbeling, N., Complicaties bij de toetsing van bonerassen op resistentie tegen *Phaseolus* virus 1 ten gevolge van het voorkomen van afwifkende virusstammen. Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingstations van de Staat te Gent, 28, 1025, 1963.

Hubbeling, N., Resistance in beans to strains of bean common mosaic virus, Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, 37, 458, 1972.

Jenkins, W.A., A new virus disease of snap beans, *J. Agric. Res. Washington. D.C.*, 60, 279, 1940.

Johnson, W.C., and Gepts, P. 1994. Two new molecular markers linked to bc-3. Ann. Rep. Bean Improv. Coo. 37: 206-207.

Kelly, J.D. and Saetler A.W., Severe virus outbreaks affect Michigan dry bean production. *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.*, 29, 9, 1976.

Klein, R.E., Wyatt, S.D., and Kaiser, W.J., Virus eradication from a bean germplasm collection, *Annu. Rept. Bean Improv. Coop.*, 29, 37, 1986.

McKern, N.M., Mink, G.I., Barnett, O.W., Mishra, A., Whittaker, L.A., Silbernagel, M.J., Ward, C.W., and Shukla, D.D., Isolates of bean common mosaic virus comprising two distinct potyviruses, *Phytopathology*, 82, 923, 1992.

Morales, F.J. and Bos L., Bean common mosaic virus, *AAB Descriptions of Plant Viruses*. No. 337, 1988.

Morales, F.J. and Castaño, M., Seed transmission characteristics of selected bean common mosaic virus strains in differential bean cultivars. *Plant Dis.* 71, 51, 1987.

Morales, F.J. and Castaño, M., Increased disease severity induced by some comoviruses in bean genotypes possessing monogenic dominant resistance to bean common mosaic potyvirus, *Plant Dis.* 76, 570, 1992.

Petersen, H.J., Beiträge zur Genetik von *Phaseolus vulgaris* L. anf Infektion mit *Phaseolus* Virus 1 Stamm Voldagsen, *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 39, 187, 1958.

Pierce, W.H. Viroses of the bean, *Phytopathology*, 24, 87, 1934.

Pierce, W.H., The inheritance of resistance to common bean mosaic in field and garden beans, *Phytopathology* 25, 875, 1935.

Provvidenti, R., Silbernagel, M.J., and Wang, W.J., Local epidemic of NL-8 strain of bean common mosaic virus in bean fields of western New York, *Plant Dis.* 68, 1092, 1984.

Richards, B. L. and Burkholder, W.H., A new mosaic disease of beans, *Phytopathology*, 33, 1215, 1943.

Silbernagel, M.J., Mexican common bean mosaic virus, a new seedborne mosaic of beans, *Annu. Repr. Bean Improv. Coop*, 9, 36, 1966.

Skotland, C.B. and Burke, D.W., A seedborne bean virus of wide host range, *Phytopathology*, 51, 565, 1961.

Spence, N.J. and Walkey, D.G., Identification of strains of bean common mosaic virus occurring in different regions of Africa, *Annu. Rept. Bean. Improv. Coop.*, 34, 5, 1991.

Spence, N.J. and Walkey, D.G., Bean common mosaic virus related isolates in legume weeds and other non-*Phaseolus* hosts in Africa, *Annu. Rept. Bean. Improv. Coop.*, 34, 7, 1991.

Stewart, V.B. and Reddick, D., Bean mosaic, *Phytopathology*, 7, 61, 1917.

Digitized by Google

Temple, S.R. and Morales F.J., Linkage of dominant hypersensitive resistance to bean common mosaic virus to seed color in *Phaseolus vulgaris* L., *Euphytica* 35, 331, 1986.

Vanderveken, J.J., Oils and other inhibitors of nonpersistent virus transmision in *Aphids as Virus Vectors*. Harris, S.K.F and Maramoresch, K. Eds., Academic Press, New York, 1977, 435.

Wang, W.Y., Mink, G.I., and Silbernagel, M.J., A broad spectrum monoclonal antibody prepared against bean common mosaic virus, *Phytopathology*, 75, 1352, 1985.

Zaumeyer, W.J. and Goth, R.W. A new strain of common bean mosaic virus, *Phytopathology*, 52, 758, 1962.

Geminivirus transmitidos por mosca blanca

Gálvez, G. E. & F. J. Morales, 1989. Whitefly-transmitted viruses. pp 379-408. In: H. F. Schwartz & M. A. Pastor Corrales (Eds.), Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Gepts, P. & F. A. Bliss, 1985. F_1 hybrid weakness in the common bean. Differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. J. Hered. 76: 447-450.

Griffing, B., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Biol. Sci. 9:462-493.

Morales, F. J. & 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.

Shii, C. T., M. C. Mok, S. R. Temple & D. W. Mok, 1980. Expression of developmental abnormalities in hybrids of *Phaseolus vulgaris* L. J. Hered. 71:218-222.

Singh, S. P., 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 25: 92-95.

Singh, S.P., 1989. Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 43: 39-57.

Singh, S. P., 1990. Bridging-parents for incompatible crosses between Mesoamerican and Andean common beans. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 33:111.

Singh, S. P., D. G. Debouck & P. Gepts, 1989. Races of common bean *Phaseolus vulgaris*. pp. 75-89. In: S. Beebe (Ed.), Current topics in breeding of common bean. Working document no.47. CIAT, Cali, Colombia.

Singh, S. P. & J. A. Gutiérrez, 1984. Geographical distribution of the Dl-1 and Dl-2 genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L., their association with seed size, and their significance to breeding. Euphytica 33: 337-345.

Geminivirus (2)

Frey, K.J. & T. Horner, 1955. Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiments. Agron. J. 47:186-188.

Gálvez, G.E & F.J. Morales, 1989. Whitefly-transmitted viruses. pp 379-408. In: H.F Schwartz & M.A. Pastor Corrales (Eds), Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Gepts, P. & F.A. Bliss, 1985. F_1 hybrid weakness in the common bean: Differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. J. Hered. 76:447-450.

Digitized by Google

Goodman, R.M. & J. Bird, 1978. Bean golden mosaic virus. In: Description of plant viruses. No. 192. Commonw. Mycol. Inst./Assoc. Appl. Biol., Kew, Surrey, England.

Gilbertson, R.L., S.H. Hidayat, R.T. Martínez, S.A. Leong, J.C. Faria, F. Morales & D.P. Maxwell, 1991. Differentiation of bean-infecting geminiviruses by nucleic acid hybridization probes and aspects of bean golden mosaic in Brazil. Plant Dis. 75:336-342.

Haullauer, A.R. & J.B. Miranda, 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Morales, F.J. & 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.

Morales, F.J. & S.P. Singh, 1991. Genetics of resistance to bean golden mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* L. Euphytica 52:113-117.

Parker, J.P. & T.E. Michaels, 1986. Simple genetic control of hybrid plant development in interspecific crosses between *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray. Plant Breed. 97:315-323.

Shii, C.T., M.C. Mok, S.R. Temple & D.W. Mok, 1980. Expression of developmental abnormalities in hybrids of *Phaseolus vulgaris* L. J. Hered. 71:218-222.

Singh, S.P., 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 25:92-95.

Singh, S.P., 1990. Bridging-parents for incompatible crosses between Mesoamerican and Andean common beans. Ann. Rept. Bean Improv. Coop. 33:111.

Singh, S.P., P. Gepts & D.G. Debouck, 1991a. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 45:39-57.

Singh, S.P. & J.A. Gutiérrez, 1984. Geographical distribution of the *Dl1* and *Dl2* genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L., their association with seed size, and their significance to breeding. Euphytica 33:337-345.

Singh, S.P., H. Terán, A. Molina & J.A. Gutiérrez, 1991b. Genetics of seed yield and its components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of Andean origin. Plant Breed. 107:254-257.

Vieira, A.L., M.A. Patto Ramalho & J.B. dos Santos, 1989. Crossing incompatibility in some bean cultivars utilized in Brazil. Rev. Brasil. Genet. 12:169-171.

Mosaico severo

Bliss, F.A., 1980. Common bean. In: W.R. Fehr & H.H. Hadley (Eds.), Hybridization of Crop Plants, pp. 273-284. Amer. Soc. Agron., Madison.

Buishand, T.J., 1956. The crossing of bean (*Phaseolus* spp.). Euphytica 5:41-50.

Bruening, G., 1978. Comovirus group. CMI/AAB Descriptions of plant viruses No. 199.

Drijfhout, E., 1978. Genetic interaction between *Phaseolus vulgaris* and bean common mosaic virus: with implications for strain identification and breeding for resistance. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

Goldbach R., 1991. Cowpea mosaic virus group. In: R.I.B. Francki, C.M. Fauquet, D.L. Knudson, & F. Brown (Eds.). Classification and Nomenclature of Viruses. pp. 360-363. Springer-Verlag, Wien.

Digitized by Google

Kyle, M.M. & M.H. Dickson, 1988. Linkage of hypersensitivity to five viruses with the *B* locus in *Phaseolus vulgaris* L. J. Hered. 79:308-311.

McClean P.E., J.R. Myers, & J.J. Hammond, 1993. Coefficient of parentage and cluster analysis of North American dry bean cultivars. Crop. Sci. 33:190-197.

Morales F.J. & M. Castaño, 1992. Increased disease severity induced by some comoviruses in bean genotypes possessing monogenic dominant resistance to bean common mosaic potyvirus. Plant Dis. 76:570-573.

Singh S.P., P. Gepts, & D.G. Debouck, 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 45:379-396.

Mosaico Amarillo

Beemster, A. B. 1964. Enfermedades de virus de ciertos cultivos en Chile. FAO Informe 1812.

Aeschlimann, J. E. 1978. Factores hereditarios que condicionan la resistencia del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) a una raza severa del virus del mosaico amarillo presente en Chile. Tesis, Univ de Chile . Agronomía, Santiago de Chile. 37 p.

Herrera, G., y Sepulveda, P. 1986. Determinación de una nueva raza del virus del mosaico amarillo del frejol en Chile. Agric. Tecnica 46:137-142

Digitized by Google

. 73

30 ENE 1998

Estudio Comparativo de Fuentes de Resistencia para Bacteriosis Común Disponibles en Diferentes Especies de *Phaseolus* y Progreso Genético a Través de Cruzamientos Interespecíficos y Piramidación de Genes

Carlos Germán Muñoz y Shree P. Singh
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

El mayor nivel de resistencia (con nota de 1.2 para G 40029 y G 40034) se encuentra en germoplasma de *P. acutifolius*, pero existe variación en la reacción a la enfermedad. Los genotipos más resistentes dentro de las especies *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. lunatus* tuvieron reacción intermedia a la enfermedad. Las líneas provenientes de cruzamientos interespecíficos de *P. vulgaris* con *P. acutifolius* presentan reacción intermedia a la enfermedad, su principal limitación es la dificultad de transferir la resistencia total de *P. acutifolius*. La piramidación de genes es la mejor alternativa para alcanzar mayores niveles de resistencia a bacteriosis común, cercanos a los de los mejores genotipos de *P. acutifolius* ya que potencia los cruzamientos interespecíficos posibilitando la superación de las limitaciones de estos. La eficiencia de la piramidación de genes puede ser mejorada usando progenitores adecuados y una selección estricta de las mejores plantas cuando hay variación. De esta forma, se generaron líneas (VAX 1, VAX 2, VAX 3, VAX 4, VAX 5 y VAX 6) con alto nivel de resistencia a bacteriosis común y otras características agronómicas.

La bacteriosis común del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es causada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli (Xcp)* (Smith) Dye y su variante Fuscans (Beebe y Pastor-Corrales, 1991; Saettler, 1994). Es considerada como una de las enfermedades mas limitantes del cultivo de frijol a nivel mundial (Yoshii, 1980). Se han reportado pérdidas en el rendimiento del 22 al 60% (Yoshii, 1980; Rodríguez y Villatoro, 1996; Saladín, 1996); igualmente ha causado perdidas en producción de semilla certificada en Michigan (Kelly y Copeland, 1996).

Xcp y su variante *fuscans* son bacterias en forma de varilla recta, gram negativas, aeróbicas y móviles con un flagelo polar. Pueden sobrevivir en residuos de plantas infestadas de frijol, en otras especies y aun en el suelo (Saettler, 1994). *Xcp* y su variante inducen síntomas idénticos en hojas, tallos, vainas y semillas. Las bacterias son transmitidas por la semilla. Los síntomas foliares aparecen como manchas acuosas, las cuales se agrandan y se unen con lesiones adyacentes, se necrosan y están rodeadas por un halo de color amarillo limón, y puede llegar a causar defoliación. Las lesiones de las vainas aparecen como manchas acuosas, las cuales pueden agrandarse, tornarse oscuras, rojas, ligeramente hundidas y las semillas se pueden podrir o arrugar; la enfermedad es favorecida por alta temperatura y humedad (Saettler, 1994).

Se han recomendado diversos métodos de control para evitar la enfermedad en frijol; cultural (siembra con semilla libre del patógeno, arada profunda para enterrar residuos de cosecha, rotación de cultivos), químico (sulfato básico de cobre, hidróxido de cobre, estreptomicina) y resistencia varietal. Sin embargo, la resistencia varietal es el control mas efectivo, seguro y barato para el agricultor (Coyne et al., 1996; Saettler, 1994; Zaumeyer y Thomas, 1957).

Para llevar un programa de mejoramiento genético exitoso es necesario tener acceso a genes de resistencia a *Xcp* disponibles en acervos genéticos primarios, secundarios y terciarios de frijol común. Así también necesita tener métodos de inoculación y evaluación de gran número de

Digitized by Google

germoplasma, incluyendo padres, poblaciones segregantes y líneas avanzadas. Además, necesita tener estrecha colaboración entre fitopatólogo, fitomejorador, agrónomo, etc., y recursos adecuados para llevar un programa integrado desde mejoramiento genético hasta traer solución completa a los productores.

BUSQUEDA DE FUENTES DE RESISTENCIA

La búsqueda de fuentes de resistencia a bacteriosis común fue iniciada a principios del siglo. En 1919 en la Universidad de Cornell (EEUU) se comenzó a evaluar de manera sistemática variedades de *P vulgaris,* así como cultivares de *P. lunatus, P. acutifolius* y otras especies relacionadas (Burkholder, 1924). En general no se encontró inmunidad en *P. vulgaris*, pero si diferencias en la reacción de los cultivares a la enfermedad. En Nebraska, se evaluaron 1080 materiales, se identificaron fuentes de tolerancia en *P. vulgaris* (PI 207262), *P. acutifolius* y *P. coccineus* (PI 165421) (Coyne et al., 1963; Schuster et al., 1983).

En el CIAT se evaluaron 19,000 materiales de *P. vulgaris* del banco de germoplasma entre 1987 y 1988, se encontraron pocos cultivares con resistencia, pero el nivel de resistencia que presentaron estos materiales fue bajo (Beebe, 1988; CIAT, 1987, 1990, 1993). También se ha evaluado en *P. vulgaris* silvestre pero no se ha encontrado resistencia (CIAT, 1981).

La mayor resistencia se ha encontrado en *P. acutifolius*; en el CIAT se evaluaron 148 cultivares de tepary presentando resistencia en el 85%, el caso contrario ocurrió con frijol tepary silvestre, de 155 materiales evaluados el 90% presentó susceptibilidad (CIAT, 1993). Miklas et al. (1994b) identificaron 11 líneas de *P. acutifolius* con resistencia a bacteriosis y con alto potencial de rendimiento.

En *P. coccineus* y *P. lunatus* a pesar de que no se han evaluado de manera sistemática (Singh et al., 1996), se ha reportado resistencia; Mohan (1982) reportó 11 materiales de *P. coccineus* resistentes a *Xcp.*

Lyman (1980) evaluó 189 líneas de *P. lunatus* y clasificó como tolerante al 89% de ellas. Redden et al. (1987) reportaron una línea de *P. lunatus* como altamente resistente.

HERENCIA DE LA RESISTENCIA A BACTERIOSIS COMUN

La herencia de la resistencia a *Xcp* es de tipo cuantitativo (Aggour y Coyne, 1989; Aggour et al., 1988; Ariyarathne et al., 1995; Arnaud-Santana et al., 1989, 1992, 1994a y 1994b; Coyne y Shuster, 1974a, 1983; Coyne et al., 1966; Leyna y Coyne, 1985; Pompeu y Crowder, 1972; Valladares et al., 1979, 1983). Coyne et al. (1965, 1973) sugirieron que un pequeño número de genes mayores controla la reacción de la enfermedad; Valladares et al. (1979) reportan control poligénico; Adams et al. (1988) y Silva et al. (1989) encontraron un gen mayor controlando la reacción a bacteriosis

Se han reportado valores bajos a intermedios para la heredabilidad de la resistencia a *Xcp* en frijol (Arnaud-Santana et al., 1989, 1992, 1994a y 1994b; Coyne et al., 1965, 1973) y valores altos de heredabilidad (McElroy, 1985; Silva et al., 1989; Pompeu y Crowder, 1972; Webster et al., 1980). Sin embargo, el método estadístico tiene un gran efecto sobre los valores obtenidos de heredabilidad (Beebe, 1988; Musaana, 1993). Los efectos aditivos seguidos por los dominantes son más importantes que los epistáticos (Silva et al., 1989). Valladares-Sánchez et al.(1983) encontraron

Digitized by Google

efectos aditivos involucrados en la reacción de hojas y vainas. Igualmente, ha sido encontrada segregación transgresiva, tanto para resistencia como para susceptibilidad (Pompeu y Crowder, 1972; Valladares et al., 1979).

Se ha observado que la resistencia declina con la edad de la planta y que la reacción a la enfermedad en hojas y vainas es gobernada por diferentes genes (Aggour y Coyne, 1989; Aggour et al., 1988; Ariyarathne, 1995; Arnaud-Santana et al., 1994a, 1994b; Coyne y Shuster, 1974a, 1974b, 1983; Coyne et al., 1973; Leyna y Coyne, 1985; Musaana et al., 1993; Park y Dhanvantari, 1987; Valladares et al., 1979, 1983; Webster et al., 1980). Jung et al. (1995) al realizar mapas de ligamiento genético-molecular, encontraron diversos locus de resistencia a bacteriosis en la primera hoja trifoliolada, hojas desarrolladas en forma posterior y en vainas.

Coyne y Shuster (1974b) reportaron ligamiento entre los genes que controlan reacción a la enfermedad y floración tardía en cruzas con GN #1 SEL 27 pero no con PI 207262. Mohan (1981) reportó que no hubo correlación entre los días a floración y tolerancia a la bacteriosis.

Se ha reportado interacción entre genotipos de frijol y cepas de *Xcp* (Aggour et al., 1989; Arnaud-Santana, 1993; Jung et al., 1995; Leyna y Coyne, 1985; Shuster et al., 1983; Zapata, 1996).

HERENCIA DE LA RESISTENCIA A BACTERIOSIS EN *P. acutifolius, P. coccineus, P. lunatus* Y CRUZAS INTERESPECÍFICAS

McElroy (1985) encontró en un cruce entre dos líneas de *P. acutifolius* (resistente PI 319443 x susceptible G 40111), efectos génicos aditivos y dominantes, además estimó tres genes controlando la reacción a la enfermedad; aunque también sugirió que un gen mayor con dominancia parcial pero modificado por pocos genes mayores. Drijfhout y Blok (1987) reportaron en *P. acutifolius* la resistencia gobernada por un gen dominante tanto para vaina como para hoja. Dursun et al (1995) y Freytag (1989) encontraron un gen dominante y diferente para cada uno de los tres aislamientos de *Xcp*. Además, los tres genes para resistencia eran ligados. Urrea et al. (1996) en cruzamientos de 10 líneas resistentes con una línea susceptible de *P. acutifolius* encontraron las segregaciones en F_2 de tres resistentes (R): 1 susceptible (S), 15R:1S, 9R:7S, y 13R:3S.

Se han reportado diversos resultados sobre la herencia de la resistencia a bacteriosis común provenientes de cruzas interespecíficas entre *P. vulgaris* x *P. acutifolius*. Honma (1956) reportó herencia cuantitativa; Scott y Michaels (1988) y Michaels (1992) encontraron dos genes; Kolkman y Michaels (1994) concluyeron que la fuente donante de *P. acutifolius* (e.g. PI 319443) contiene más de un gen de resistencia, pero las líneas derivadas (e.g. XAN 159) no tienen todos los genes.

Zapata et al. (1985) sugieren que unos pocos genes mayores controlan la resistencia en *P. coccineus* y en alta proporción en la progenie de cruzas entre *P. vulgaris* y *P. coccineus*. Park y Dhanvantari (1987) encontraron distribución continua en la reacción a *Xcp* en hojas y vainas en poblaciones F_2 y F_3 de retrocruza entre *P. vulgaris* y *P. coccineus*.

En *P. lunatus*, Lyman (1980) reportó herenica cuantitativa para la resistencia a *Xcp*.

Digitized by Google

MEJORAMIENTO GENÉTICO

Las primeras variedades tolerantes a bacteriosis común obtenidas por cruzamientos, fueron Tendergreen, Pinto No.5 y Fullgreen (Wade, 1937; Zaumeyer, 1943-1947; Zaumeyer y Thomas, 1957).

En Nebraska el mejoramiento para resistencia a bacteriosis se inició con las cruzas interespecíficas de *P. vulgaris* x *P. acutifolius* obtenidas por Honma (1956).

La línea GN # 1 SEL 27, la cual ha sido utilizada ampliamente como fuente donante de tolerancia a *Xcp* es progenitor de Tara, Jules y más recientemente del cultivar pinto Chase (Coyne y Shuster, 1969, 1970; Coyne et al., 1963, 1965, 1994) proveniente de los cruzamientos interespecíficos de Honma. GN # 1 SEL 27 y PI 207262 fueron incorporadas como fuentes donantes de resistencia a bacteriosis en las primeras cruzas del CIAT, CNPAF y IAPAR (CIAT, 1986, 1987; Mohan y Mohan, 1983; Rava et al., 1992).

Las fuentes originadas en Nebraska y sus progenies presentaron mala adaptación en el trópico (Beebe, 1982, CIAT, 1987; Webster et al., 1980), lo cual obligó a buscar nuevas estrategias para obtener resistencia a la bacteriosis común (CIAT, 1986, 1987)

La obtención de líneas resistentes pero con adaptación al trópico y la diversificación de fuentes donantes

La obtención en CIAT de líneas resistentes pero con buena adaptación, como XAN 112, permitió superar las dificultades en adaptación con otras fuentes donantes como PI 207262, GN # 1 SEL 27. Similar estrategia fue utilizada en el IAPAR para obtener las líneas BAC (Mohan y Mohan, 1983). Un análisis de pedigrí realizado de las líneas del CIAT en 1986 encontraron que las fuentes donantes utilizadas hasta ese momento eran las líneas provenientes de Nebraska, por lo tanto orientaron su estrategia a incorporar otras fuentes en los cruzamientos como Honduras 46, Tamaulipas 9-8 (CIAT, 1986).

La obtención de nuevas líneas provenientes de cruzamientos interespecíficos

Uno de los mayores avances en la búsqueda de resistencia a bacteriosis fue la obtención de la línea XAN 159, generada de un cruzamiento de *P. vulgaris* x *P. acutifolius*, realizado en la Universidad de California-Riverside (CIAT, 1983, 1984; McElroy, 1985), la cual ha sido utilizada como fuente donante de resistencia (Park y Dhanvantari, 1994).

Se han obtenido líneas con resistencia proveniente de cruzas interespecíficas con *P. coccineus*, especialmente en Canadá (Park y Dhanvantari, 1987) y en Puerto Rico, como TARS VCI-4B (Miklas et al., 1993, 1994a).

La piramidación de genes

La cual consiste en la acumulación de genes de diferentes fuentes a través de cruzamiento (Mohan y Mohan, 1983) ha sido utilizada para obtener líneas con mayor grado de resistencia. Un claro ejemplo lo ofrecen las líneas W-BB-20-1 Y W-BB-35 desarrolladas en Puerto Rico las cuales tienen como progenitores GN #1 SEL 27 (derivan su resistencia de *P. acutifolius*), PI 207262 *(P.*

Digitized by Google

vulgaris resistente), 180745, 180746 y 65859 *(P. vulgaris* x *P. coccineus)* (Zapata et al., 1991). Otros desarrollos en tal sentido se han dado con las líneas XAN 309, XAN 330 en CIAT; NY 79-3776-1, G 17341 y Wilkinson 2 en Universidad de Cornell (Singh et al., 1996) y algunas líneas BAC en IAPAR (Mohan y Mohan, 1983). Recientemente se obtuvo en CIAT las líneas VAX provenientes de cruzamientos interespecíficos con *P. acutifolius* y piramidación de genes (Singh et al., 1996).

Nuestros objetivos de este estudio fueron:

1. Determinar el nivel de resistencia a *Xcp* en *P. acutifolius, P. coccineus, P. lunatus, y P. vulgaris.*
2. Generar líneas con alto nivel de resistencia a *Xcp* a través de cruzas interespecíficas y piramidación de genes.
3. Medir el progreso genético obtenido en la resistencia a *Xcp*.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó entre 1994 y 1997 en CIAT-Quilichao (temperatura 24 °C, precipitación 1000 mm y altitud de 1000 msnm). La estación reúne condiciones especiales para una evaluación óptima de la reacción de materiales a la bacteriosis común.

Para conformar el estudio se analizó el germoplasma y la información generada sobre bacteriosis común de años anteriores. Igualmente se analizó la información existente en la literatura sobre las mejores fuentes de resistencia reportadas en *P. acutifolius, P. coccineus, P. lunatus* y *P. vulgaris*. Se incluyeron además todos (Mejía-Jiménez et al., 1994) los cultivares y líneas mejoradas disponibles y progenies sobresalientes provenientes de cruzamientos interespecíficos entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* y entre *P. vulgaris* y *P. coccineus* y de piramidación de genes realizadas en CIAT y en otras instituciones.

Se evaluaron 92 genotipos de *P. acutifolius*, 40 de *P. lunatus* y 71 de *P. coccineus*, 67 cultivares criollos y 136 líneas mejoradas de *P. vulgaris*. Además se evaluaron 647 líneas provenientes de cruzas interespecíficas entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius*, 132 de cruzas interespecíficas entre *P. vulgaris* y *P. coccineus*, y 1084 provenientes de piramidar genes.

Inicialmente los viveros se sembraron en parcelas de un surco de 2 m de largo y 60 cm de ancho y se utilizó como testigo susceptible el cultivar ICA Pijao, él cual se sembró en los bordes y a través del mismo. Los materiales promisorios subsecuentemente fueron evaluados en parcelas con dos y tres repeticiones y dos ó tres años.

La inoculación con *Xcp*, se realizó con dos métodos, cuchillas y aspersión. El método de cuchillas consistió en hacer dos incisiones paralelas con hojas para bisturí a los tres folíolos de la primera ó segunda hoja, al tiempo que se humedecia la herida con una espuma que contenia una solución con la bacteria, a una concentración de 5×10^7 células por ml; se realizarón dos inoculaciones, una a los 20 días de siembra y la segunda a los 28 días. El método de aspersión consistió en aplicar al follaje de los genotipos una solución con bacteria, de igual concentración a la del método de cuchillas, mediante una bomba de espalda con alta presión de salida y se realizarón 4 inoculaciones a partir de los 20 días después de siembra.

Los genotipos se evaluarón semanalmente a partir de los 10 días de la primera inoculación hasta cuando las plantas comienzan a defoliarse en el final del ciclo reproductivo, utilizando la escala

Digitized by Google

estandar de 1 a 9 (van Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987), donde 1 significa plantas sin síntomas visibles de la enfermedad y 9 significa plantas con mas del 25% del área foliar cubierta por lesiones grandes, necróticas, que se juntan unas con otras y ocasionan defoliación de la planta; las plantas se clasifican como resistentes si su reacción a la enfermedad es de 1 a 3, intermedias de 4 a 6 y susceptibles de 7 a 9.

Cuando dentro de un genotipo o de una progenie segregante había variación en la reacción de las plantas se registraban todas las notas que se observaban; las plantas de las progenies segregantes de cruzamientos interespecíficos y de piramidación de genes con reacción de 1 o 2 se marcarón con una cinta para cosecharlas posteriormente como selecciones individuales.

Además de la evaluación de bacteriosis, se tomaron datos de color y tamaño de semilla, adaptación vegetativa, días a floración, color de flor, habito de crecimiento, adaptación reproductiva y dias a cosecha. Los datos se analizarón promediando las diferentes notas de reacción de un genotipo para cada una de las evaluaciónes, replicaciónes, métodos y semestres o años de siembra, mediante el uso del paquete estadistico SAS, y se determinó igualmente la diferencia minima significativa (DMS al 0.5%).

RESULTADOS

El germoplasma de *P. acutifolius* presentó los mayores niveles de resistencia; en algunos genotipos se observó reacción de 1 como G 40029 y G 40034, la mayoria resistentes con notas mayores de 2 ó intermedios como G 40022 y en algunos susceptibilidad como G 40110. La mayoría del germoplasma evaluado de *P. coccineus* presentó susceptibilidad, los mejores presentaron reacción intermedia pero con notas mayores de 5 en promedio. La mayoría del germoplasma de *P. lunatus* presentó susceptibilidad, los mejores observaron reacción intermedia pero con notas superiores a 6 en promedio, igual situación ocurre con el germoplasma criollo de *P. vulgaris* como pudimos observar en el caso de PI 207262 y Tamaulipas 9-B.

Se comparó la reacción a bacteriosis observada en líneas obtenidas de cruzamientos interespecíficos entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* y entre *P. vulgaris* y *P. coccineus*. Las líneas obtenidas entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* presentan reacciones intermedias en promedio, aunque la linea XAN 159 tiende a estar en el limite entre resistente e intermedio. Las lineas obtenidas entre *P. vulgaris* y *P. coccineus* presentan reacciones que van desde intermedio como en el caso de ICB 3 hasta susceptible como el caso de ICB 11.

El grupo de las lineas provenientes de piramidación de genes, en general presentó desde reacción altamente resistente como en el caso de las lineas VAX 3, VAX 4 y VAX 6 hasta reacción intermedia como en la linea WBB-20-1.

Las líneas mejoradas de *P. vulgaris* presentarón en su mayoría susceptibilidad, la reacción de las mejores fue intermedia con notas desde 4. Dentro de este grupo se reportan líneas mesoamericanas como MUS 105 y G 18484 y líneas de grano grande tipo andinas como ZAA 91 y ZAA 93.

Se encontró variación entre plantas de líneas obtenidas a través de piramidación de genes y la ganancia obtenida fué alta cuando se seleccionaron plantas individuales con reacción de 1 o 2.

Digitized by Google

DISCUSION

Los resultados indican que el nivel de resistencia a *Xcp* más alto se encuentra en *P. acutifolius* (Tabla 1), lo cual esta de acuerdo con los resultados de otros investigadores (Coyne et al, 1963; McElroy, 1985; Drijfhout y Blok, 1987; Freytag, 1989; Schuster et al., 1983). Pero los resultados tambien indican que hay variación en la reacción de los genotipos de *P. acutifolius*, lo cual puede ser explicado por la existencia de diferentes genes de resistencia a la enfermedad dentro de la especie, como lo sugiere tambien los resultados encontrados por Urrea et al. (1996). Igualmente, se deduce que no se transfiere totalmente la resistencia de *P. acutifolius* a *P. vulgaris*, cuando se observa que la mejor línea, XAN 159, obtenida directamente de cruzamiento interespecífico tiende a estar en el limite entre resistente e intermedio y las demás son intermedias.

Los resultados encontrados en germoplasma criollo y líneas mejoradas de *P.vulgaris*, *P. coccineus* y *P. lunatus*, los cuales indican que la mayoría de los genotipos evaluados son susceptibles y los mejores tiene reacción intermedia, sugieren que los genes de resistencia contenidos en los pocos genotipos intermedios de estas especies son de grado menor a los de *P. acutifolius*, lo cual es contrario a los resultados reportados para *P. coccineus* por Zapata et al. (1985) y para *P. lunatus* por Lyman (1980).

Se observó que la reacción intermedia a la enfermedad mostrada por las lineas provenientes de cruzas con *P. coccineus* es similar a las mejores de esta especie, lo cual sugiere que es posible transferir sus genes de resistencia más facilmente que los de *P. acutifolius*, debido posiblemente al hecho de pertenecer a un acervo más cercano a *P. vulgaris*.

Los resultados encontrados en las líneas provenientes de piramidación de genes, sugieren a este método como el mejor camino, hasta ahora, para obtener líneas con mayor resistencia, con niveles cercanos a los mejores genotipos de *P. acutifolius*, como en el caso de las líneas VAX 3, VAX 4 y VAX 6. Esto sugiere que cuando un cruzamiento posee diferentes fuentes de resistencia de diversos origenes, se pueden alcanzar mayores niveles de resistencia.

Se observó igualmente en las líneas provenientes de piramidación de genes, una amplia variación que va desde líneas muy resistentes a lineas intermedias, como se pudo observar en VAX 4 y WBB-20-1. Si se observan los progenitores de VAX 4, los cuales tienen 3 fuentes resistentes diferentes de *P. acutifolius* y una fuente resistente de *P. vulgaris* y los progenitores de WBB-20-1 los cuales tienen una fuente resistente de *P. acutifolius*, una fuente de *P. vulgaris* y 3 de *P. coccineus* (Zapata et al., 1991), se concluye que la escogencia de los padres es muy importante para un uso eficiente de la piramidación de genes. Tambien estos resultados sugieren que la piramidación de genes puede potenciar los cruzamientos interespecificos con fríjol tepari, superando las limitaciones expuestas anteriormente.

La variación encontrada en plantas de las líneas provenientes de piramidación de genes, sugieren inestabilidad ó segregación de algunos loci involucrados en el control de la resistenicia para bacteriosis, pero estas limitaciones pueden ser superadas con una selección estricta de las mejores plantas, como lo indica los logros alcanzados con las líneas VAX 3, VAX 4, VAX 5 y VAX 6. En estos resultados tambien se observó la utilidad del método de cuchillas ó agujas múltiples por la posibilidad que brinda de diferenciar las reacciones de las plantas de un material.

Digitized by Google

Tabla 1. Comparación de la reacción a bacteriosis común (BC) de las especies cultivadas de *Phaseolus* y de las líneas provenientes de cruzamientos interespecíficos y piramidación de genes.

Genotipos	Rango de reacción a BC
P. acutifolius	1.2 -8.0
P. coccineus	4.8 - 6.7
P. lunatus	4.2 -6.9
P. vulgaris	
Criollos	6.1 - 6.8
Líneas mejoradas	3.4 - 6.8
P. vulgaris x *P. acutifolius*	3.8 - 7.0
P. vulgaris x P. coccineus	4.2 - 7.0
Líneas de piramidación de genes	1.5 - 6.2

REFERENCIAS

Adams, M.W., J.D Kelly, and A.W. Saettler. 1988. A gene for resistance to common blight. (*Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli*). Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 31: 73-74.

Aggour, A.R., and D.P. Coyne. 1989. Heritability, phenotypic correlations, and asociations of the common blight disease reactions in beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:828-833.

Aggour, A.R., D.P. Coyne, and A. Vidaver. 1988. Testing methods, resistance to seed transmission and genetics of the reaction to *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* in *Phaseolus vulgaris*. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 31:75-76.

Aggour, A.R., D.P. Coyne and A.K Vidaver. 1989. Comparison of leaf and pod disease reactions of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated by different methods with strains of *Xanthomonas campestris* p.v. *Phaseoli* (Smith) Dye. Euphytica. 43: 143-152.

Ariyarathne, H. M., D.P. Coyne, A.K. Vidaver, and K.M. Eskridge. 1995. Inheritance of Resistance and associations of leaf, pod and seed reactions to common bacterial blight in commons beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 38:160-161.

Arnaud-Santand, E., D.P. Coyne, K.M. Eskridge, and A.K. Vidaver. 1994a. Inheritance, low correlations of leaf, pod, and seed reactions to common bacterial blight disease in commons beans, and implications for selection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 116-121.

Arnaud-Santand, E., D.P. Coyne, and Steadman, J.R. 1989. Inheritance of the reaction to *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* and days to flowering in commons beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 32:100.

Arnaud-Santand, E., D.P. Coyne, J.R. Steadman, J.S. Beaver, A. Mora, and J.C. Nin. 1992. Inheritance and heritabilities of the reactions to web blight and common bacterial blight

Digitized by Google

diseases, plant architecture and their associations in dry beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 35:119-120.

Arnaud-Santand, E., D.P. Coyne, J.R. Steadman, K.M. Eskridge, and J.S. Beaver. 1994b. Heritabilities of seed transmission, leaf and pod reactions to common blight leaf reaction to web blight and plant architecture, and their associations in dry beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:46-47.

Arnaud-Santand, E., M.T. Mmbaga, D.P. Coyne and J.R. Steadman. 1993. Sources of resistance to common bacterial blight and rust in elite *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. Hortscience 28: 644-646.

Beebe, S. 1988. La genética cuantitativa en *Phaseolus vulgaris*: El ejemplo de la resistencia a *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli*. p. 222-239. *En* CIAT. Temas actuales en mejoramiento genético de fríjol común. Memorias del Taller Internacional de Mejoramiento Genético de fríjol.

Beebe, S. E. and M. Pastor-Corrales. 1991. Breeding for disease resistence. p. 561-617. *En* Shoonhoven, A. Van. and O. Voysest (eds.). Common Beans: Research for Crop Improvement.

Burkholder, W.H. 1924. Varietal susceptibility among bean to the bacterial blight. Phytopathology. 14:1-7.

CIAT. 1981. Common bacterial bight. Bean Program Annu. Rep. p. 44-45.

CIAT. 1983. Añublo bacteriano común. Programa de Fríjol. Informe Anual. p. 38.

CIAT. 1984. Añublo bacteriano común. Programa de Fríjol. Informe Anual. p. 42-50.

CIAT. 1986. Añublo bacteriano común. Programa de Fríjol. Informe Anual. p. 63-64.

CIAT. 1987. Añublo bacteriano común. Programa de Fríjol. Informe Anual. p. 108-115.

CIAT. 1990. Common bacterial blight. Bean Improvement Annu. Rep. Internal Circulation. p. 72-92.

CIAT. 1993. Common bacterial blight. Bean Improvement Annu. Rep. Internal Circulation. p. 37-48.

Coyne, D.P., and M.L. Shuster. 1969. "TARA" - A new great northernvariety tolerant to common blight bacterial disease. University of Nebraska - The Agricultural Experiment Station. Bull 506. 10 p.

Coyne, D.P., and M.L. Shuster. 1970. "JULES" - A new great northern dry bean variety tolerant to common blight bacterium (*Xanthomonas phaseoli*). Plant Dis. Rep. 54:557-559.

Coyne, D.P., and M.L. Shuster. 1974a. Breeding and genetic studies of tolerance to several bean (*Phaseolus vulgaris* L.) bacterial pathogens. Euphytica. 23: 651-656.

Coyne, D.P., and M.L. Shuster. 1974b. Differential reaction of pods and foliage of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Xanthomonas campestris*. Plant Dis. Rep. 58:

Coyne, D.P., and M.L. Shuster. 1983. Genetics of and breeding for resistance to bacterial pathogens in vegetable crops. Hortscience 18:30-36.

Coyne, D.P., E. Arnaud-Santana, G. Jung, S. Park, J. Ariyarathne, Z. Zhang, A. Mitra, A. Vidaver, and M. Mohamed. 1996. Genética molecular y clasica y estrategias de mjoramiento para la resistencia a la bacteriosis comun del frijol. *En* 1ª Taller Internacional sobre la Bacteriosis Común del Fríjol. Univ. Puerto Rico. 22 pp.

Coyne, D.P., D.S. Nuland, D.T. Lindgren, and J.R. Steadman. 1994. "CHASE" pinto dry bean. Hortscience 29:44-45.

Digitized by Google

Coyne, D.P., M.L. Shuster and AL-YASIRI, S. 1963. Reaction studies of bean species and varietes to common blight and bacterial wilt. Plant Dis Rep. 47:1963.

Coyne, D.P., M.L. Shuster, and K.Hill. 1973. Genetic control of reaction to common blight bacterium in bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by plant age and bacterial multiplication. J. Amer. Soc. Hort. 98:94-99.

Coyne, D.P., M.L. Shuster and L. Harris. 1965. Inheritance, heritability and response to selection for common blight (*Xanthomonas phaseoli*) tolerance in *Phaseolus vulgaris* field bean crosses. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 86:373-379.

Coyne, D.P., M.L. Shuster and L. Shaughnessy. 1966. Inheritance of the reaction to halo blight and common blight bacterial in a *Phaseolus vulgaris* variety cross. Plant Dis Rep. 50:29-32.

Drijfhout, E., and WJ. Blok. 1987. Inheritance of resistance to *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* in tepary bean *(Phaseolus acutifolius).* Euphytica, 36: 803-808.

Dursun, A., D.P. Coyne, M.F. Mohamed, and G. Jung. 1995. Inheritance of resistance to common bacterial blight in tepary beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 38:162-163.

Freytag, G.F. 1989. Inheritance of Resistance to three strains of Common bacterial blight *(Xanthomonas campestris)* in the cultivated tepary bean (*Phaseolus acutifolius* var. *latifolius*). Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 32:101-102.

Honma, S. 1956. A bean interspecific hybrid. J. Hered. 47:217-220.

Jung, G., D.P. Coyne, P.W.Skroch, J. Nienhuis, E. Arnaud-Santand, J. Bokosi, H.M.Yarathne, J.M. Steadman, and J.S. Beaver. 1995. Construction of a rapd genetic linkage map and locations of common blight, web blight, and rust resistance loci and plant architecture loci in *Phaseolus vulgaris* L. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 38:113-114.

Kelly, J.D., and L.D. Copeland. 1996. Status of common bacterial blight problem in Michigan dry beans. p. 173-177. *En* 1er Taller Internacional Sobre Bacteriosis Común. Univ. Puerto Rico.

Kolkman, J M., and T.E. Michaels. 1994. Major gene control of Common bacterial blight in *Phaseolus vulgaris.* Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:73-74.

Leyna, H., and D.P. Coyne. 1985. The effect of inoculation methods, pathogenic variability and inoculum concentrations on reactions and genetics of resistance to isolates of *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* in leaves and pods of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 28:70-71.

Lyman, J.M. 1980. Adaptation and breeding studies on the lima bean, *Phaseolus lunatus* L., as a food legume for Latin American. Thesis Ph. D. Cornell University. 103-142.

McElroy, J.B. 1985. Breeding dry beans, *Phaseolus vulgaris* L., for common bacterial blight resistance derived from *Phaseolus acutifolius* A. Gray. Thesis Ph. D. Cornell University. 45 pp.

Mejía-Jiménez, A., C. Muñoz, H.J. Jacobsen, W.M. Roca, and S.P. Singh. 1994. Interspecific hybridization between common and tepary beans: increased hybrid embryo growth, fertility, and efficiency of hybridization through recurrent and congruity backcrosing. Theor. Appl. Genet. 88:324-331.

Michales, T.E. 1992. Genetic control of common blight resistance in lines derived from *P. vulgaris P. acutifolius* crosses. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 35:40-41.

Miklas, P.N., J.S. Beaver, K.F. Grafton, and G.F. Freytag. 1994a. Registration of TARS VCI-4B multiple disease resistant dry bean germplasm. Crop Sci. 34:14-15.

Digitized by Google

Miklas, P.N., J.C. Rojas, J.C. Beaver, L. Telek, and G.F. Freytag. 1994b. Field perfomance of select tepary bean germoplasm in the tropics. Crop Sci. 34:1-7.

Mohan, S.T. 1981. Breeding dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for Common bacterial blight resistance: relation of "days to flowering" to blight reaction. Turrialba 31:109-112.

Mohan, S.T. 1982. Evaluation of *Phaseolus coccineus* Lam. germplasm for resistance to common bacterial blight of bean. Turrialba 32:489-490.

Mohan, S.T.,a nd S.K. Mohan. 1983. Novas linhagens do feijoeiro resistentes ao crestamiento bacteriano comum. Pesq. Agropec. Bras. 18:1117-1120.

Musaana, M.S., O.D. Mwandemele, and H. Gridley. 1993. Influence of plant age, inoculation method and scoring data on reaction of beans to *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli.* Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 36:154-155.

Park, S.J., and B.N. Dhanvantari. 1987. Transfer of common blight (*Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli*). Resistance from *Phaseolus coccineus* Lam. To *P. vulgaris* L. through interspecific hybridization. Can. J. Plant Sci. 67:685-695.

Park, S.J., and B.N. Dhanvantari. 1994. Registration of common bean blight Resistant germoplasm, HR 45. Crop Sci. 34:548.

Pompeu, A.S. and L.V. Crowder. 1972. Inheritance of resistance of *Phaseolus vulgaris* L. (Dry beans) to *Xanthomonas phaseoli* Dows. (common blight). Ciencia e Cultura. 24:1055-1063.

Rava, C.A., J.G. Da Costa, and A. Sartorato. 1992. Obtençâo e seleçâo de linhageus de *Phaseolus vulgaris* L. resistentes a *Xanthomonas campesris* e a raça alfa Brasil de *Collectotrichum lindemuthianum.* Cienc. e Prat. Lauras. 16:381-388.

Redden R.J., M. Moffett, T., Usher, and M. Riley. 1987. Resistance to common bacterial blight in selected accessions of *Phaseolus* species. Queensland. J. Agric.Animal Sci. 44:143-148.

Rodríguez, R. y J. Villatoro. 1996. Mejoramiento para resistencia a bacteriosis común, *(Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* Burk) Starr y Burk, en Guatemala. p. 268-295. *En* 1er Taller Internacional Sobre Bacteriosis Común. Univ. Puerto Rico.

Saettler, A.W. 1994. Bacteriosis común. p. 303-329. *En* M.A. Pastor-Corrales y H.F. Schwartz (eds.). Problemas de Producción del Fríjol de los Trópicos. 2a. Ed.

Saladín, F. 1996. Situación del cultivo de fríjol en República Dominicana: Importancia económica, limitantes del cultivo y resultados sobre el manejo en bacteriosis común. p. 252-267. *En* 1er Taller Internacional sobre la Bacteriosis Común del Fríjol. Univ. Puerto Rico.

Scott, M.E. and T.E. Michaels. 1988. Inheritance of Resistance to Common Bacterial Blight in Common Bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 31:72.

Shuster, M.L. , D.P. Coyne, and H. Leyna. 1983. Sources of *Phaseolus* species resistance and leaf and pod differential reactions to common blight. Hortscience 18:901-903.

Silva, L.O., S.P. Singh, and M.A. Pastor-Corrales. 1989. Inheritance of resistence to bacterial blight in Common Bean. Theor. Appl. Gen. 78:619-624.

Singh, S.P., C.G. Muñoz, W. Roca, and M.A. Pastor-Corrales. 1996. Breeding common bean for common bacterial blight resistance in the tropics. *En* 1er Taller Internacional sobre la Bacteriosis Común del Fríjol. Univ. Puerto Rico.

Urrea, C., P. Miklas, J. Beaver, and M. Zapata. 1996. Genetics of resistance to common bacterial blight in tepary bean. p. 86-94. *En* 1er Taller Internacional sobre la Bacteriosis Común del Fríjol. Univ. Puerto Rico.

Digitized by Google

Valladares-Sánchez, N.E., D.P. Coyne, and R.F. Mumm. 1983. Inheritance and associations of leaf, eternal and internal pod reactions to common blight bacterium in *Phaseolus vulgaris* L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:272-278.

Valladares-Sánchez, N.E ,D.P. Coyne, and M. Shuster. 1979. Differential reaction of leaves and pods of phaseolos germplasm to strains of *Xanthomonas phaseoli* and transgressive segregation for tolerance from crosses of susceptible germplasm. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:648-654.

van Schoonhoven, A. y M.A. Pastor-Corrales. 1987. Sistema estandar para la evaluación de germoplasma de Frijol. CIAT. p.43-45.

Wade, B.L. 1937. Breeding and improvement of peas and beans. Yearbook of Agriculture. USDA. p. 251-282

Webser, D. M., S.R. Temple, and H.F. Schwartz. 1980. Selection for resistance to *Xanthomonas phaseoli* in dry beans. Crop Sci. 20:519-522.

Yoshii, K. 1980. Common and fuscous blights. p. 155-172. *In* H.F. Schwartz and G.E. Galvez. Bean Production Problems. CIAT, Cali, Colombia.

Zapata, M. 1996. Identificación de razas de *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* en hojas de *Phaseolus vulgaris*. p. 53-68. *En* 1er Taller Internacional sobre la Bacteriosis Común del Fríjol. Univ. Puerto Rico.

Zapata, M., G.F. Freytag and R.E. Wilkinson. 1985. Evaluation for bacterial blight resistance in beans. Phytopathology. 75:1032-1039.

Zapata, M., R. Wilkinson, G.F. Freytag, H. Vélez, F.H. Ortiz, and J.H. López-Rosa. 1991. Incorporating resistance to *Xanthomonas campestris* p.v. *phaseoli* into bean using the latent period as a resistance marker. J. Agric. Univ. Puerto Rico. 75:345-352.

Zaumeyer, W.J. 1943-1947. Control of bean disease. Yearbook of Ariculture. USDA. p 333-337.

Zaumeyer, W.J., and H. Thomas. 1957. A monographic study of bean diseases and methods for their control. USDA, Technical Bulletin. No.868. 255 p.

Digitized by Google

74

30 ENE 1998

130

Marcadores SCAR y RAPD para la Resistencia a la Bacteriosis Común (CBB) del Frijol

F. Pedraza, G. Gallego, S. Beebe y J. Tohme.
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Para marcar los loci que determinan la resistencia al ataque de la bacteriosis común en frijol, se emplearon los polimorfismos en el ADN aleatoriamente amplificado (RAPD), junto con tres diferentes metodologías de análisis génico: análisis de los segregantes diferencialmente agrupados (BSA), selección de marcadores mediante genotipos contrastantes y selección con base en los genotipos donadores de la característica génica de interés. Mediante estas técnicas y usando una población de cien líneas F_8 recombinantes homocigotas originadas de plantas individuales F_5, provenientes del cruzamiento de DOR 476 x SEL 1309, se identificaron 33 decanucleótidos cebadores de la ADN-polimerasa (RAPD *primers*), que en conjunto amplificaron 84 fragmentos de ADN polimórficos para los parentales. Estos marcadores RAPD, fueron mapeados sobre 17 grupos de ligamiento (512,3 cM), uno de ellos (83,2 cM) conformado por seis marcadores RAPD, presentó el mayor efecto sobre las diferencias fenotípicas observadas en la reacción foliar al ataque de CBB. Del anterior conjunto se selecciono el marcador con una fuerte influencia sobre la resistencia a bacteriosis, para diseñar un par de oligonucleótidos cebadores de 20 mer, que permitiesen la amplificación específica de dicho locus, bajo unas condiciones de astringencia mayores a las usadas con el cebador RAPD, determinando de esta forma un marcador SCAR para resistencia a esta enfermedad. Se observó que este par de cebadores amplifican sólo un locus en el parental resistente (SEL 1309) y ninguno en el susceptible (DOR 476), este locus es también inequívocamente amplificado a partir de los genomas de XAN 159 y de la accesión G 40020 de *P. acutifolius* usada como fuente primaria de resistencia, confirmando los resultados obtenidos mediante la técnica RAPD.

La selección fenotípica mediante marcadores moleculares, es la selección realizada básicamente sobre marcadores ligados a una región génica fenotípicamente caracterizada y en la que la expresión fenotípica de la misma ocupa un segundo lugar, de esta forma la identificación de un fenotipo se reduce a la presencia o ausencia de uno o varios marcadores, sobre los cuales el medio ambiente no ejerce ninguna influencia. Esta característica es muy importante cuando se quiere combinar en un genotipo aquellos genes que determinan un fenotipo cuantitativo (Dudley, 1993).

En el frijol común la bacteriosis (CBB) provocada por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) dye (Xcp) provoca grandes pérdidas a nivel mundial, especialmente por afectar directamente a la semilla (Beebe y Pastor-Corrales, 1991). La principal fuente de resistencia ante su ataque ha sido encontrada en *P. acutifolius* de donde ha sido incorporada a frijol común mediante cruces interespecíficos (Beebe y Pastor-Corrales, 1991). Este tipo de resistencia ha sido reportada como cuantitativa, teniendo como mínimo tres genes determinantes de la misma (Nodari, 1993). Esta característica genética de la resistencia, sugiere que la selección fenotípica mediante marcadores moleculares podía ser de gran utilidad para implementar y mejorar la resistencia a CBB en frijol común.

En el presente trabajo hemos propuesto: 1) emplear el análisis de ADN polimórfico aleatoriamente amplificado (RAPD, Williams et al., 1990) para identificar fragmentos de ADN que sirvan como marcadores moleculares para los loci que determinan las diferencias fenotípicas observadas en la reacción foliar al ataque de CBB, y 2) emplear la metodología utilizada por Paran

Digitized by Google

y Michelmore (1993) para desarrollar oligonucleótidos cebadores específicos para estos marcadores (SCAR *primers*).

MATERIALES Y METODOS

Material Vegetal

El análisis RAPD reportado aquí se baso en una población de cien líneas F_8 recombinantes homocigotas originadas de plantas individuales F_5, provenientes del cruzamiento de DOR 476 x SEL 1309, el cual fue desarrollado para combinar las resistencias al virus del mosaico dorado (VMD) (DOR 476) y a CBB (SEL 1309), en un frijol rojo-pequeño adaptado a la América Central. SEL 1309 deriva la resistencia a CBB de *P. acutifolius* a través de XAN 159.

Evaluación de la Reacción ante la Infección con Xcp

La evaluación de la reacción foliar al ataque de Xcp fue realizada en casa de malla, mediante inoculación artificial usando una modificación del método de las cuchillas descrito por Pastor-Corrales et al. (1981), la evaluación de la intensidad de la enfermedad se realizo 14 días después de la inoculación y se basó en una escala de 1 a 9 (Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987), donde se califica con 1 las líneas que no presentan síntomas de la enfermedad y con 9 a las líneas con más del 90% de necrosis o clorosis foliar.

Extracción del ADN y PCR

Para la extracción del ADN se uso la primera hoja trifoliada de plantas creciendo en casa de malla. Para la extracción, cuantificación, dilución, y amplificación mediante RAPD-PCR del ADN se siguieron las indicaciones consignadas en el manual de protocolos para marcadores moleculares de la Unidad de Biotecnología del CIAT.

Selección de Marcadores RAPD

Para escoger los marcadores RAPD aquí usados se siguieron las siguientes estrategias: 1) selección de los cebadores RAPD con base en los genotipos fuente de los loci determinantes de la resistencia a bacteriosis, en este caso G 40020 (*P. acutifolius*) y XAN 159, además de los parentales, con esta metodología se seleccionaron los cebadores que amplificaban marcadores RAPD exclusivamente comunes a los materiales resistentes, 2) selección mediante el análisis de los segregantes diferencialmente agrupados (BSA, Bulked Segregant Analysis) (Michelmore et al., 1991), en el cual el grupo resistente estaba compuesto de tres individuos y el susceptible por cinco individuos, los cebadores RAPD así seleccionados fueron finalmente evaluados y seleccionados mediante la amplificación individual de los fenotipos más contrastantes. De esta forma se estudiaron, seis individuos resistentes y seis susceptibles, en ambos casos se incluyeron a las líneas usadas en el BSA, junto con estas líneas se incluyeron diez líneas con reacción intermedia a bacteriosis, este conjunto de 22 líneas agrupaban los fenotipos más contrastantes en su reacción a bacteriosis y a VMD. En esta etapa se seleccionaron los cebadores RAPD que producían marcadores

Digitized by Google

RAPD que cosegregaban con más del 70% de los materiales resistentes y con menos del 30% de los susceptibles. Finalmente se amplifico la totalidad de la progenie usando estos cebadores, leyendo la totalidad de los marcadores RAPD producidos.

Análisis de Ligamiento

Para confirmar el ligamiento de un marcador RAPD a uno cualquiera de los loci determinantes de la resistencia a bacteriosis se le realizo a cada uno de los marcadores la prueba de análisis de las varianzas (ANOVA). En donde una $P \leq 0.001$ en la prueba F, era evidencia suficiente para considerar que el marcador se encuentra ligado a uno de los loci mencionados.

Todos los loci RAPD fueron mapeados mediante el programa MAPMAKER v3.0 (Lander et al., 1987), en el cual el ligamiento se determino a un LOD score de 3.0, las distancias entre los loci ligados se corrigieron mediante la función de Kosambi (Kosambi, 1994).

Análisis Mediante la Amplificación de Regiones de Secuencia Caracterizada (SCAR)

El principal marcador RAPD ligado a la resistencia a bacteriosis, fue purificado a partir del gel mediante el *kit* Wizard PCR-preps (Promega) y reamplificado mediante la Pfu ADN polimerasa (Stratagene) para obtener un buen nivel de extremos romos para ser clonados en el vector pCR-script (KS)+ (Stratagene) según las indicaciones del fabricante. La secuenciación de doble cadena (sequenase, USB) fue realizada mediante el método de terminación de cadena por presencia de dideoxinucleotidos, usando como cebadores de la ADN polimerasa los cebadores T3 y T7.

Para diseñar los cebadores SCAR se tomo como base la secuencia inicial del cebador a la cual se agregaron los diez nucleótidos subsiguientes. La amplificación mediante estos cebadores se desarrollo bajo el siguiente programa: 35 ciclos de 94°C por 30 seg. 60 °C por 30 seg y 72 °C por 1 minuto.

RESULTADOS

De un total de 320 decanucleótidos cebadores RAPD ensayados, 33 de ellos identificaron 105 polimorfismos entre los parentales, de los cuales 21 no fueron tomados en cuenta para el presente trabajo por presentar una marcada desviación (chi-cuadrado > 2) en la proporción 1:1 esperada. De los 84 restantes sesenta y cuatro fueron asignados a 18 grupos de ligamiento, donde las distancias entre marcadores en total sumaron 512,3 cM.

Mediante la selección con base en los genotipos fuente de los loci determinantes de la resistencia a bacteriosis, fue posible identificar siete marcadores RAPD con una fuerte influencia sobre el fenotipo resistente. Seis de ellos parecen provenir únicamente de *P. acutifolius* a través de XAN 159 (Tabla 1), por cuanto no fue posible amplificarlos a partir de los demás miembros del linaje de SEL 1309. El análisis de ligamiento revelo que estos seis marcadores se encuentran ligados entre si (LOD score de 3,0) con una distancia promedio de 13,86 cM. grupo al cual arbitrariamente se denominó chrom9. El análisis de regresión realizada sobre estos marcadores, revelo que UO91(700pb) es el que presenta el mayor efecto (R^2= 17.4%) sobre las diferencias fenotípicas observadas en la reacción foliar al ataque de CBB, razón por la cual fue convertido a marcador SCAR.

Digitized by Google

Tabla 1. Distancias (cM) y variación (R^2) en la reacción foliar al ataque de CBB explicada por los marcadores ligados en chrom9.

Marcador[a]	Distancia (cM)	Variación ($R^{2)}$
E044	9.6	4.6
E074	17.2	10.8
AA191	13.2	16.4
SU091	0.5	23.7
U091	18.9	17.4
E012	27	14.3
E043		10.8

[a] Las letras y los dos primeros dígitos identifican los cebadores RAPD (Operon) usados, SU 091 identifica el SCAR aquí desarrollado.

Análisis Mediante la Amplificación de Regiones de Secuencia Caracterizada (SCAR)

Con base en la secuencia de SUO 91 se construyeron un par de oligonucleótidos cebadores de 20 mer de longitud, (Tabla 2), que permitieron la amplificación selectiva de este locus, únicamente a partir del parental resistente, el cual como sucede con el marcador RAPD original se comporta en forma dominante es decir que puede ser evaluado como la presencia o ausencia de una banda. Cuando se uso este par de cebadores para amplificar, el ADN de la población aquí reportada se encontró que era posible amplificar el mismo locus en cuatro individuos, que según el análisis RAPD no lo poseían, este resultado incrementó el porcentaje de variabilidad explicado por este marcador el cual pasó de 17.4% del marcador RAPD a 23.7% en el marcador SCAR. Este marcador SCAR también es amplificado inequívocamente en la accesión G 40020 de *P. acutifolius* usada como fuente de la resistencia a bacteriosis.

Tabla 2. Secuencia de los oligonucleotidos cebadores de 20 mer de longitud, derivados de la secuencia de U091.

Locus	Cebador	Secuencia[a]
SU091	SU091-A	5' CCACATCGGTTAACATGAGT 3'
	SU091B	5' CCACATCGGTGTCAACGTGA 3'

[a] La secuencia subrayada corresponde a la secuencia del cebador RAPD originalmente usado.

Digitized by Google

DISCUSION

En el presente trabajo se desarrollaron un par de oligonucleótidos cebadores, que permiten la identificación mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), del locus que determina en gran medida la expresión del fenotipo resistente a la aparición de los síntomas de la bacteriosis común. Este locus hace parte de un fragmento cromosómico de longitud considerable (86.4 cM) proveniente de *P. acutifolius;* el cual, en toda su longitud afecta considerablemente la expresión de la resistencia al ataque de *Xcp* en el parental SEL 1309. Es posible que su longitud sea la razón por la cual se ha observado cierta inestabilidad en la expresión de la resistencia tanto en XAN 159 como en sus diferentes progenies (Beebe y Pastor-Corrales, 1991).

REFERENCIAS

Beebe, S.E., and M.A. Pastor-Corrales. 1991. Breeding for disease resistance. p. 561-610. *In* A. van Schoonhoven and O. Voysest (ed.). Common beans: research for crop improvement. CAB International, Wallingford, U.K.

Dudley, J.W. 1993. Molecular markers in plant improvement: manipulation of genes affecting quantitative traits. Crop Sci. 33:660-668.

Kosambi, D.D. 1994. The estimation of map distances from recombination values. Ann Eugen 12:172-175.

Lander, E.S., P. Green, J. Abrahamson, A. Barlow, M. Daly, S. E. Lincoln, and L. Newburg. 1987. MapMAKER: an interactive computer package for constructuting primary genetic linkage maps of experiemental and natural populations. Genomics 1:174-181.

Michelmore, R.W., J. Paran, and R.V. Kesseli. 1991. Identification of markers linked to disease resistance genes by bulked segregant analysis. A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segreganting populations. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 88:9828-9832.

Nodari, R.O., S.M. Tsai, P. Guzman, R.L. Gilbertson, and P. Gepts. 1993. Towards and integred linkage map of common bean. III Mapping genetics factors controlling host-bacteria interactions. Genetics 134:341-350.

Paran, I., and R.W. Michelmore. 1993. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. Theor. Appl. Genet. 85:985-993.

Pastor-Corrales M.A., S.E. Beebe, and F.J. Correa. 1981. Comparing 2 inoculation techniques for evaluating reisistance in beans to *Xanthomonas Campestris* pv. *phaseoli*. p. 493-503. *In* J.C. Lozano (ed). Proceedings of the Fifth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Van Schoonhoven, A., and M.A. Pastor-Corrales. (comps). 1987. Standard system for the evaluation of bean germplasm. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

Williams, J.G.K, A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNA Polimorphisms amplied by arbitrary primer are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18(24):7213-7218.

Digitized by Google

...775
30 ENE. 1998

Diversidad Genética y Relación entre Aislamientos de Africa y América Latina del Hongo de Mancha Angular del Frijol Común: Implicaciones para el Mejoramiento Genético

M.I. Chacón, C. Jara, G. Castellanos, C.E. Posso, R. Buruchara, J.B. Cuasquer y M.A. Pastor-Corrales

CIAT, Cali, Colombia, y CIAT, Kampala, Uganda

RESUMEN

En el presente trabajo se compara la diversidad genética de 33 aislamientos de *P. griseola* de Africa con 52 de América Latina utilizando tres marcadores de variabilidad: virulencia, isoenzimas y la técnica molecular RAPDs. Los tres marcadores separaron los aislamientos tanto de Africa como de América Latina en dos grupos distintos, uno andino y otro mesoamericano, con características de virulencia y patrones de isoenzimas y RAPDs contrastantes. Los aislamientos de Africa y América Latina que formaron el grupo andino con virulencia, fueron los mismos que formaron el grupo andino con isoenzimas y RAPDs. Igual ocurrió con los aislamientos que formaron el grupo mesoamericano. De los aislamientos de Africa, 25 fueron andinos y 8 mesoamericanos, mientras que en América Latina, 19 fueron andinos y 33 mesoamericanos. Los aislamientos del grupo andino fueron virulentos solamente sobre los cultivares diferenciales andinos. En contraste los aislamientos del grupo mesoamericano enfermaron ambos grupos de cultivares diferenciales, pero fueron más virulentos sobre los de origen mesoamericano. En Africa se encontraron 9 aislamientos andinos con capacidad de atacar hasta tres diferenciales de origen mesoamericano. Los aislamientos del grupo andino, predominantes en Ecuador, Colombia y Africa, fueron obtenidos de variedades de frijol de grano grande. En cambio los aislamientos del grupo mesoamericano, que predominaron en América Central y México, fueron obtenidos de variedades de frijol de grano pequeño. Estos resultados sugieren que los aislamientos del grupo andino se originaron y evolucionaron en la región andina con frijoles andinos y los mesoamericanos en América Central y México con frijoles del mismo origen. Estos resultados también muestran que los aislamientos de Africa son muy similares y tienen gran relación genética con los aisalmientos de América Latina. La existencia de dos grupos de aislamientos genéticamente distintos sirve para la selección de fuentes de resistencia y la subsecuente obtención de variedades de frijol con resistencia duradera a la mancha angular.

Una de las enfermedades que más limita la producción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la mancha angular, causada por el hongo *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris. Esta enfermedad es especialmente importante en Brasil y en la región de los Grandes Lagos en Africa, que incluye Ruanda, Burundi y la región Kivu en Zaire.

El patógeno de la mancha angular posee razas. La mayoría de los genotipos evaluados hasta ahora son resistentes a unas razas y susceptibles a otras. El conocimiento de la diversidad genética, organización poblacional, así como de la evolución del patógeno es muy importante para desarrollar variedades de frijol común con resistencia duradera a la mancha angular (Beebe et al., 1991; Gepts et al., 1991).

El objetivo de este trabajo es comparar la diversidad genética y relación entre aislamientos de *P. griseola* de Africa y América Latina, utilizando dos técnicas convencionales, la virulencia y las isoenzimas, y una técnica molecular, los RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA). Los resultados permitirán conocer la relación genética entre los aislamientos y su posible evolución en ambos continentes. Además permitirán hacer inferencias sobre las implicaciones de esta diversidad para el mejoramiento del frijol por resistencia a la mancha angular.

Digitized by Google

MATERIALES Y METODOS

Se comparó la diversidad genética de 33 aislamientos de *P. griseola* de Africa y 52 de América Latina utilizando pruebas de virulencia, marcadores bioquímicos (isoenzimas) y moleculares (RAPDs). Para obtener cultivos genéticamente puros de cada uno de los 85 aislamientos aquí estudiados, colonias provenientes de cultivos monospóricos fueron incrementadas en agar V8. Para las pruebas de virulencia cada aislamiento fue inoculado sobre un conjunto de 12 cultivares diferenciales de frijol común, seis de origen andino y seis de mesoamérica (Tabla 1). La reacción de las diferenciales a cada aislamiento fue calificada con una escala de severidad de 1 a 9 (1: libre de síntomas, 9: síntomas muy severos). Cultivares con notas 1, 2 y 3 se consideraron incompatibles con el patógeno (CIAT, 1992, 1995).

Para comparar la diversidad con isoenzimas, se obtuvieron extractos crudos de micelio y se utilizaron dos sistemas isoenzimáticos, EST y GOT (Correa-Victoria, 1988; Hussain et al., 1986). Para el análisis de la diversidad con RAPDs, se obtuvo ADN genómico total de micelio incrementado en medio líquido V8. Se evaluaron 24 cebadores comerciales por su capacidad de revelar polimorfismos entre los aislamientos en condiciones descritas anteriormente (CIAT, 1992; Guzmán et al., 1995).

RESULTADOS

Los tres marcadores de diversidad genética separaron los aislamientos de *P. griseola* tanto de Africa como de América Latina en dos grupos distintos, uno andino y otro mesoamericano, con características de virulencia y patrones bioquímicos y moleculares contrastantes. Los aislamientos de ambos continentes que formaron el grupo andino con virulencia fueron los mismos que constituyeron el grupo andino con isoenzimas y RAPDs. Lo mismo sucedió con los aislamientos del grupo mesoamericano (Tablas 1 y 2, Figura 1). De los aislamientos de Africa, 25 fueron caracterizados como andinos y 8 como mesoamericanos. En América Latina, 19 fueron andinos y 33 mesoamericanos. Aislamientos del grupo andino predominaron en Colombia, Ecuador y Africa; los del grupo mesoamericano en América Central y México .

Los análisis de virulencia revelaron que todos los aislamientos del grupo andino de América Latina fueron virulentos sólo en los cultivares diferenciales andinos. En contraste, los aislamientos del grupo mesoamericano tanto de América Latina como de Africa enfermaron ambos grupos de cultivares diferenciales, pero fueron más virulentos sobre los cultivares de origen mesoamericano (Tabla 1 y 2). En Africa, 16 de los aislamientos andinos fueron idénticos a los andinos de América Latina; sin embargo, los otros nueve aislamientos fueron virulentos hasta en tres cultivares diferenciales mesoamericanos, pero con menor grado de virulencia (Tabla 1).

Se presentan los resultados de 12 cebadores comerciales (OPA-01, OPA-02, OPA-03, OPA-04, OPA-10, OPA-11, OPA-18, OPE-03, OPF-01, OPH-04, OPH-05 y OPH-08) que produjeron entre 10 y 24 bandas polimórficas y repetibles con todos los aislamientos. El análisis estadístico de los fragmentos de ADN generados por RAPDs confirma la existencia de dos linajes de *P. griseola* en América Latina y Africa (Figura 2).

Digitized by Google

Tabla 1. Diversidad genética de 33 aislamientos de *Phaeoisariopsis griseola* de Africa, caracterizada por fenotipo de virulencia, RAPDs e isoenzimas.

Origen aislamiento		Fenotipo de virulencia: Cultivares diferenciales[c] Andinos						Mesoamericanos								Isoenzimas[f]	
Pg[a]	TG[b]	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	GV[d]	GR[e]	GE	GOT
8 MWI	G		b	c	d									A_1	A_1	A_1	A_{102}
11 MWI	G		b	c	d									A_1	A_1	A_1	A_{102}
1 BUD	-		b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
2 BUD	-		b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
4 MWI	G		b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
5 MWI	G		b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
13 MWI	-		b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
12 MWI	-	a	b	c	d									A_1	A_1	A_1	A_{102}
3 ZAR	-		b		d	e	f							A_1	A_1	A_1	A_{102}
2 MWI	-	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
3 MWI	G	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
2 RSA	G	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
4 RSA	G	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
1 TZA	-	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
2 TZA	G	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
2 ZAR	-	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
9 MWI	-		b	c	d			g		i				A_3	A_1	A_1	M_{101}
10 MWI	-	a	b	c	d	e		g						A_2	A_1	A_1	A_{102}
16 MWI	-	a	b	c	d	e		g						A_2	A_1	A_1	A_{102}
6 MWI	G		b	c	d	e		g		i				A_3	A_1	A_1	A_{102}
14 MWI	G	a	b	c			f			i			l	A_3	A_1	A_1	A_{102}
3 UGD	G	a	b	c	d	e	f	g	h	i				A_4	A_1	A_1	A_{102}
4 UGD	G	a	b	c	d	e	f	g	h	i				A_4	A_1	A_1	A_{102}
2 UGD	G	a	b	c	d	e	f	g		i		k		A_4	A_1	A_1	A_{102}
7 MWI	M	a	b	c	d	e	f	g		i			l	A_3	A_1	A_1	A_{102}
15 MWI	-	a	b	c				g	h	i		k		M_1	M_1	M_2	M_{101}
1 ZAR	-	a	b	c				g	h	i		k	l	M_1	M_1	A_1	M_{101}
1 UGD	P	a	b	c	d			g	h	i			l	M_1	M_1	M_4	M_{101}
1 MWI	P	a	b	c	d	e		g	h	i			l	M_1	M_1	M_4	M_{101}
5 UGD	P	a	b	c	d	e		g	h	i			l	M_1	M_1	M_4	M_{101}
6 UGD	P	a	b	c	d	e		g	h	i			l	M_1	M_1	M_4	M_{101}
7 UGD	M	a	b	c	d	e		g	h	i			l	M_1	M_1	M_4	M_{101}
1 RWA	P	a	b	c	d	e	f	g	h	i				M_1	M_1	M_4	M_{101}

a. Aislamientos de *P. griseola* de Malawi (MWI), Uganda (UGD), Burundi (BUD), República de Africa del Sur (RSA), Ruanda (RWA), Tanzania (TZA) y Zaire (ZAR).
b. Tamaño de grano de la variedad de frijol de donde se obtuvo el aislamiento.
c. El fenotipo de virulencia está dado por los cultivares diferenciales susceptibles a un aislamiento. La presencia de la letra minúscula indica reacción de compatibilidad. Diferenciales andinos: A= Don Timoteo; B= G11796; C= Bolon Bayo; D= Montcalm; E= Amendoin; F= G 5686. Diferenciales mesoamericanos: G= PAN 72; H= G2858; I= Flor de Mayo; J= MX 54; K=BAT 332 y L=Cornell 49242.
d. Grupo de Virulencia: la letra A indica preferencia por cultivares andinos y la M por mesoamericanos.
e. Gr: grupo RAPD basado en el patrón molecular con un total de 12 de cebadores.
f. Isoenzimas: grupos basados en las isoenzimas esterasa y GOT. A indica grupo RAPD o bioquímico asociado a cultivares andinos y M a cultivares mesoamericanos.

Digitized by Google

Tabla 2. Diversidad genética de 52 aislamientos de *Phaeoisariopsis griseola* de América Latina, caracterizada por fenotipo de virulencia, RAPDs e isoenzimas.

Origen Aislamiento		Fenotipo de virulencia															
		Cultivares diferenciales[a]														Isoenzimas[f]	
		Andinos						Mesoamericanos									
Pg[a]	TG[b]	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	GV[d]	GR[e]	GE	GOT
4ECU	G		b	c	d									A_1	A_1	A_1	A_{102}
249COL	G		b	c	d									A_1	A_2	A_1	A_{102}
256COL	M		b	c	d									A_1	-	A_1	A_{102}
2ECU	G	a		c	d									A_1	A_2	A_1	A_{102}
67COL	G	a	b	c	d									A_1	A_3	A_1	A_{102}
245COL	M	a	b	c	d									A_1	A_3	A_1	A_{102}
252COL	G	a	b	c	d									A_1	A_3	A_1	A_{102}
263COL	G		b	c	d		f							A_1	A_2	M_1	A_{102}
3ECU	G		b	c	d	e								A_1	A_3	A_1	A_{102}
247COL	G		b	c	d	e								A_1	A_3	-	A_{102}
5ECU	G	a		c	d	e								A_1	A_3	A_1	A_{102}
1ECU	G	a	b	c	d	e								A_1	A_1	A_1	A_{102}
6 ECU	G	a	b	c	d	e								A_1	A_3	-	A_{102}
71COL	G	a	b	c	d	e								A_1	A_3	A_1	A_{102}
248COL	G	a	b	c	d	e								A_1	-	A_1	A_{102}
250COL	G	a	b	c	d	e								A_1	A_3	A_1	A_{102}
265COL	M		b	c	d	e	f							A_1	A_3	-	A_{102}
3COL	G	a	b	c	d	e	f							A_1	A_2	A_1	A_{102}
66COL	G	a	b	c	d	e	f							A_1	A_2	A_1	A_{102}
65COL	M	a						g	h	i		k	l	M_1	M_1	-	-
262COL	G	a		c	d			g	h	i		k	l	M_1	M_1	M_3	M_{101}
8CRI	P	a	b	c				g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
9CRI	P	a	b	c				g	h	i			l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
1 GTM	-	a	b	c				g	h	i		k	l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
1HND	P	a	b	c				g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
1NIC	P	a	b	c				g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
2ELS	-	a	b	c				g	h			k		M_1	M_1	M_2	M_{101}
10CRI	P	a	b	c	d			g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
11CRI	P	a	b	c	d			g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
4HND	P	a	b	c	d			g	h		j			M_1	M_1	A_1	M_{101}
5HND	P	a	b	c	d			g	h		j	k	l	M_1	-	M_2	-
6HND	P	a	b	c	d			g	h	i	j	k	l	M_1	M_1	M_3	M_{101}
7HND	P	a	b	c	d			g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
16HND	P	a	b	c	d			g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
4MEX	P	a	b	c	d			g	h	i	j	k		M_1	M_2	M_1	-
1ELS	P	a	b	c	d			g	h	i	j			M_1	M_1	M_2	M_{101}
244COL	M	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	-
253COL	M	a	b	c	d	e		g	h				l	M_1	M_1	M_3	M_{101}
1CRI	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j	k	l	M_1	M_1	M_3	M_{101}
12CRI	P	a	b	c	d	e		g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
13CRI	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l	M_1	M_1	-	-
14CRI	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
18CRI	P	a	b	c	d	e		g	h		j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
19CRI	P	a	b	c	d	e		g	h	i			l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
2HND	P	a	b	c	d	e		g	h		j	k		M_1	M_1	M_2	M_{101}
3HND	P	a	b	c	d	e		g	h		j	k		M_1	M_1	M_2	M_{101}
17HND	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}
1MEX	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j	k		M_1	M_2	M_1	M_{101}
3MEX	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j	k		M_1	M_2	M_1	-
6MEX	P	a	b	c	d	e		g	h	i	j	k		M_1	M_2	M_1	-
85COL	P	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j			M_1	M_1	M_4	M_{101}
20CRI	P	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j		l	M_1	M_1	M_2	M_{101}

a. Aislamientos de *P. griseola* de México (MEX), Guatemala (GTM), Honduras (HND), Nicaragua (NIC), Costa Rica (CR), El Salvador (ELS), Colombia (COL) y Ecuador (ECU).
b. Tamaño de grano de la variedad de frijol de donde se obtuvo el aislamiento.
c. El fenotipo de virulencia está dado por los cultivares diferenciales susceptibles a un aislamiento. La presencia de la letra minúscula indica reacción de compatibilidad. Diferenciales andinas: A= Don Timoteo; B= G11796; C= Bolon Bayo; D= Montcalm; E= Amendoin; F= G 5686. Diferenciales mesoamericanas: G = PAN 72; H = G 2858; I = Flor de Mayo; J = MX 54; K = BAT 332 y L = Cornell 49242.
d. Grupo de Virulencia: la letra A indica preferencia por cultivares andinos y la M por mesoamericanos.
e. Gr: grupo RAPD basado en el patrón molecular con un total de 12 de cebadores.
f. Isoenzimas: grupos basados en las isoenzimas esterasa y GOT. A indica grupo RAPD o bioquímico asociado a cultivares andinos y M a cultivares mesoamericanos.

Digitized by Google

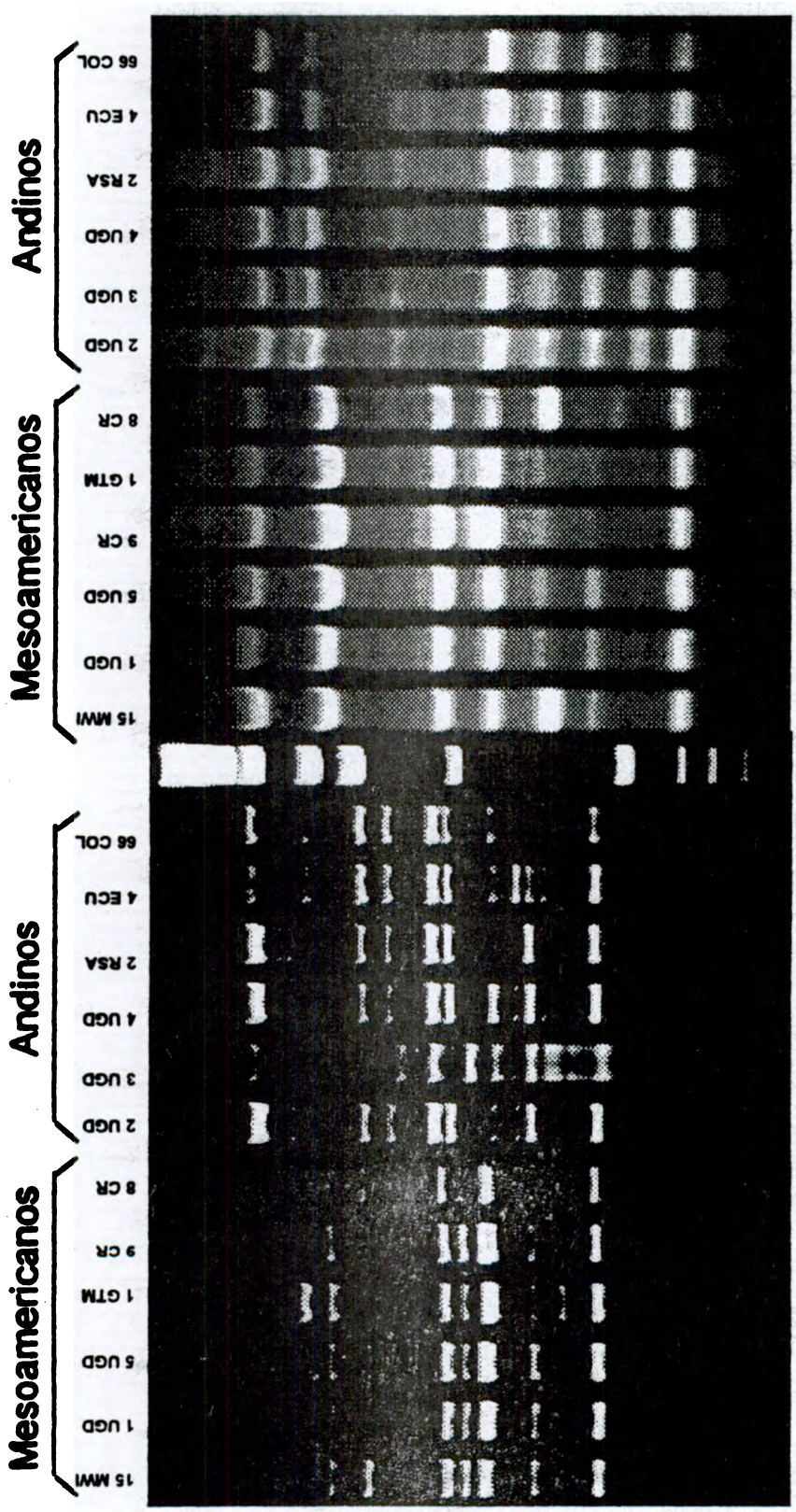


Figura 1. Patrón de RAPDs de aislamientos Andinos y Mesoamericanos de *P. griseola* de América Latina y África con los cebadores OPA-01 y OPH-08.

Digitized by Google

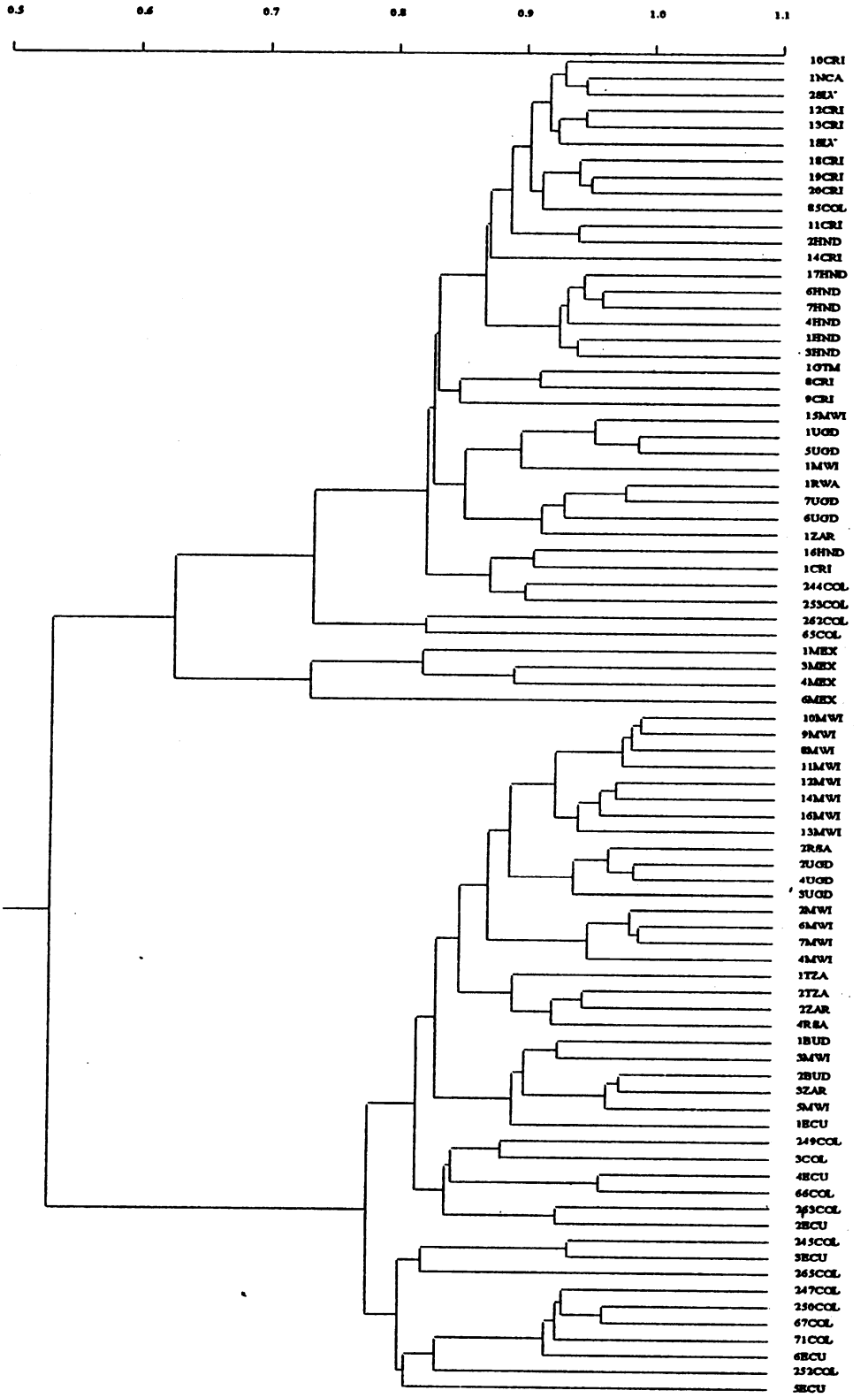


Figura 2. Dendrograma de datos de RAPDs de aislamientos de *P. griseola* de América Latina y Africa.

Digitized by Google

DISCUSION

Análisis morfológicos, bioquímicos y moleculares indican que existen dos acervos genéticos distintos de frijol común, el andino y el mesoamericano, que se han originado en dos regiones geográficas diferentes; uno en la región mesoamericana, que incluye lo que hoy es México y América Central, y el otro en la región andina (Gepts et al., 1991). Así mismo, los resultados del análisis de virulencia, bioquímicos y moleculares del patógeno de la mancha angular aquí presentados, indican que en América Latina y Africa existen también dos grupos distintos de aislamientos de *P. griseola*, uno andino y otro mesoamericano, que corresponden a los dos acervos genéticos del frijol común.

Estos resultados también muestran que en ambos continentes la correspondencia entre los aislamientos de *P. griseola* y los acervos genéticos del frijol, aislamientos andinos con los cultivares andinos y aislamientos mesoamericanos con los cultivares mesoamericanos, es significativa. Estos son los primeros datos que muestran la cercana relación genética existente entre los aislamientos del patógeno de la mancha angular de América Latina y Africa, o sea entre los aislamientos de *P. griseola* del continente de origen y los del continente de introducción del frijol.

La preponderancia de aislamientos andinos de *P. griseola* encontrados en Africa así como en la región andina, sugiere que la mayoría de cultivares de frijol que fueron introducidos a Africa fueron de origen andino.

A pesar de la estrecha relación encontrada entre los aislamientos africanos y latinoamericanos del patógeno de la mancha angular, estos no son idénticos. Por ejemplo, algunos aislamientos africanos caracterizados como andinos tienen la capacidad, no encontrada en los aislamientos andinos de América del Sur, de atacar algunas diferenciales de origen mesoamericano. Esto sugiere que los aislamientos andinos que fueron introducidos a Africa, posiblemente cientos de años atrás, han sufrido presiones selectivas diferentes a las que han ocurrido con los aislamientos andinos en América del sur. Quizás la siembra de mezclas de cultivares andinos con mesoamericanos en la misma finca haya influenciado la evolución de *P. griseola* en Africa (Martin et al., 1987).

Igualmente los análisis de los fragmentos de ADN (RAPDs) revelan la existencia de diferencias inter-regionales. Por ejemplo, en el grupo mesoamericano, los aislamientos de México se separaron como unidad evolutiva diferente de los centroamericanos (Figura 2). Las características de virulencia y patrón RAPDs de los aislamientos de México parecen ser únicos de América Latina. En el grupo andino los aislamientos africanos formaron un grupo separado de la mayoría de los de Colombia y Ecuador (Figura 2), lo que sugiere que han estado sometidos a factores evolutivos diferentes.

Los resultados de comparar la diversidad genética de los aislamientos de *P. griseo*la de Africa y América Latina aquí obtenidos, tienen una aplicación práctica inmediata para el mejoramiento del frijol común por resistencia a la mancha angular. En primer lugar, ha permitido identificar algunos cultivares diferenciales que pueden ser de gran utilidad como fuentes de resistencia. Muchos de los cultivares mesoamericanos, solos o en combinación, son resistentes a todos los aislamientos andinos del patógeno. Por ejemplo, la combinación de BAT 332 y Cornell 49242 es resistente a todas las razas andinas y a la gran mayoría de razas mesoamericanas. Igualmente, México 54 no es atacado por ningún aislamiento de Africa. Algunos diferenciales andinos, como G 5686, son resistentes a la mayoría de aislamientos mesoamericanos y andinos. Entonces, estos resultados permiten elaborar esquemas de mezclas de genes de resistencia que pueden ser muy efectivos contra todos o la mayoría de la razas del patógeno de la mancha angular

Digitized by Google

presentes en un país o una región.

REFERENCIAS

Beebe, S.E., and M.A. Pastor-Corrales. 1991. Breeding for disease resistance. p. 561-617. *In* Common Beans: Research for Crop Improvement. A. van Schonhooven and O. Voysest (eds.). CAB, ORSTON, UK.

CIAT. 1992. Annual Report of Bean Program. p. 53-55. CIAT, Cali, Colombia.

CIAT. 1995. Annual Report of Bean Program. p. 39-53. CIAT, Cali, Colombia.

Correa-Victoria, F.J. 1988. Pathogenic production of toxin metabolites and isozyme analysis in *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr. Ph.D. Thesis, Michigan State University, East Lansing, USA.

Guzmán, P., R.L. Gilbertson, R. Nodari, W.C. Johnson, S.R. Temple, D. Mandala, A.B.C. Mkandawire, and P. Gepts. 1995. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggests coevolution with the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). Phytopathology 85:600-607.

Gepts, P., and D.G. Debouck. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. p. 7-53. *In* Common Beans: Research for Crop Improvement. A. van Schonhooven and O. Voysest (eds.). CAB, ORSTON, UK.

Hussain, A., H. Ramírez, y W.M. Roca. 1986. Manual práctico para la detección electroforética de isoenzimas y otras proteínas. Documento de trabajo No. 19. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

Martin, G.B. and M.W. Adams. 1987. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in Northern Malawi. I. Regional variation. Econ. Bot. 41:190-203.

Digitized by Google

76
30 ENE. 1998

Caracterización Agronómica de Líneas de Frijol Común Seleccionadas por Resistencia Horizontal a Patógenos de la Mixteca Poblana

P. Ramírez Vallejo, S. Cruz Izquierdo, F. Castillo González, J.P. Pacheco Espinosa, G. Pastenes Ugalde, R. García Espinosa y R.A. Robinson

Colegio de Postgraduados, Montecillo, México y University of Guelph, Canadá

RESUMEN

La selección para resistencia horizontal se basa en la utilización de la variabilidad genética de un cultivo, natural o inducida, para acumular características que, en conjunto, permitan incrementar su rendimiento en presencia de los patógenos para los que se busca resistencia. Este proceso debe ir aparejado con el mejoramiento de características agronómicas como precocidad, hábito de crecimiento, calidad de semilla y rendimiento *per se*, con el objetivo de integrar en las variedades derivadas aspectos agronómicos y de resistencia. En el Colegio de Postgraduados, México, se ha conducido un programa de mejoramiento genético por resistencia horizontal basado en la selección y recombinación recurrente de individuos resistentes al tizón común y al virus del mosaico común del frijol (VMCF), que son patógenos de importancia económica en la Región Mixteca de Puebla, México. Como resultado de dos ciclos de selección se han obtenido 30 líneas recombinantes escogidas con base en rendimiento, estabilidad, características agronómicas y supervivencia al ataque de patógenos, que serían usadas como progenitores del 3er. ciclo. Para conocer las características agronómicas del germoplasma base del 3er. ciclo de selección recurrente, se comparó el comportamiento agronómico de 42 líneas recombinantes derivadas de dos ciclos de recombinación agrupadas en cuatro poblaciones, con el de cinco de siete de los progenitores iniciales y dos genotipos ("landraces") regionales, en Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, que se localiza en la región Mixteca Alta de Puebla. Los resultados indican que el esquema de selección utilizado en el mejoramiento genético por resistencia horizontal a patógenos ha sido útil para incrementar el rendimiento y mejorar las características agronómicas relacionadas con precocidad y arquitectura, bajo condiciones de temporal limitante.

La selección para resistencia horizontal se basa en la utilización de la variabilidad genética de un cultivo, natural o inducida, para acumular características que, en conjunto, permitan incrementar su rendimiento en presencia de los patógenos para los que se busca resistencia (Robinson, 1987). Este proceso debe ir aparejado con el mejoramiento de características agronómicas como precocidad, hábito de crecimiento, calidad de semilla y rendimiento *per se,* con el objetivo de integrar en las variedades derivadas aspectos agronómicos y de resistencia.

Para seleccionar por resistencia horizontal, además de contar con suficiente variabilidad genética, es indispensable inactivar epidemiológicamente la resistencia vertical; ya que de lo contrario existe el riesgo de que la ausencia de infección en miembros de una población dada sea debida a este tipo de resistencia y, en consecuencia, enmascararla. Al inicio del proceso de selección es necesario que la base genética sea formada con progenitores susceptibles a una misma cepa del patógeno, la cual será utilizada durante los ciclos de selección posteriores (Guzmán-Plazola *et al.*, 1994).

Dada la naturaleza poligénica de la resistencia horizontal, difícilmente puede hacerse selección por resistencia a un patógeno dado sin cambiar la frecuencia de los genes que determinan la resistencia a otros patógenos o plagas del cultivo; por ello, es deseable que en el proceso de selección se involucre a todos los parásitos localmente importantes, de lo contrario se podría erosionar la resistencia a estos parásitos. Adicionalmente, es importante considerar que al existir

Digitized by Google

interacción entre los caracteres cuantitativos y el ambiente, es necesario circunscribir el trabajo de selección a un área agroclimática dada, o establecer un esquema de selección que involucre más de una localidad con características ambientales similares.

En el Colegio de Postgraduados, México, se ha conducido un programa de mejoramiento genético basado en la selección y recombinación recurrente de individuos resistentes al tizón común y al virus del mosaico común del frijol, que son patógenos de importancia económica en la Región Mixteca de Puebla, México. Como resultado de dos ciclos de selección se han obtenido 30 líneas recombinantes seleccionadas con base en rendimiento, estabilidad, características agronómicas y supervivencia al ataque de patógenos, que serían usadas como progenitores del 3er. ciclo .

Para conocer las características agronómicas del germoplasma base del 3er. ciclo de selección recurrente, se comparó el comportamiento agronómico de 42 líneas recombinantes derivadas de dos ciclos de recombinación agrupadas en cuatro poblaciones, con el de cinco de siete de los progenitores iniciales y dos genotipos (" landraces ") regionales.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron 5 padres, 2 variedades regionales y las 42 líneas recombinantes altamente endogámicas, de F_8 a F_{12}, derivadas del programa para resistencia horizontal a patógenos designados del área de la Mixteca Poblana (una cepa de *Xanthomonas campestris* pv *phaseoli* y un aislamiento del virus del mosaico común del frijol (VMCF). Las líneas fueron seleccionadas por rendimiento, calidad de semilla, supervivencia en presencia de los patógenos y capacidad de nodulación. Las líneas recombinantes obtenidas de acuerdo al procedimiento descrito en la Figura 1, fueron agrupadas en los cuatro grupos poblacionales siguientes:

1. Población I. Cuatro líneas de la recombinación de siete padres originales y selección en la F_2 con inoculación y en la F_7.

2. Población II. Integrado con dos líneas derivadas de dos ciclos de recombinación, con dos inoculaciones en el segundo ciclo de recombinación, a partir de líneas F_2 derivadas de la primera recombinación.

3. Población III. Integrada por 17 líneas obtenidas con un ciclo de recombinación y dos presiones de selección, una en F_2 y otra en F_4 y una segunda recombinación con selección en F_5 sin inoculación.

4. Población IV. Integrada con 19 líneas recombinantes derivadas en F_4 con un ciclo de recombinación y tres ciclos sometidas a presión de selección y una inoculación en F_{10} .

Adicionalmente, se evaluaron cinco de los siete progenitores originales, integrados en la Población P, y las variedades regionales Negro Noventeño (NN) y Alubia (AL) que formaron la Población VR.

Digitized by Google

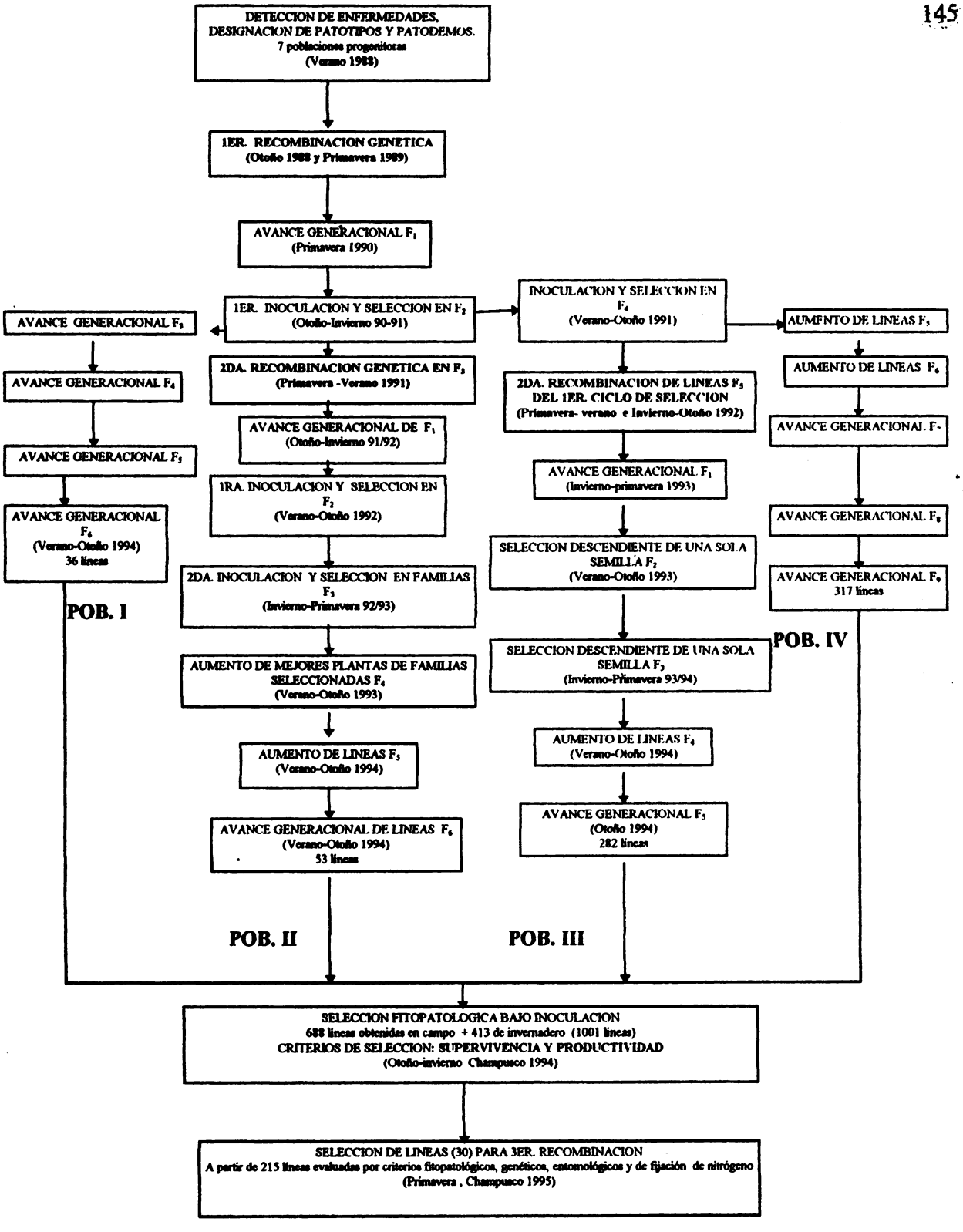


Figura 1. Esquema de selección empleado para la selección de líneas recombinantes superiores por resistencia horizontal a tizón común y virus del mosaico común del frijol en la Sierra Mixteca de Puebla, México.

Digitized by Google

Los 49 genotipos fueron evaluados en condiciones de temporal durante el verano de 1995 en Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla, México. Esta localidad se encuentra enclavada en la Mixteca Alta ubicada entre los 960 46' LW y 170 57' LN, en una altitud de 1900 msnm, en la que prevalece un clima semiárido subhúmedo.

Las líneas recombinantes, progenitores y variedades regionales se distribuyeron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo integrada por cuatro surcos de 5 m de longitud, en surcos separados a 0.8 m. La densidad de siembra estimada fue de 125,000 plantas/ha-1. El control de malezas se hizo manualmente, no se fertilizó ni se aplicó pesticidas químicos. El manejo del experimento, en general, se hizo en forma similar a la de los agricultores de la región.

Las características agronómicas consideradas en este trabajo fueron rendimiento de grano (REN), expresado en kilogramos por hectárea al 14% de humedad; calificación del aspecto general en la madurez fisiológica (CG) con la escala de 1(lo mejor) a 5 (lo peor); arquitectura de la planta (ARQ) en una escala de 1 (erecto con buena distribución de ramas y vainas) a 5 (postrado); hábito (HAB) y precocidad relativa (PREC) con una escala de 1 (el genotipo más precoz) a 5 (el genotipo más tardío). Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete SAS (SAS Institute Inc. 1985).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se detectaron diferencias significativas (P = 0.01) entre genotipos, poblaciones y genotipos dentro de poblaciones en el rendimiento; para la última fuente de variación, sólo la población I no mostró diferencias entre los 4 genotipos evaluados. La misma tendencia se observó en CG, ARQ y PREC (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza de variables agronómicas de líneas sobresalientes de frijol, evaludados en Tepexi de Rodríguez, Puebla, en 1995.

Fuente de variación	GL	Caracter				
		REN	CG	ARQ	HAB	PREC
REP	3	55089.2	0.26	0.62*	0.33*	0.59*
GEN	48	288651.0**	0.63**	1.04**	0.45*	1.34**
POB	5	523238.8**	0.41	1.86**	0.34*	7.55**
GEN(Pob. I)	3	94064.8	0.18	0.08	0.16	1.18**
GEN(Pob. II)	1	517841.8**	2.53**	0.50	0.12	0.00
GEN(Pob. III)	16	293537.7**	0.68**	0.96**	0.56	0.51
GEN(Pob. IV)	18	258817.3**	0.70**	0.98**	0.41*	0.41
GEN(Pob. P)	4	249923.8**	0.30	1.58**	0.75**	0.29
GEN(Pob. VR)	1	84006.9	0.50*	0.78**	0.00	6.12**
ERROR	144	45501.7	0.16	0.20	0.12	0.19
CV (%)		23.52	17.76	16.79	13.33	20.38

, Significativo a $P = 0.05$ y $P = 0.01$, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

Digitized by Google

Los resultados indicaron diferencias entre grupos de genotipos debidas a la selección, como consecuencia de las diferencias entre poblaciones en el número de inoculaciones y recombinaciones. Así, fue posible observar que en promedio los grupos de líneas I y III presentaron los mejores rendimientos, superando hasta en un 239% el rendimiento de las variedades regionales, también, fue notable que el promedio de los progenitores en rendimiento fue similar o superado numéricamente por las poblaciones I, III y IV (Figura 2).

En términos de precocidad se nota un mejoramiento, así las cuatro poblaciones de las líneas derivadas fueron más precoces que las variedades regionales y progenitores. Es posible que la reducción en el rendimiento observado en la población II esté asociado con su mayor precocidad, lo que pudo ser consecuencia del avance generacional e intensidad de selección operando durante la derivación de este germoplasma (Figura 3).

Las poblaciones I y III (Tabla 2) superaron en rendimiento a la Población P en 5.7 y 4.6 %, respectivamente; mientras que, las poblaciones IV y II rindieron menos que los progenitores aunque este grupo podría estar subestimado, ya que sólo se evaluaron cinco de los siete genotipos.

Los grupos poblacionales superaron a las variedades regionales en forma notable (desde 175 hasta 239 %, en promedio). Esto indica que el proceso de mejoramiento genético está generando resultados positivos en los caracteres agronómicos de consideración en las variedades mejoradas para la región, tales como precocidad, hábito de crecimiento y rendimiento. En hábito y precocidad fueron también notables las diferencias entre poblaciones regionales y mejoradas; ya que en general las segundas fueron más precoces, de hábito y arquitectura más determinada (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios de cinco características agronómicas de líneas sobresalientes con resistencia horizontal en frijol.

	No. de	Característica					
Población	gen	REN	%	CG	ARQ	HAB	PREC
POB. I	4	611.6	239.5	2.21	2.87	2.75	2.21
POB. III	17	604.8	236.8	2.25	2.60	2.66	2.19
POB. P	5	578.1	226.4	2.17	2.70	2.75	2.40
POB. IV	19	565.2	221.3	2.41	2.65	2.68	1.98
POB. II	2	447.9	175.4	2.06	2.00	2.37	1.50
POB. VR	2	225.3		2.25	3.43	3.00	4.12
DSH		222.2		0.42	0.46	0.37	0.46

% = porcentaje de rendimiento con respecto a la media de las variedades regionales; CV = coeficiente de variación; DSH = diferencia significativa honesta.

De las 42 líneas evaluadas, 30 de ellas fueron escogidas como progenitores del 3er. ciclo de recombinación y de ellas 14 fueron seleccionadas por destacar en rendimiento, estabilidad y características de planta y semilla. En la Tabla 3 puede observarse que las mejores líneas superaron en más del 350% el rendimiento de las variedades locales. Al menos 3 de las líneas (438-III, 254-IV y 236-III) superaron el rendimiento del mejor progenitor (P48) (Figura 4). Por lo que respecta a la

Digitized by Google

precocidad, en general, las líneas derivadas de los diferentes ciclos de selección tendieron a ser más rápidas en alcanzar su floración y madurez fisiológica (Figura 5).

Tabla 3. Líneas seleccionadas como progenitores para el tercer ciclo de recombinación del Proyecto de Resistencia Horizontal Múltiple en frijol.

	Planta						Semilla		
Elite	REN	%	CG	ARQ	HAB	PREC	US	T-C	CGS
438-III	969.7*	379.7	1.875	3.250	3.00	2.375	2	M-O	3
254-IV	959.0*	375.5	1.625	2.125	2.25	1.500	1.5	M-B	1
236-III	847.1*	331.7	1.875	2.250	2.25	2.500	2	G-O	2
433-III	804.3	314.9	1.625	1.875	2.25	1.625	2	G-B	1.5
378-III	753.3	294.9	2.000	2.500	2.50	2.000	1.5	G-o	2
132-IV	741.6	290.4	2.875	3.500	3.00	2.000	2	G-O	2
198-IV	732.7	286.9	2.875	3.375	3.00	2.250	1.5	G-O	2
13-I	716.3	280.5	2.000	2.750	2.75	2.125	1.5	P-B	2
153-IV	713.3	279.3	1.625	2.000	2.25	1.875	2	P.O	2.5
282-III	669.3	273.8	2.250	2.625	3.00	1.750	2	M-B	2
348-III	662.1	259.3	2.125	3.250	2.75	2.125	2	M-BO	2
356-IV	634.5	248.5	2.625	3.000	2.75	1.625	1.5	G-OB	1
54-II	606.9	237.7	1.500	1.750	2.25	1.500	1.5	G	1.5
472-III	582.0	227.9	1.500	1.750	2.00	1.750	2	G-BO	2
AL	191.3		2.50	3.750	3.00	5.000	1.5	G	3
NN	319.4		2.000	3.125	3.00	3.250	1.5	G-B	2.

REN = rendimiento promedio, % = porcentaje de rendimiento con respecto al promedio de las variedades regionales ARQ = arquitectura HAB = hábito, PREC = precocidad , CG = calificación general , SAN = sanidad, US = uniformidad de semilla, T-C t Tamaño - color de semilla; O = opaco, B = brilloso, G = grande, M = mediano, P = pequeño; CGS = calificación general de semilla, * líneas superiores al mejor progenitor.

CONCLUSIONES

El esquema de selección usado en el mejoramiento de la resistencia horizontal a patógenos ha sido también útil para incrementar el rendimiento y mejorar las características agronómicas relacionadas con precocidad y arquitectura.

Aparentemente, los mejores grupos fueron POB. III y POB. IV integrados por líneas recombinantes derivadas en la F_4 de la primera recombinación genética, con y sin recombinación posterior.

Digitized by Google

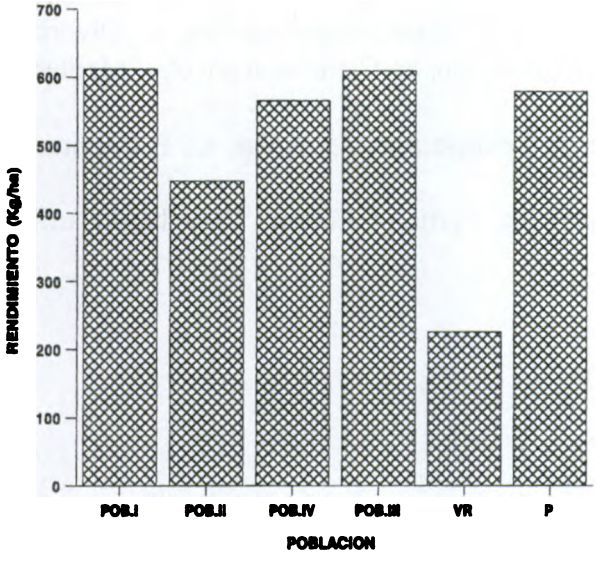


Figura 2. Rendimiento de grano promedio de poblaciones de frijol común, seleccionadas por resistencia horizontal.

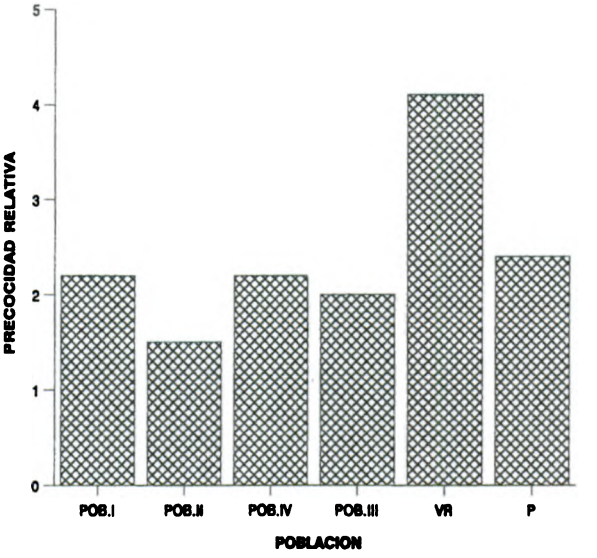


Figura 3. Precocidad media de poblaciones de frijol común seleccionadas por resistencia horizontal.

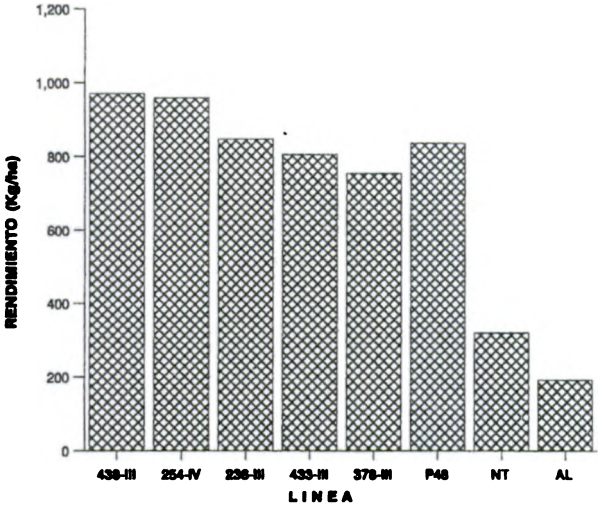


Figura 4. Comparación de rendimiento de grano de las mejores líneas de frijol común, seleccionadas por resistencia horizontal, el mejor progenitor y dos criollos regionales.

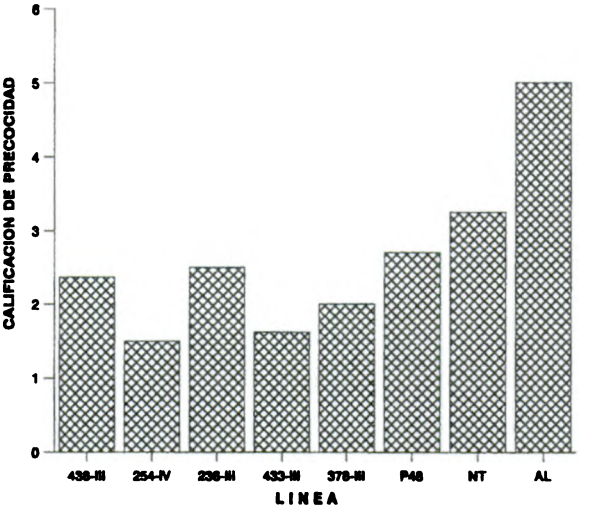


Figura 5. Precocidad de las mejores líneas de frijol común, seleccionadas por resistencia horizontal, el mejor progenitor y dos criollos regionales.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Guzmán-Plazola, R.A., R. García E., R.A. Robinson., A. Muñoz O.. y J.G. Valenzuela. 1994. p. 25-42. *In* J. Pérez-Moreno, R. Ferrera-Cerrato, y R. García-Espinosa (eds.). Diversidad genética y patología del frijol. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México.

Robinson, R.A. 1987. Manejo del Hospedante en Patosistemas Agrícolas. C. P. Montecillo, México. 28 pp.

SAS Institute INC. SAS®. 1985. User's Guide: Statictics. Vertion 5 Edition. Cary, Nort Carolina, U. S. A.. 596 pp

Digitized by Google

033777
30 ENE 1998

Avances en la Búsqueda de Mecanismos de Resistencia a *Apion godmani* Wagner (Coleoptera: Curculionidae)

Ramón Garza-García
CEVAMEX-INIFAP, Chapingo, México

RESUMEN

Los principales insectos fitófagos que merman la productividad del frijol en el altiplano mexicano son la conchuela *(Epilachna varivestis* Mulsant) y el picudo del ejote *(Apion* spp). El picudo del ejote, o de la vaina, se presenta en México, Guatemala, Honduras y El Salvador. En México se considera una plaga exclusiva del frijol, y su distribución abarca prácticamente todas las zonas frijoleras que se encuentran arriba de los 700 msnm. En algunos casos se puede considerar más importante que la conchuela, sobre todo en las variedades precoces e intermedias, las cuales escapan a la defoliación causada por la conchuela, pero no al ataque de este curculiónido. En México, Guatemala, El Salvador y Honduras se han seleccionados varias fuentes de resistencia al picudo del ejote *(Apion godmani* Wagner), pero poco se ha hecho con respecto a los mecanismos de resistencia involucrados con esta resistencia. Este trabajo tiene como objetivo mostrar los avances que se tienen en la identificación de los mecanismos de resistencia que poseen algunas fuentes de resistencia a este curculiónido. Los trabajos se establecieron en dos localidades de México, Santa Lucía de Prías, estado de México y La Aguanaja, Tlaxcala, donde se utilizaron materiales resistentes y susceptibles al picudo del ejote; se midieron algunos parámetros, como número de punciones, huevecillos sanos y encapsulados y larvas de primer estadio (L1) sanas y encapsuladas, para tratar de dilucidar los mecanismos de resistencia que poseen los materiales resistentes a este curculiónido. Tomando como base el parámetro de número de punciones en los ejotes (vainas tiernas), se observó que los materiales resistentes, Amarillo-154, Amarillo-155, Negro-150 y Amarillo-169 presentaron el mecanismo de antixenosis (no-preferencia) para oviposición; estos mismos materiales resistentes mostraron una respuesta de hipersensibilidad, debida a la cicatrización-encapsulamiento de huevecillos y larvas de primer estadio; en la localidad de La Aguanaja, Tlaxcala, se detectaron mayor número de punciones de picudo del ejote, mayores porcentajes de grano dañado, y un menor efecto del mecanismo de cicatrización-encapsulamiento sobre las oviposiciones observadas. Una colecta susceptible, Jal-11, presentó, en baja proporción, el mecanismo de resistencia cicatrización-encapsulamiento. Se observó un efecto de localidad sobre la expresión del mecanismo de resistencia de cicatrización-encapsulación (de huevecillos y L1), el cual tuvo una mayor expresión en la localidad de Santa Lucía de Prías, estado de México, lo cual se supone es debido a que en la localidad de La Aguanaja, Tlaxcala, se presentan temperaturas promedio más bajas que en Santa Lucía de Prías, México con las cuales el proceso de cicatrización es más lento y permite que las larvas de primer estadio de *Apion godmani* rebasen esa barrera inicial y puedan llegar a la cámara donde se encuentran el grano en formación del cual se alimentan.

Los principales insectos fitófagos que merman la productividad del frijol en el altiplano mexicano son la conchuela *(Epilachna varivestis* Mulsant) y el picudo del ejote *(Apion* spp). El picudo del ejote, o de la vaina, se presenta en México, Guatemala, Honduras y El Salvador. En México se considera una plaga exclusiva del frijol, y su distribución abarca prácticamente todas las zonas frijoleras que se encuentran arriba de los 700 m (Cortés, 1951; McKelvey et al., 1951), y en algunos casos se puede considerar más importante que la conchuela, sobre todo en las variedades precoces e intermedias, las cuales escapan a la defoliación causada por la conchuela, pero no al ataque de este curculiónido (Garza-García, 1990).

Digitized by Google

Desde 1947 se han seleccionado fuentes de resistencia al picudo del ejote, principalmente en México (McKelvey et al., 1951), sin embargo, sobre mecanismos de resistencia han sido pocos los estudios, ya que sólo Díaz et al. (s.f.) en Honduras, determinaron que en el caso de los materiales APN 83 y APN 84 existe el mecanismo de antibiosis, mientras que Garza-García (1989) menciona que el Amarillo 154 posee antixenosis morfológica, y además menciona que los materiales de frijol, resistentes a picudo del ejote, poseen diferentes mecanismo de resistencia (1988), a la vez que descarta la existencia de la tolerancia como un componente de la resistencia a este curculiónido (Garza-García, 1990). El objetivo de este trabajo de investigación fue identificar los mecanismo de resistencia, al ataque del picudo del ejote, presentes en los materiales de frijol que se han seleccionado por tener poco daño de este insecto.

MATERIALES Y METODOS

Durante los años 1991 y 1992 se establecieron algunos experimentos, para tratar de identificar los mecanismos de resistencia que poseen algunos materiales sobresalientes por su capacidad de tener pequeños porcentajes de granos dañados por el picudo del ejote (vaina tierna); se utilizaron dos localidades para estos trabajos, una en Santa Lucía de Prías, estado de México y el otro en La Aguanaja, Tlaxcala. En ambas localidades se establecieron los experimentos en surcos espaciados a 80 centímetros y se fertilizó con la fórmula 40-40-0 al momento de la siembra; los materiales utilizados se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales de frijol y localidades que se utilizaron en los ensayos para determinar mecanismos de resistencia al picudo del ejote. INIFAP-CEVAMEX, México, en 1996.

Tratamiento	Año de evaluación			
	1991		1992	
	Sta. Lucía	La Aguanaja	Sta. Lucía	La Aguanaja
Resistentes				
Amarillo 154	+	+	+	+
Amarillo 169	+	+	+	+
Negro 150	+	+	+	+
Amarillo 155	+	+	+	+
Susceptibles	+	+	+	+
Canario 107	+	+	+	+
Jalisco 11	+	+	+	+

Digitized by Google

En todas las fechas de siembra se dieron riegos de auxilio para asegurar la nacencia de los materiales, y posteriormente se dejó que el cultivo se desarrollara con las precipitaciones del temporal; se utilizaron varias fechas de siembra para que los materiales en estudio tuvieran el período de formación de vainas al mismo tiempo y en la época de mayor incidencia del ataque del picudo del ejote. Estos materiales se sembraron en surcos alternados, de 20 metros de longitud; una vez que aparecieron los primeros ejotes, se procedió a tomar muestras de cinco a 10 ejotes por tratamiento cada tercer día y se le cuantificaban los siguientes parámetros: número de punciones, huevecillos vivos y muertos, larvas de primer estadio (L1), vivas y muertas, larvas de segundo (L2), tercer (L3) y cuarto ínstar (L4), prepupas y pupas; estos datos se tomaron hasta que se detectó un 50% o más de pupas; al final del ciclo se colectaron seis muestras en Santa Lucía y tres muestras en la Aguanaja, Tlaxcala,de 30 vainas cada una, por tratamiento, y se les cuantificó el número total de granos y el porcentaje de granos sanos y dañados por picudo del ejote, y a estos resultados se les calificó el grado de resistencia y/o susceptibilidad con la escala descrita en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de calificación de la resistencia y/o susceptibilidad al picudo del ejote en INIFAP-CEVAMEX, México, en 1996.

Calificación	Criterios de selección
Resistente (R)	Un 25% o menos, del porcentaje de grano dañado, por *Apion*, observado en el testigo susceptible.
Itermedia (I)	Entre el 25.1 y 50% del porcentaje de grano dañado, por *Apion*, observado en el testigo susceptible.
Susceptible (S)	Más de 50 % del porcentaje de grano dañado, por *Apion*, observado en el testigo susceptible.

RESULTADOS Y DISCUSION

Santa Lucía de Príax, Estado de México

En esta localidad se observó que los materiales resistentes se expresaron con resistencia alta (R), como Negro 150 que tuvo 5.8 % de grano dañado, seguido de los tratamientos Amarillo 169 y Amarillo 154 (primera fecha de siembra), que tuvieron 92.6% y 91.1% de granos sanos respectivamente, y se les ubicó como MR, mientras que el Amarillo 154 (tercera fecha de siembra: 28-mayo-91) presentó 89.5% y 81.7% de granos sanos, en tanto que en los testigos susceptibles se detectó que la colecta Jal-11 tuvo el porcentaje más altos con 61.7% de granos sanos, mientras que el Canario 107 tuvo menos granos sanos a medida que la fecha de siembra fue más tardía, llegando a tener sólo 0.8% de granos sanos en la fecha de siembra del 28 de mayo (Tabla 3). Respecto a los datos observados en los ejotes, se observa que el número de huevecillos vivos varió, en los tratamientos resistentes, desde 33 en el Negro 150 hasta 95 en el Pinto 168, mientras que en los tratamientos susceptibles varió desde 121 en la colecta JAL-11 hasta 1,346 en el Canario 107

Digitized by Google

(primera fecha de siembra: 10-mayo-91); los huevecillos encapsulados (debido a la cicatrización del tejido del ejote aledaño a la oviposición) que se detectaron en los tratamientos resistentes oscilaron de 132 en el Amarillo 154 (tercera fecha de siembra: 28-mayo-91) hasta 638 en el mismo Amarillo 154 pero sembrado el 10 de mayo de 1991, también se observaron en la colecta Jalisco-11, testigo susceptible, aunque en menor escala con un número de 78, y sólo en el Canario 107 no se tuvieron especímenes encapsulados (ni huevecillos ni larvas); en el número de larvas vivas se observó que el Pinto 168 tuvo menor número con 122, mientras que el Canario 107 llegó a tener hasta 3,449 en la tercera fecha de siembra, (28-mayo-91), lo cual concuerda con los datos de granos sanos, ya que esta fecha de siembra se tuvieron los mayores daños. El número de larvas muertas (L1) varió de 0 a 5 en los materiales resistentes, o sea que se detectaron pocos especímenes encapsulados. El número de pupas que se observaron en los muestreos de ejotes de las variedades resistentes varió de cero en el Amarillo 154 hasta 24 en el Negro-150, mientras que en los materiales susceptibles llegaron a detectarse desde 79 en la colecta Jalisco-11 hasta 397 en el Canario 107 (Tabla 4).

Tabla 3. Datos obtenidos en los ejotes colectados en el ensayo de hipersensibilidad, ciclo p.V. 91-91 en Santa Lucía de Prías, Estado de México. INIFAP-CEVAMEX. México 1996.

Tratamiento	Número de granos		% de grano dañado	Calificación
	Sanos	Dañados		
Negro 150 (1)	878	54	5.8	R
Amarillo 169 (1)	866	69	7.4	R
Amarillo 154 (1)	885	86	8.9	R
Amarillo 154 (3)	733	164	18.3	R
Jalisco 11 ** (1)	250	155	38.3	I
Canario 107 (1)	135	856	86.4	S
Carnario107 (2)	36	851	96.0	S
Canario 107 (3)	7	848	99.2	S

* Obtenidos en seis muestras de 30 vainas c/u.
** Obtenidos en tres muestras de 30 vainas c/u.
(1) Fecha de siembra: 10 mayo 91.
(2) Fecha de siembra: 24 mayo 91.
(3) Fecha de siembra: 28 mayo 91.

Respecto a las punciones observadas en los ejotes se da un gran contraste entre los materiales resistentes y el testigo susceptible, Canario 107, ya que en los resistentes variaron de 316 en el Negro 150 hasta 477 en el Amarillo 154 sembrado el 10 de mayo de 1991, y en el Canario 107 llegó a ser de valores superiores a 3,000, aunque con la colecta susceptible (Jalisco-11) no es tan grande este contraste, ya que en estas colectas el numero de punciones llegó a sólo 485 (Tabla 4).

Digitized by Google

Tabla 4. Parámetros * evaluados en el ensayo para determinar mecanismos de resistencia al ataque del piduco del ejote *Apion godmani*. Ciclo P.V. 91-91 en Santa Lucía de Prías, Estado de México, INIIFAP-CEVAMEX. México 1996.

Tratamiento	Punciones	Huevecillos		Larvas L1		Pupas
		Vivos	Encapsulados	Vivos	Encapsulados	
Amarillo 154 & (32)	477	88	638	280	3	0
Amarillo 169 & (28)	318	33	202	138	5	5
Negro 150 & (25)	316	57	149	204	0	24
Amarillo 154 ** (25)	395	60	132	232	3	--
Jalisco 11 (27)	485	121	78	342	2	79
Canario 107 & (34)	3044	1346	---	2542	0	198
Canario 107 @ (28)	3367	941	---	3406	0	291
Canario 107 ** (28)	3565	918	---	3449	0	397

* Tomados de un tamaño de muestra de 10 vainas cada una.
& Fecha de siembra: 10 mayo 91.
@ Fecha de siembra: 24 mayo 91.
**Fecha de siembra: 28 mayo 91.
( ) Número de muestras colectadas.

Durante 1992, en esta localidad se observó que los materiales resistentes tuvieron entre 137 y 269 punciones (Tabla 5), destacándose con los menores sumatorias el Amarillo-154 (fecha de siembra:29-mayo-92) con 137 punciones, aunque con menor número de muestras evaluadas (10), el Amarillo-155 con 167 y el Negro-150 con 202, mientras que los materiales susceptibles tuvieron desde 437 hasta 799 punciones, teniendo el menor número de punciones la colecta Jal-11 y la mayor sumatoria la tuvo el Canario-107 (fecha siembra: 15-mayo-92), por lo anterior se deduce que los materiales resistentes tienen un mecanismo de no-preferencia para las punciones que realiza el adulto del picudo del ejote para alimentarse u ovipositar.

En el caso de los huevecillos y larvas (L 1) se detectó que todos los materiales resistentes provocaron encapsulamientos de huevecillos y de larvas en etapa L1, y cuyo valores variaron de 9 hasta 16 huevecillos encapsulados y de 2 hasta 12 larvas muertas, aquí se destaca que el Amarillo-155 presentó el mayor número de huevecillos encapsulados con 16 y también el mayor número de larvas muertas con 12 y lo cual se reflejó en que tuvo el menor porcentaje de granos dañados por el picudo del ejote (5.3%), mientras que los demás materiales resistentes tuvieron entre 9.3% y 13.9% de granos dañados por este insecto; comparando estos resultados se puede deducir que en esta localidad el Amarillo-155 presenta en mayor proporción el mecanismo de cicatrización-encapsulación que los materiales Amarillo-154, Amarillo-169, Pinto-168 y Negro-150.

Digitized by Google

Tabla 5. Parámetros * evaluados en el ensayo para determinar mecanismos de resistencia al ataque del piduco del ejote *Apion godmani*. Ciclo P.V. 92-92 en Santa Lucía de Prías, Estado de México, INIIFAP-CEVAMEX. México 1996.

		Huevecillos		Larvas L1		
Tratamiento	Punciones	Vivos	Encapsulados	Vivos	Encapsulados	Pupas
Amarillo 154 & (16)	227	7	14	4	4	11.7 R
Amarillo 169 & (16)	204	2	11	0	6	13.9 R
Negro 150 & (16)	202	1	12	2	8	9.3 R
Amarillo 155 & (16)	167	2	16	1	12	5.3 R
Amarillo 154 **(10)	137	1	9	1	3	13.7 R
Jalisco 11 (16)	437	32	4	16	9	25.3 I
Canario 107 & (16)	799	79	0	15	0	71.5 S
Canario 107 ** (16)	700	27	0	22	0	5.3 S

* Tomados de un tamaño de muestra de 5 ejotes cada una.
& Fecha de siembra: 15 mayo 92.
@ Fecha de siembra: 29 mayo 92.
( ) Número de muestras colectadas.

Entre los materiales susceptibles sólo la colecta Jalisco-11 presentó huevecillos encapsulados (4) y larvas muertas (9), por lo que su porcentaje de granos dañados fue de sólo 25.3 y no llegó a los niveles que alcanzó el Canario-107 (71.5% y 95.3%), el cual no presentó encapsulamiento de huevecillos y larvas de primer estadio, con esto se puede comentar que en esta localidad la colecta Jalisco-11 tiene la característica de ser preferida por este insecto, pero sus ejotes poseen un mecanismo de resistencia (cicatrización-encapsulamiento) que se da en baja proporción, comparándolo con la magnitud de la preferencia que tiene el picudo por ovipositar en este material.

La Aguanaja, Tlaxcala

En la localidad de La Aguanaja los materiales resistentes tuvieron desde 23.2% de granos dañados en el Amarillo 169, calificandose con resistencia alta (R), y 27.8% en el Negro-150 y 28.3% en el Amarillo-154, correspondiendoles la categoría de resistencia intermedia (I), de acuerdo a la escala de calificación utilizada, mientras que el testigo susceptible presentó un valor de 100% de granos dañados (Canario 107), con una calificación de S (Tabla 6). Respecto a las punciones causadas por los adultos del picudo del ejote en los materiales resistentes, se detectaron desde 308 en Negro-150 hasta 337 en el Amarillo 169, mientras que en los materiales susceptibles se observaron 2,124 en el Canario 107 (Tabla 7), lo cual nos da una idea de la gran diferencia que se tuvo entre los materiales resistentes y susceptibles en este parámetro. Los huevecillos vivos de *Apion godmani* se anotaron desde 24 en el Amarillo 154 hasta 546 en Canario 107, y los muertos sólo se tuvieron los materiales resistentes y variaron de 51 en el Amarillo 154 hasta 95 en el Negro 150; esta mortandad ya se explicó en párrafos anteriores; y en cuanto a las larvas muertas solo se detectaron en el Negro 150 y en Amarillo 169 , con 3 y 6 respectivamente, y el número de larvas

Digitized by Google

vivas varió en los materiales resistentes desde 230 en el Negro-150 hasta 250 en el Amarillo 154, mientras que en el tratamiento suceptible, Canario 107, el número llegó a ser de 2,684 (Tabla 7).

Tabla 6. Datos obtenidos en las muestras de ejotes. Ciclo P.V. 91-91 en La Aguanaja, Tlaxcala, INIFAP-CEVAMEX. México 1996.

Tratamiento	Número de granos		% grano dañado	Calificación
	Sanos	Dañados		
Amarillo 169 (1)	311	94	23.2	R
Negro 150 (1)	278	107	27.8	I
Amarillo 154 (1)	306	121	28.3	I
Canario 107 (2)	0	439	100.0	S

* Obtenidos en tres muestras de 30 vainas cada una.
(1) Fecha de siembra: 16 mayo 91.
(2) Fecha de siembra: 1 junio 91.

Tabla 7. Parámetros * evaluados en el ensayo para determinar mecanismos de resistencia al ataque del piduco del ejote *Apion godmani*. Ciclo P.V. 91-91 en La Aguanaja, Tlaxcala, INIIFAP-CEVAMEX. México 1996.

Tratamiento[1]	Punciones	Huevecillos		Larvas L1		Pupas
		Vivos	Encapsulados	Vivos	Encapsulados	
Amarillo 154[2] (25)	324	24	51	250	0	28.3 I
Amarillo 169[2] (25)	337	72	66	247	6	23.2 R
Negro 150[2] (25)	308	58	95	230	3	27.8 I
Canario 107[3] (16)	2124	546	---	2684	0	100.0 S

[1] El número de muestras evaluadas , con un tamaño de 10 vainas c/u está indicado en paréntesis.
[2] Fecha de siembra: 16 mayo 91.
[3] Fecha de siembra: 1 junio 91.

Durante 1992 en la localidad de La Aguanaja se observó que los menores números de punciones se dieron en los materiales resistentes Negro-150 (268) y Amarillo-154, primera fecha de siembra (301),mientras que los mayores números se dieron en la colecta Jalisco-11 y Canario-107 con 618 punciones (Tabla 8); en el parámetro de huevecillos encapsulados se detectó que el Amarillo-169 y el Amarillo-154 (en su primera fecha de siembra) tuvieron los mayores números con 18 y 14 huevecillos encapsulados respectivamente, mientras que en el parámetro de larvas muertas los materiales Amarillo-169, Negro-150 y Amarillo-154 (segunda fecha de siembra) presentaron las mayores sumatorias, con 22, 22 y 21 larvas muertas respectivamente (Tabla 8); en el caso de los

Digitized by Google

materiales susceptibles, en el Canario-107 no se detectaron huevecillos y larvas muertas, mientras que en la colecta Jalisco-11 si se tuvieron huevecillos encapsulados (3) y larvas muertas (2), pero estos datos no llegan a compararse con los que tuvo este material en la localidad de Santa Lucía y que se reflejó en que en este sitio de Tlaxcala tuviera un mayor porcentaje de granos dañados por picudo del ejote y que llegó a 64.1%.

Tabla 8. Parámetros * evaluados en el ensayo para determinar mecanismos de resistencia al ataque del piduco del ejote *Apion godmani*. Ciclo P.V. 92-92 en La Aguanaja, Tlaxcala, INIIFAP-CEVAMEX. México 1996.

		Huevecillos		Larvas L1		
Tratamiento	Punciones	Vivos	Encapsulados	Vivos	Encapsulados	Pupas
Amarillo 154 & (8)	301	4	14	3	15	32.9 I
Amarillo 169 & (8)	421	0	18	4	22	40.6 I
Negro 150 & (8)	268	1	2	3	22	37.0 I
Amarillo 154 ** (7)	329	11	9	10	21	36.6 I
Jalisco 11 (7)	618	56	3	37	2	64.1 S
Canario 107 & (8)	420	36	0	32	0	96.3 S
Canario 107 ** (8)	618	61	0	45	0	99.7 S

* De un tamaño de muestra de 5 ejotes cada una.
& Fecha de siembra: 25 mayo 92.
@ Fecha de siembra: 9 junio 92.
( ) Número de muestras colectadas.

Los porcentajes de granos dañados por este curculiónido, en los materiales resistentes, llegaron a ser mucho mayores en la localidad de La Aguanaja que los observados en Santa Lucía, y oscilaron entre 23.2 y 40.6 porciento, siendo los menores daños los obtenidos en el ciclo P.V. 1991 y que fueron inferiores a 29 % , mientras que los mayores daños se observaron en la colecta Jal-11 (64.1 porciento), en el ciclo P.V. 1992 y Canario-107 (100 porciento) en el ciclo agrícola de 1991.

Un dato interesante se podría discutir con los resultados obtenidos, durante 1992 en La Aguanaja, con el Amarillo-169, ya que en el parámetro de punciones el valor detectado, de 421, fue casi igual al observado en el Canario-107 (primera fecha de siembra), pero el porciento de daño es mucho menor en el material resistente (40.6 %) en comparación con el del Canario-107 (96.3% de granos dañados por picudo del ejote), esta gran diferencia se basó en el mecanismo de resistencia que posee el Amarillo-169, y lo cual se comprueba por los altos valores de huevecillos encapsulados (18) y larvas muertas (22) que tuvo este material resistente.

Al comparar los datos, de punciones, número de huevecillos encapsulados y larvas muertas, obtenidos durante estos dos años en estas localidades (Tablas 4, 5, 7 y 8) se detecta que los mayores valores se dieron en la localidad de La Aguanaja, con que se puede mencionar que la intensidad del daño inicial fomentó la expresión del mecanismo de resistencia (cicatrización-encapsulación), pero

Digitized by Google

esta expresión no fué suficiente para minimizar los daños ocasionados por el picudo del ejote, los cuales fueron mucho mayores en la localidad de La Aguanaja (Tablas 3,4,5,6, 7 y 8), y que en cierto modo confirma el planteamiento de que existe un efecto de localidad sobre la expresión del mecanismo de resistencia de cicatrización-encapsulación (de huevecillos y L1), el se supone esta ligado a los procesos fisiológicos de la planta, los cuales son más acelerados en Santa Lucía de Prías, y provocan la cicatrización-encapsulación más rápidamente que en La Aguanaja, y esto produce una mayor expresión del mecanismo de resistencia; además, esta proceso de cicatrización que se esta dando en forma más lenta en La Aguanaja, permite que en esta loacalidad las larvas, de primer ínstar, de este curculiónido alcancen a emerger y perforar la incipiente cicatrización que se esta formando, a su alrededor, y que una vez que ha pasado esta barrera, no existen obstáculos para que estas larvas lleguen a alimentarse de los granos en formación.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en estos experimentos se pueden derivar las siguientes conclusiones.

1. En los materiales resistentes, Amarillo-154, Amarillo-169, Negro-150 y Amarillo-155, se observó la presencia de dos mecanismos de resistencia al ataque del picudo del ejote, *Apion godmani* Wagner, que fueron: no- preferencia (antixenosis) para oviposición y otro de hipersensibilidad, debido a la cicatrización-encapsulamiento de huevecillos y larvas de primer estadio.
2. Se detectó un mayor número de punciones y mayores porcentajes de grano dañado en los materiales al ser sembrados en la Aguanaja, Tlax.
3. Se determinó que el mecanismo de hipersensibilidad, cicatrización-encapsulamiento de huevecillos y larvas de primer estadio, se manifiesta en mayor grado en Santa Lucía de Prías, edo. de Méx, que en La Aguanaja, Tlaxcala.
4. La colecta Jalisco-11, que es un material susceptible, presentó en baja proporción el mecanismo de resistencia cicatrización-encapsulamiento de huevecillos y larvas de primer instar.
5. Se comprobó la alta susceptibilidad de la variedad Canario-107 al ataque del picudo del ejote *Apion godmani* Wagner.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al C. Eduardo Mondragón González su colaboración en los trabajos de campo, al Dr. César Cardona por su apoyo científico y moral, y a la Corporación Suiza de Desarrollo (COSUDE), al Programa Cooperativo de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su apoyo financiero y logístico, para la realización de los trabajos, cuyos avances aquí se presentan.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Cortés Iturbe, A., 1951. La distribución del picudo del ejote, *Apion godmani* (Wagner), en México. p. 13-142. *En* Primera Asamblea Latinoamericana de Fitoparasitología. SAG, OEE, México, D.F. Folleto Misceláneo No.4.

Díaz, O., C.Cardona y H. Valladares. s.f. Observaciones preliminares sobre mecanismos de resistencia de variedades de frijol al ataque de *Apion godmani* W. s.p. (Inédito).

Garza-García, R. 1988. Mecanismos de resistencia en materiales de frijol *Phaseolus vulgaris* L., seleccionados como resistentes al picudo del ejote. p. 41-61. *En* Memorias del II Taller Internacional sobre *Apion*. Secretaria de Recursos Naturales, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Danlí, Honduras, C.A.

Garza-García, R. 1989. Antixenosis morfológica, mecanismo de resistencia al ataque del picudo de ejote, *Apion godmani* Wagner, que posee la variedad Amarillo-154. p. 291-292. *En* Resúmenes XXIV Congreso Nacional de Entomología. Soc. Mex. Entomología. Oaxtepec, Mor.

Garza-García, R. 1990. Determinación de la posible tolerancia al ataque del picudo del ejote *Apion godmani* Wagner en 22 materiales de frijol. p. 32-75. *En* Memorias del II Simposio sobre plantas resistentes a insecto. Soc. Mex. Entomología. SARH-INIFAP. Oaxaca,Oax.

McKelvey, J.J., A.C. Smith, J. Guevara-Calderón y A. Cortés-Iturbe. 1951. Biología y Control de los picudos del género *Apion* que atacan al frijol en México. SAG, OEE, México, D.F. Folleto Técnico No. 8. 42 pp.

Digitized by Google

78
30 ENE 1998

Medición de la Tolerancia en una Línea de Frijol Mejorada por Resistencia al Lorito Verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae)

María Luisa Cortés, César Cardona y Miryam Cristina Duque
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Con el fin de medir la validez de la tolerancia a *Empoasca kraemeri* Ross & Moore en una línea mejorada por resistencia a este insecto, se sembró en tres semestres la línea EMP 414 (tolerante) en comparación con un testigo susceptible, BAT 41. Estos materiales fueron sometidos a diversos regímenes de control químico del insecto. Mediante regresiones ninfas-rendimiento y número de aplicaciones-rendimiento se determinaron los índices con respecto al testigo sin aplicar, se calcularon potenciales de rendimiento en ausencia del insecto, las respectivas funciones de pérdida y las pérdidas causadas por *Empoasca* en términos de porcentaje y de kg/ha. En forma consistente a través de semestres el testigo BAT 41 mostró niveles altos de susceptibilidad en comparación con EMP 414, dado que mostró pérdidas mayores en todos los tratamientos. Se halló que la única forma en que el material susceptible puede competir en rendimiento con el tolerante es mediante la protección química total a través del cultivo. Al hacer control al nivel de 4 ninfas/hoja la ventaja de EMP 414 empieza a hacerse evidente y llega a su máxima expresión cuando no se ejerce ningún control químico. El uso de genotipos tolerantes permite elevar los umbrales de acción para ejercer control del insecto.

La producción de frijol se reduce por varias plagas que lo atacan, siendo *Empoasca kraemeri* la de mayor importancia económica por las pérdidas que causa (Schoonhoven et al., 1985). Aunque las poblaciones del insecto se pueden manejar con control cultural, biológico o químico, los dos primeros ofrecen soluciones parciales y la protección con insecticidas es una medida temporal, así que una alternativa más confiable, segura y económica que no presenta costos adicionales al agricultor es la resistencia varietal (García et al., 1981).

El tipo de resistencia a los insectos que se emplea en un sistema de manejo integrado de plagas (MIP) influye directamente en la estabilidad y en el éxito final de un cultivar resistente a éstos (Smith, 1989). En los sistemas MIP el empleo de cultivares tolerantes ofrece algunas ventajas como por ejemplo que los niveles de las poblaciones de insectos no se reducen cuando se exponen a plantas tolerantes, permaneciendo los acervos de genes diluidos porque la presión de selección ejercida sobre ellos por altos niveles de antibiosis se halla aquí reducida o ausente. Por ello, el potencial para desarrollar biotipos del insecto que rompan la resistencia se reduce altamente cuando se usan materiales tolerantes (Teetes, 1980). Además, éstos no exponen los insectos benéficos al efecto adverso de los factores aleloquímicos o morfológicos de las plantas en los cultivares que manifiestan antibiosis o antixenosis (Smith, 1989).

Las variedades resistentes se deben utilizar en combinación con otros métodos de control de plagas. Si se conocen adecuadamente la plaga, su huésped y los factores ambientales que influyen sobre ambas, es factible controlar una plaga sin perturbar seriamente el resto del ecosistema (Teetes, 1980).

Una posibilidad es la combinación de niveles de tolerancia con el uso racional de insecticidas. Para medir hasta qué punto esta alternativa es viable en el manejo de lorito verde, se adelantó el presente trabajo, el cual tuvo como objetivos :

Digitized by Google

- Medir la efectividad del mecanismo de tolerancia presente en líneas de frijol mejoradas por su resistencia al insecto *E. kraemeri.*
- Cuantificar la ganancia en rendimiento obtenida mediante la utilización de líneas mejoradas por tolerancia a *Empoasca* en comparación con los rendimientos y pérdidas causadas por el insecto en una variedad susceptible.

MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se hicieron en condiciones de campo en la estación CIAT Palmira (1000 msnm, 24^{0}C, 1200 mm de precipitación y 78% H.R). Se utilizó el genotipo tolerante al insecto EMP 414 (negro) y un testigo susceptible, BAT 41(rojo). El diseño de parcelas divididas permitió acomodar como parcela principal regímenes de protección y como subparcelas las líneas mencionadas. Dada la importancia de las condiciones ambientales para el comportamiento del insecto en términos de densidad de población y debido a que el clima y otras características del ambiente afectan el potencial de rendimiento de los materiales, se realizó este estudio en tres semestres.

Los tratamientos (parcelas principales) se refieren a regímenes de control químico de ninfas, dando como resultado condiciones de un agricultor (protección cada 10 días), parcelas sin aplicación (testigo absoluto) y poblaciones a los niveles de 2 y 4 ninfas/hoja. El control químico se inició con un conteo previo inicial en estado de plántula y cuando ese promedio fue de un adulto/planta se aplicó el insecticida monocrotofos en dosis de 0.5 kg I.A. /ha.

La evaluación de ninfas se realizó a partir de los 19 días después de siembra (DDS), tomando en cada subparcela 10 trifolios al azar para así llevar un registro y poder ejercer el control químico a los niveles de población preestablecidos. Los recuentos de ninfas se hicieron cada dos días hasta madurez del cultivo. También se evaluó el rendimiento (kg/ha), en una parcela neta de 33.6 m^2.

Se determinaron los coeficientes de regresión: intercepto y pendiente para BAT 41 y EMP 414 en los semestres 1992B, 1993A y 1993B. El primer modelo lineal hace referencia al rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja y el segundo modelo lineal a rendimiento como función del número de aplicaciones del insecticida monocrotofos. Con estas regresiones, que se ajustan al modelo $y = a + bx$, se determinaron los índices con respecto al testigo absoluto, los potenciales de rendimiento en ausencia del insecto, la función de pérdida y las pérdidas en términos de porcentaje y de kg/ha. La aplicación dirigida a adultos se consideró importante de hacer en esta época (Cardona y Cortés, 1991) por ser el estado de plántula una época crítica de ataque del insecto.

RESULTADOS

Análisis Estadístico

Cuando se hizo el análisis de rendimientos de tres semestres comparando entre EMP 414 y BAT 41 (Figura 1A) se halló que la ventaja de EMP 414 es de tal magnitud, que la única forma en que BAT 41 puede competir en rendimiento con ella es mediante la protección total a través del ciclo del cultivo (tratamiento agricultor) o repetidas aplicaciones a nivel de 2 ninfas/hoja. En términos de pérdidas (Figura 1B), EMP 414 mostró estabilidad, mientras que BAT 41 mostró alta susceptibilidad, aún cuando se sometió a protección química total.

Digitized by Google

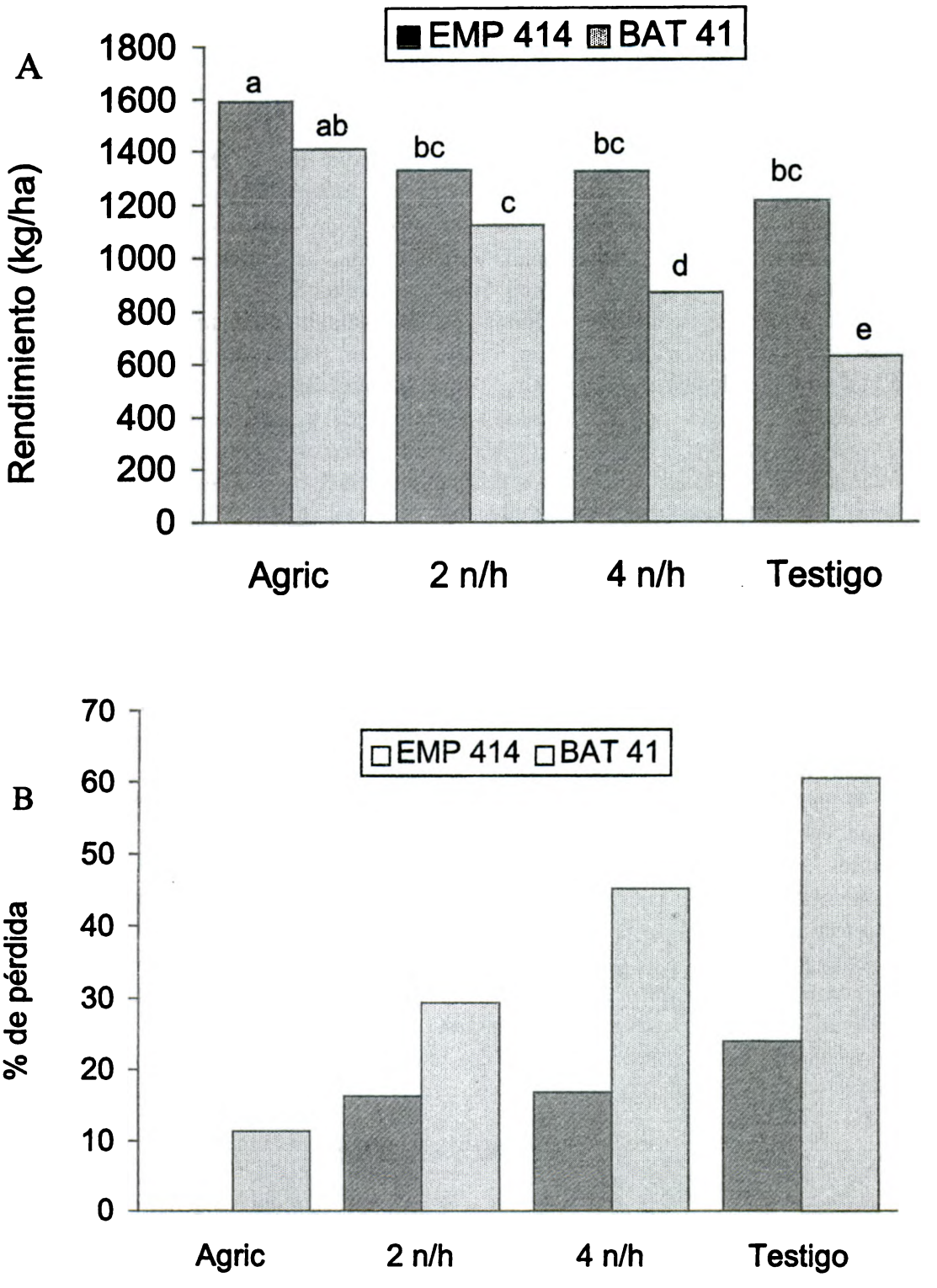


Figura 1. Rendimientos (A) y respectivos porcentajes de pérdida (B) en los materiales EMP 414 (resistente) y BAT 41 (susceptible) a través de tres semestres de evaluación.

Digitized by Google

Análisis de Regresión

Modelo Ninfas-Rendimiento para Comparar entre EMP 414 y BAT 41

Para desarrollar el modelo de regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja, y hacer comparaciones entre los dos materiales durante los tres semestres de evaluación, primero se determinaron los coeficientes de regresión (intercepto y pendiente) calculados a los niveles de significancia del 1 y 5%. El coeficiente de variación y el de determinación dieron la certeza de alta confiabilidad del modelo (17.7 y 0.89, respectivamente).

La no diferencia significativa (Figura 2) en potencial de rendimiento entre BAT 41 y EMP 414, hace que los puntos de partida en el eje de la Y (potencial de rendimiento) de los dos materiales sean iguales en cada semestre. En el diferencial por semestre se está expresando el efecto debido al ambiente el cual se traduce en incremento del potencial de rendimiento en 1992B y 1993A y una reducción (-222 kg/ha) en el semestre 1993A (en pendiente). Se detectan diferencias en la inclinación de las líneas, dadas por la pendiente de éstas que en este caso se refiere a pérdidas. Por ejemplo, en el semestre 1993A se presenta la mayor inclinación por ser aquel en que más pierden las líneas. Por su susceptibilidad, BAT 41 fue el material que mostró mayor pendiente con una pérdida de 366 kg/ha.

El ángulo que se forma entre los genotipos se refiere al valor de la tolerancia, 102 kg/ha. Este valor lo proporciona el diferencial por material de EMP 414 y no aparece para la línea susceptible por carecer ésta de los genes que confieren esta característica.

Se puede también observar en la Figura 2 que el genotipo mejorado siempre presenta los mayores rendimientos cuando se compara con el susceptible en presencia del insecto. Es decir, que aunque EMP 414 pierde en términos de kg/ha, lo hace en una forma gradual y no tan drásticamente como sí lo hace el material susceptible. Se puede agregar que el material mejorado está lejos de ser inmune y sufre pérdidas pero a una tasa mucho menor que la que ocurre en un material susceptible. En la Figura 3 se puede apreciar que el BAT 41 muestra mayor respuesta a la aplicación del insecticida (semestre 1993A) incrementando su pendiente (ganancia en rendimientos) por encima de la de EMP 414. La diferencia entre pendientes ratifica cómo un material que carece de los genes de tolerancia es capaz de responder ante la presencia del insecticida aumentando drásticamente su rendimiento. Esto nos sugiere que el uso de un material mejorado no sólo está ofreciendo un rendimiento mayor en comparación con uno susceptible, sino que además EMP 414 no responde tan favorablemente a las aplicaciones del insecticida como sí lo hace BAT 41, prueba confiable de su nivel de tolerancia.

CONCLUSIONES

El testigo susceptible BAT 41 presentó pérdidas sustanciales en comparación con la línea tolerante EMP 414 y aunque ésta está lejos de ser inmune sufre pérdidas a una tasa significativamente menor que el material susceptible. En cuanto a la respuesta a la aplicación del control químico BAT 41 responde mejor que el material mejorado. EMP 414 no responde favorablemente a aplicaciones del insecticida, pero la ventaja de utilizarlo llega a su máxima

Digitized by Google

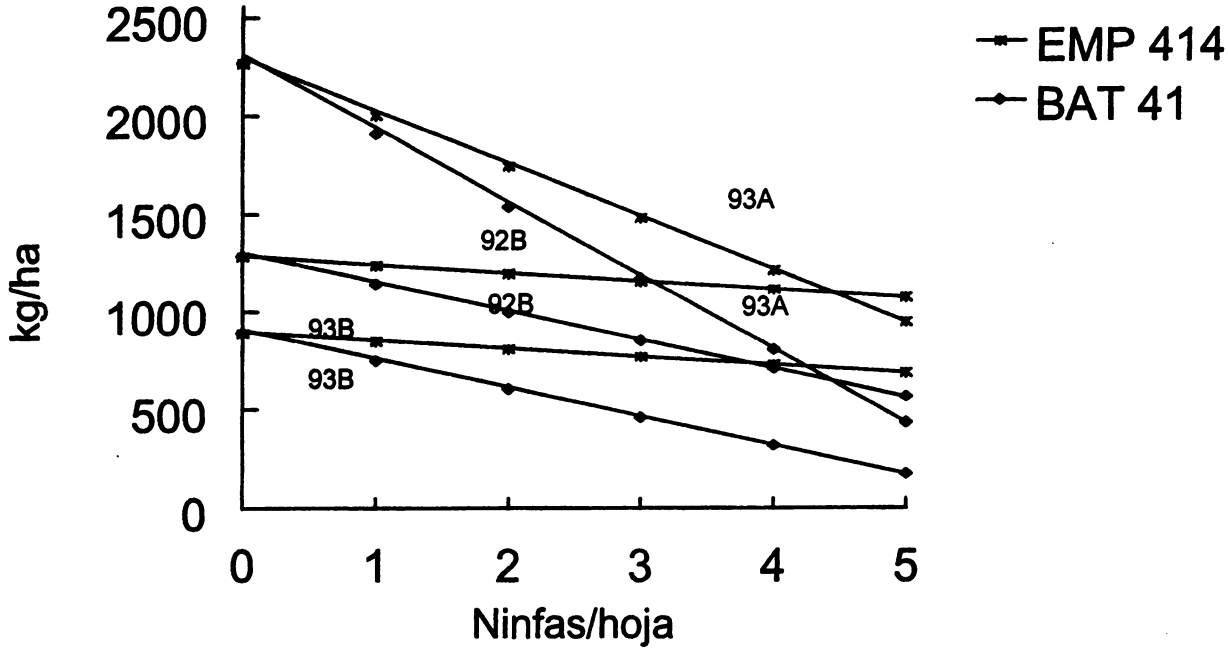


Figura 2. Regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de ninfas/hoja para líneas EMP 414 (resistente) y BAT 41 (susceptible) de frijol común.

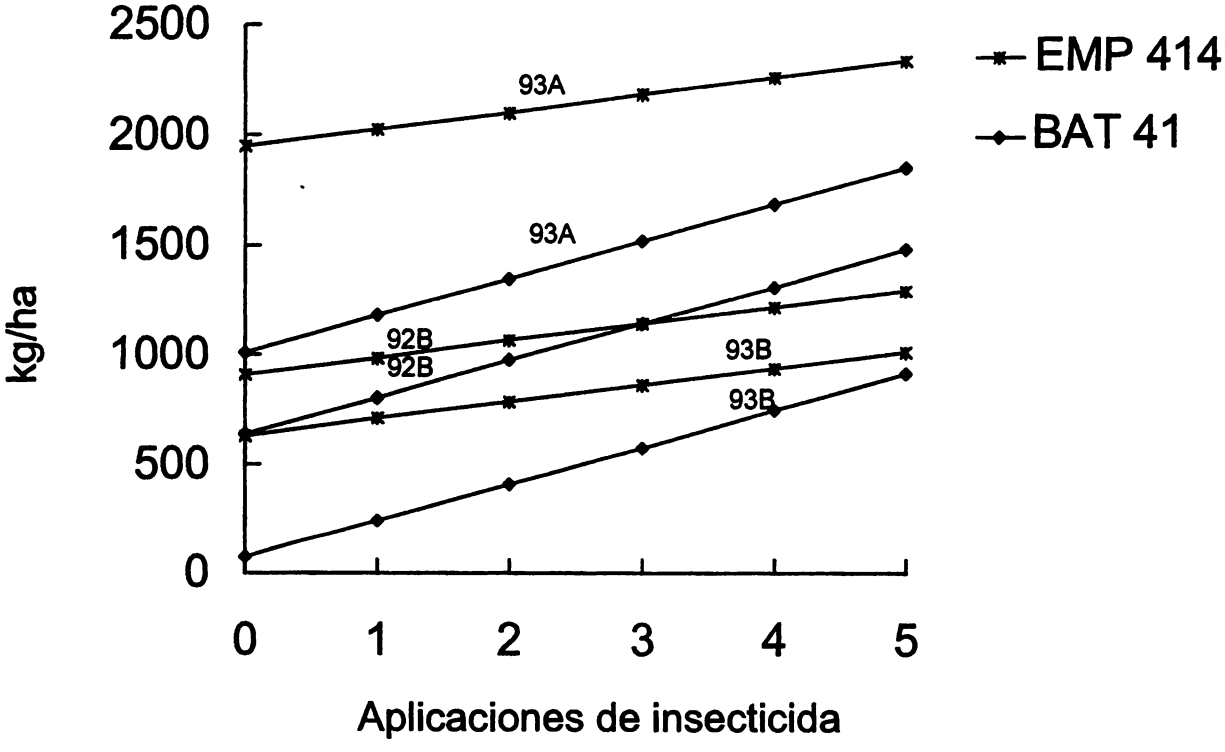


Figura 3. Regresión lineal: rendimiento (kg/ha) como función del número de aplicaciones de insecticidas para líneas EMP 414 (resistente) y BAT 41 (susceptible) de frijol común.

Digitized by Google

expresión cuando no se ejerce control químico. Un aspecto importante de anotar es que el uso de genotipos tolerantes permite elevar los umbrales de acción para ejercer control del insecto.

REFERENCIAS

Cardona, C., y M. L. Cortés. 1991. Evaluación económica de la tolerancia de variedades de frijol al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). Rev. Col. Entomol. 17:19-23.

García, J.E., C. Cardona, y A. van Schoonhoven. 1981. Resistencia del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L. al *Empoasca kraemeri* Ross & Moore. Rev. Col. Entomol. 7: 15-21.

Schoonhoven, A. van, G.J. Hallman, and S.R. Temple. 1985. Breeding for resistance to *Empoasca kraemeri* Ross and Moore in *Phaseolus vulgaris* L. p. 405-422. *In* L.R. Nault and J.G. Professor (eds). Leafhoppers and Planthoppers. John Willey & Sons Inc.

Smith, M.C. 1989. Plant resistance to insects. Use of plant resistance in insect pest management systems. John Wiley and Sons, New York. 285 pp.

Teetes, G.L. 1980. Breeding sorghum resistant to insects. p. 457-471. *In* F.G. Maxwell and P.R. Jennings (eds). Breeding Plants Resistance to Insects. Wiley, New York.

Digitized by Google

SECCION IV. MEJORAMIENTO PARA POTENCIAL DE RENDIMIENTO

Digitized by Google

Digitized by Google

79
30 ENE 1998

Development of New Plant Type for Pinto Beans: Progress, Problems and Future Prospects

Albert Vandenberg, Blaine Reckseidler and Lloyd Zyla
University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada

ABSTRACT

Research and development of a reliable dryland production system for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on low-cost direct seeding and direct harvest methods was initiated at the Crop Development Centre at the University of Saskatchewan in the late 1980s. The target production area is a dryland spring wheat farming region in which lentil and pea production is well established. Effort is focussed on production of the pinto class. Three major potential improvements to the production system were identified: harvest equipment modification to improve direct harvest capability, development of early maturing germplasm with reliable expression of a crop canopy suitable for direct harvesting systems, and appropriate agronomy to improve the reliability of production. The research effort in harvest equipment modifications resulted in commercialization of a new design of lifter and reel assembly for combines equipped with floating cutterbar headers. Field scale evaluations showed that a 50% reduction in cutterbar loss is possible with cultivars with Type III growth habit. Agronomy research for new production systems has been limited to development of improved rhizobial strains, but new areas of research will be explored as appropriate cultivars become available. Research in the area of germplasm development is specifically focussed on gains in early maturity and improvements in canopy structure, particularly for the pinto class. The ideal canopy structure for the production system is one in which all pods are situated above the combine cutterbar at the time of harvest. Specific improvements to the canopy structure include development of early maturing genotypes with elongated Type I growth habit, Type II growth habit or Type III growth habit without basal clustering of pods. In addition, an effort is underway to develop genotypes with shorter pods to maximize cutterbar clearance are under development and with pods with reduced lignin to minimize shattering and maximize cutterbar clearance. Reduction of lignin in pods may help reduce shattering at the time of harvest due to reduced dehiscence. Pods with reduced lignin tend to curve upward at the time of maturity, allowing better clearance of the cutterbar. Agronomic comparisons of F_2-derived F_4 and F_5 lines showed that in some populations cutterbar losses can be reduced by up to 50%.

RESUMEN

La investigación y el desarrollo de un sistema confiable para producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en secano a bajo costo de siembra y cosecha directos se inició en el Centro de Desarrollo de Cultivos de la Universidad de Saskatchewan a finales de los años ochenta. El área de producción enfocada es una región de cultivo de secano de trigo de primavera en la cual la producción de lentejas y arvejas está bien establecida. Los esfuerzos se enfocan en la producción del frijol pinto. Se identificaron tres mejoramientos esenciales para el sistema de producción: modificación del equipo recolector para mejorar la capacidad de hacer una cosecha directa, desarrollo de un germoplasma de maduración temprana con una configuración confiable de la parte aérea que la hace apta para la cosecha directa y una agronomía apropiada para mejorar la confiabilidad de la producción. El esfuerzo de investigación para hacer modificaciones al equipo recolector resultó en la comercialización de un diseño nuevo de levantado y riel de ensamble para combinadas equipadas con cortadores de cabeza flotantes. Las evaluaciones a escala de campo demostraron que es posible la reducción de un 50% en la pérdida con el cortador utilizando cultivares de hábito de crecimiento tipo III. La investigación agronómica sobre nuevos sistemas de producción se ha limitado al desarrollo de mejores cepas de rhizobio, sin embargo se explorarán nuevas áreas para la investigación según se hagan disponibles los cultivadores apropiados. La investigación en el área de desarrollo de germoplasma está enfocada especialmente en avances en maduración temprana y mejoras en la arquitectura de la planta, particularmente para la clase pinto. La estructura ideal de la parte aérea de la planta para el sistema de producción es aquella en la que las vainas se sitúan por encima del cortador al momento de la cosecha. Mejoras específicas de la arquitectura de la planta incluyen el desarrollo de

Digitized by Google

genotipos de maduración temprana con un hábito de crecimiento tipo I elongado, hábito de crecimiento tipo II o hábito de crecimiento tipo III sin agrupación de vainas en la base. Además, se está haciendo un esfuerzo para desarrollar genotipos con vainas más cortas para maximizar la luz del cortador y vainas con menos lignina para minimizar quebradura y maximizar la luz del cortador. La reducción del lignina en las vainas puede reducir las roturas de granos al momento de la cosecha debido a la reducción de dehiscencia. Las vainas con lignina reducido tienden a curvarse hacia arriba cuando maduran permitiendo una mayor luz del cortador. Comparaciones agronómicas de F_2, derivadas, y líneas F_4 y F_5 demostraron que en algunas de las muestras la pérdida en la cosecha directa pueden reducirse hasta un 50%.

The province of Saskatchewan in western Canada is a major global producer of lentil (*Lens culinaris* L.). Annual production of more than 300,000 MT is exported to more than 70 countries (Saskatchewan Pulse Crop Development Board, 1995). Saskatchewan also exports about 600,000 MT of green and yellow dry pea (*Pisum sativum* L.). A grower organization known as the Saskatchewan Pulse Crop Development Board administers a mandatory provincial levy of 0.5% of the value of all pulse crops (currently more than $CDN 1 million per year). These funds are redirected to research projects, including the development of new pulse crops, including chickpea (*Cicer arietinum* L.) and common bean. This is the driving force behind the development of the common bean crop in Saskatchewan.

The commercial common bean crop is in the initial stages of development in Saskatchewan. At present, the crop is grown on about 2,500 ha. Most production is pinto type, grown under irrigation using the traditional North American system of row cultivation. This technology was imported from the state of Idaho and the province of Alberta beginning in 1994 by growers who developed contacts with commercial bean companies that are trying to diversify their sources of beans.

A recent analysis of the crop production base of Saskatchewan (20 million ha under cultivation) indicated that about 2 million ha would be suitable for common bean production if suitable varieties were available (SPCDB, 1995). In 1991, about 150 dryland lentil growers voluntarily experimented (in farm plots ranging from 1 to 20 ha) with growing the pinto variety Othello. It was a disaster. Yield losses ranged from 20% to 60% using lentil harvesting systems (Whatley, 1992). The general conclusion by the pulse industry was that common bean could be grown in Saskatchewan if two problems could be solved. The first was development of a reliable direct harvest system. From the outset, we regarded this a challenge to agricultural engineers, to plant breeders and to agronomists. The second was a challenge to plant breeders to reduce the number of days to maturity to match the frost-free period of about 100 days in a northern temperate climatic zone.

Digitized by Google

PROGRESS AND PROBLEMS: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN IMPROVED DIRECT HARVEST SYSTEM FOR COMMON BEAN

Agricultural Engineering Perspective

McColly (1958) described the evolution of the undercutting system for common bean harvesting in Michigan. The crop is grown in rows and undercut plants are left to ripen in the field prior to combining. Various adaptations to undercutting and threshing machines have been introduced but this system has essentially remain unchanged for the past 50 years. Smith (1986) estimated total harvest losses to range from 1% to 13% with an average of 3.7%. The system is reliable but has disadvantages due to cost of extra field operations, soil admixture, soil erosion, and the possibility of crops losses due to wind and rain damage during the ripening stage. The attractiveness of simplifying the harvest system and reducing costs resulted in pressure to develop direct harvest methods, especially when cultivars of type I and type II growth habit became available.

When upright navy bean cultivars became available in Michigan, research into harvesting with six-bat reel with pickup finger-type guards was initiated (McColly, 1958). Losses were greater than 10%. Gunkel and Anstee (1962) developed a rowcrop header consisting of rubber fingers attached to v-belts for stripping pods onto an elevating canvas. This technology reduced losses for upright plant types but was unsuitable for type III cultivars. High shatter losses were recorded. Gunkel and Anstee (1962) tested two other alternative harvesting systems. Spiral, cone-shaped brush systems for pulling pods and plants were evaluated. A flat belt puller system that clamped onto ripe plants in the row was also tested. None of these systems was a commercial success and virtually no research in engineering new harvest systems took place for almost 30 years following.

Over the past 10 years, growers have adapted soybean (*Glycine max* L.) harvesting equipment to direct harvest of upright navy bean crops. Adaptations to soybean harvest systems include the flexible header with floating cutterbar combined with air injection systems and pickup reels. An analysis of these systems in navy bean production by Harrigan et al. (1991) showed losses of 8.3 % for the floating flex-head cutterbar with air injection; 13.1% for floating flex-header with standard pickup reel; 3.9% for conventional rod cutting and pickup; and 4.5% for conventional knife cutting and pickup.

Much more research has been devoted to reducing soybean harvest losses. Bichel and Hengen (1978) reported that more than 90 patents on devices for reducing soybean gathering losses were granted. Most were commercially unsuccessful. The flexible floating cutterbar and pickup reel system was originally developed for dry pea (Quick and Buchele, 1978; Neal, 1978) but was widely accepted in soybean harvest systems. Another successful device was the Baker bean pan (Baker, 1993). Pans suspended on a rigid cutterbar catch loose seeds and pods which are then swept by reel-mounted brushes. Other successful innovations were the Row-Crop Head (Bichel and Hengen, 1978); the integral flexible cutterbar cutting platform (Bichel et al., 1976) and the narrow-pitch combine cutterbar (Quick and Mills, 1978).

The use of air to assist in reduction of gathering losses in soybean was investigated by several research groups. These devices include the air conveyor header (Nave et al., 1972); cutterbar mounted air nozzles (Tunnell et al., 1973); flooding-type cutterbar air nozzles (Wait et al., 1974); low pressure air nozzles (Nave and Yoerger, 1975); air-jet guards combined with flexible cutting platforms (Nave et al., 1977); and air-jet guards in combination with rotary cutting disks (Hall and

Digitized by Google

Hummel, 1985; Stuckey and Hummel, 1989).

Bichel and Hengen (1978) concluded that reducing harvest losses in soybean to within the 2-4% range required specifically designed equipment for the soybean crop in combination with improved cultivars more suitable for direct harvesting. Smith and Biere (1985) evaluated soybean harvesting systems for common bean crops and concluded that more upright cultivars reduced losses for all harvest systems and that further modifications to soybean harvesting systems could reduce harvest losses to commercially acceptable levels in common bean crops.

When commercial interest in pinto bean production in Saskatchewan was stimulated in the late 1980s, Othello was the only commercially acceptable adapted cultivar (Vandenberg et al, 1989). Field scale evaluations of harvest losses by Whatley (1993) demonstrated that harvest losses were unacceptable, partly due to the growth habit of Othello (type IIIa with a propensity for basal clustering of pods). Zyla (1993) evaluated three potential solutions to reducing harvest losses for pinto bean crops with canopy structure similar to Othello. The air reel concept was evaluated for potential to reduce loss of loose seed, and the potential to lift and hold pods out of the path of the cutterbar to allow the stem to be cut. The concept of stripping pods from the plants without cutting the stalk was also tested. The third potential solution was a more detailed evaluation of cutterbar guard- mounted crop lifters similar to those used by Saskatchewan lentil growers. These concepts were initially evaluated under laboratory conditions. The air-jet guard concept and lifter evaluation were then tested under field conditions at 5 locations in Saskatchewan in 1992. At each location a farmer cooperator had seeded a small commercial field of Othello pinto. Preliminary laboratory evaluation showed that the air reel was not effective in lifting pods for cultivars with the architecture of Othello. Pods situated at the front of the plant tangled in the stems when air was applied. Pods situated behind the stem were sheltered from the air flow and could not be lifted. Use of air, alone or in combination with crop lifters, did not reduce gathering loss. Average field losses were 40% (Zyla, 1993).

Preliminary evaluation of the stripper concept showed that losses were unacceptably high. It was concluded that further development of this concept would require complete investigation of rotor diameter, rotor rotational speed, rotor height, forward speed and virtually all elements of stripper design.

Field evaluation of crop lifters showed that tip flotation, tip height relative to the ground surface and ability to clear trash and crop material without plugging were key design features. In addition, commercially available pickup reels did not provide the correct lift action for use in common bean. When brushes were added to the reel under field conditions, contact with the plants was improved but no reduction in losses occurred because the lift action was still incorrect. Field evaluation of gathering losses in relation to seeded row direction also showed that the direction of travel was not a factor influencing direct harvest loss.

Further research on direct harvesting concepts for common bean was conducted in 1993 and 1994 by Reed et al. (1995). Further development of the pod stripping concept resulted in the reduction of gathering loss to 19% in the laboratory. However, the mechanical complexity of the stripping device and the expected high costs associated with manufacturing lead to the conclusion that this concept would prove to be uneconomic. Investigation of the concept of vacuuming was abandoned as having little potential due to the excessively high power demand required to achieve suitable air velocity.

The most promising concept was that of a redesigned cutterbar guard. This guard is capable

Digitized by Google

of tilting the bean pods positioned close to ground level slightly forward. In so doing, the stem is exposed allowing the cutterbar to cut the stem without cutting the pods. In addition, the guard reduces the amount of shattered seed allowed to fall through the cutterbar. In 1993 field tests, losses of Othello pinto and Seaforth navy were 21% and 12%, respectively. In 1994 field tests, losses for Othello pinto averaged 15% when harvested with the prototype guards, and 29% when harvested with standard guards. For cultivars with better canopy structure, losses of less than 10% were recorded for the prototype guards when used in field scale direct harvest tests. The University of Saskatchewan has applied for a patent on the concept and a commercial manufacturer is now licensed to build the guards. It is expected that commercial combine headers equipped with this system for harvesting will available in July 1997. It is expected that the system will be particularly useful for harvesting cultivars with type III growth habit (high yield potential). The system will also be useful for harvesting cultivars with type I and type II growth habit when soil and environmental variability cause variability in the expression and development of improved canopy structure.

Plant Breeding Perspective

The common bean breeding program at the Crop Development Centre was formally initiated with a grant from the SPCDB in 1991. From the outset, the major objective of the breeding program was to develop adapted (early maturing) cultivars of pinto bean suitable for low cost production systems used for the lentil crop. In lentil production, growers use large scale direct seeding and direct harvest systems, either on stubble or on summerfallow. The harvesting system is usually (1) direct harvesting with a pickup reel after desiccation, or (2) swathing followed by combining. The potential use of systems with modified crop lifters for direct harvest of common bean is on the horizon. Using this as a guideline, we are developing germplasm that suits the economic, agronomic and climatic environment of Saskatchewan.

Our breeding system is geared to selection for suitability for direct harvesting. Crosses are made 3 times per year in the glasshouse or growth chamber. F_1 plants are grown 3 times per year in the glasshouse, growth chamber or in the summer field season which begins about May 20 and ends at the first killing frost, usually September 10 (University of Saskatchewan, 1987). F_2 populations and F_2-derived F_3 rows are grown in the field. Yield testing begins in F_4 at one location, followed by multilocation testing in F_5 at 3 sites; Saskatoon (dryland), approximate latitude 53°N; Outlook (irrigated), approximate latitude 52°N, and at Rosthern (dryland) approximate latitude 54°N. After one or two years of multilocation testing, lines are entered in national registration trials located across the potential production areas of western Canada including Sasktachewan, Manitoba and Alberta. All trials in this system are conducted in narrow-row (30 cm or less), direct harvest format. All plots in the CDC program are seeded with a 4 row seeder at row spacing of 30 cm and direct harvested with a standard Wintersteiger Elite plot combine.

More specifically, the objectives of breeding related to direct harvest systems are focussed on development of germplasm that consistently develops a canopy in which all pods are entirely situated more than 40 mm above the ground surface. This is an acceptable estimate of how high the cutterbar floats above the soil surface for a floating flexible combine header (Zyla, 1993). We assume that germplasm suitable for direct harvest systems can be developed by combining various components to enhance pod canopy architecture. These are: stem elongation; control of stem stunting during early season growth; reduction of pod length; and pod curvature.

Digitized by Google

Increasing Stem Elongation to Increase Pod Clearance

Beginning in 1992, we began using a visual rating system for estimating the percentage of pods in the canopy that clear the 40 mm level. The ratings are recorded for at least one replicate per yield trial beginning in F_4. Table 1 shows pod clearance data for 8 common bean cultivars grown in regional trials in 1995 at 7 locations in Saskatchewan. Each site had 4 replications. Plots were grown at row spacings of 30 cm or less. Standard errors were consistent from site to site and indicated that pod clearance ratings that differ by about 10% between cultivars are significant statistically ($P \leq 0.05$). Site to site differences for individual cultivars were larger. Type III cultivars had the lowest mean pod clearance. Variability in expression appears to be independent of growth habit. The absolute range across all environments gives some indication of stability of performance for this characteristic. The cultivars CDC Whistler, CDC Nighthawk and CDC Expresso were developed exclusively by direct harvest methods and also show the highest mean pod clearance and lowest range in variability. If we are in fact selecting for more consistent expression of early season stem elongation, we could expect over time that it may be possible to develop type III cultivars with higher and more consistent pod clearance ratings.

Initially, no preference was given to development of type I, II or III growth habit in pinto bean breeding because the overriding environmental limitation in the environment is early maturity. After 5 years of breeding effort using an F_2-derived family method, our most promising pinto lines from crosses made in the 1991-93 period exhibit a tall type I growth habit with consistent expression of pod clearance (consistently above 60%) . In 1993 we decided to further enhance harvestability and yield potential by developing germplasm with type II growth habit combined with early maturity.

Reduction of Stem Stunting to Increase Pod Clearance

Pod clearance may be increased by using agronomic techniques that help reduce stunting of the canopy and thereby enhance pod clearance. Little research has been conducted in this area. This approach to enhancing harvestability may be especially relevant when common bean is grown in areas like western Canada that often experience unpredictable high winds during the pre-flowering growth stage. Stresses caused by constant high winds may reduce plant height at this stage by reducing internode elongation for the first three or four nodes of the main stem. Preliminary experiments conducted at the Saskatchewan Irrigation Development Centre asked the question whether seeding common bean into standing cereal stubble increased lower internode elongation compared to treatments seeded in plots where stubble was removed. This work is still in progress. This is, however, a critical question because the entire agronomic system in the Canadian prairies is shifting to minimal or zero tillage systems. The acceptance of a potential new crop like common bean will be more rapid if compatible agronomic systems are developed.

Producer experience in seed multiplication of cultivars with more consistent pod clearance cultivars like CDC Expresso suggests that common bean crops grown on heavy clay soils have a tendency to exhibit stunting. This could be a soil temperature response or a response to poor internal drainage. Field selection may play a major role in helping to reduce stem stunting. Beginning in

Digitized by Google

Table 1. Pod clearance (%) for eight common bean cultivars grown in seven environments in Saskatchewan in 1995.

Variety	Type	Growth habit	Pod clearance (%)								
			Indian Head	Melfort	North Battleford	Shellbrook	Outlook (riego)	Riverhurst (riego)	Yorkton	Mean	Range
Othello	Pinto	III	80	33	49	43	66	56	10	48	70
Fargo	Pinto	III	81	30	50	62	64	56	25	53	56
UI 906	Black	II	94	49	75	85	82	89	60	76	45
CDC Nightwak	Black	II	93	66	76	88	90	89	50	79	43
CDC Expresso	Black	I	96	78	84	90	85	85	80	85	18
CDC Whistler	Small white	I	91	65	71	78	86	97	75	80	32
OAC Seaforth	Small white	I	73	66	75	60	83	89	20	67	69
AC Skipper	Small white	I	93	61	74	65	82	90	25	70	
Mean			88	56	69	71	80	81	43		
Standard error			4	4	4	6	4	3	NR		

NR - Data reported as mean only.

Digitized by Google

1993, we initiated some research into the application of gibberellic acid (GA 3) to increase pod clearance in cultivars like Othello. This approach has been researched in soybean (Mislevy et al., 1989). This research is being conducted by Trevor Wallace, an M.Sc. student. The work is not yet completed but initial results show that lower stem elongation can be increased. However, the results must be interpreted in the context of effects on gibberellic acid metabolism by timing of application, growth habit of the cultivar, rate of application and other environmental interactions and specific stresses. Dale reported that in common bean, growth characteristics such as stem elongation are extremely sensitive to influence by gibberellins. Gibberellic acid mutants are documented in many crop plants. By selecting for greater consistency of pod clearance as expressed by consistent stem elongation in a wide range of environments, it is possible that selection for specific genetic combinations affecting gibberellic acid metabolism is may occur.

Reduction in Pod Length to Increase Pod Clearance

Screening germplasm for reduced pod length in pinto bean is just beginning. We intend to survey some traditional pinto germplasm for lines that exhibit shorter pods. Preliminary observations of some market classes like Dutch brown (Andean gene pool) indicated that germplasm with reduced pod length and relatively large seed size is available with type I growth habit. Some landrace accessions of pinto show reduced seed numbers per pod, and consequently, shorter pods (Shree Singh, personal communication).

Using Pod Curvature to Enhance Pod Clearance

The fourth component of enhancing pod clearance involves the potential use of "leathery" pod types usually found in snap beans and in some dry bean types such as the Coscorron types from Chile. We hypothesized that this type of pod would (1) reduce shatter loss during combining operations in dry harvest conditions and (2) allow better clearance of the cutterbar of swathers and combines because the pods develop curvature near maturity. An M.Sc. graduate student, Mr. Blaine Reckseidler, has conducted studies investigating various aspects of the anatomy, genetics and agronomy of this pod phenotype.

Anatomy Studies. The fundamental structure of the common bean pod is similar to that of other legumes. The pod pericarp of most legumes is differentiated into the following layers; an outer epidermis, a hypodermal layer, an outer parenchyma layer, a schlerenchymatous stratum composed of one or two fibre layers (one in common bean), an inner parenchyma layer, and an inner epidermis which is not always well developed (Roth, 1977). Vascular bundles enclosed in sclerenchyma are embedded in the outer parenchyma (Fahn and Zohary, 1955). The cell walls of the sclerenchymatous fibre layer elongate at approximately 45° to the long axis of the pod, separating the inner and outer parenchyma layers. The cell walls of the fibre layer thicken and become lignified in the later growth stages (Stark and Mahoney, 1942; Reeve and Brown, 1968). Fibre cells range from 15 to 30 in width, 300 to 500 in length, and are oriented at right angles to those of the elongated or lenticular-shaped hypodermal cells. The hypodermal cell walls are greatly thickened at maturity, and react positively for pectin and hemicellulose (Reeve and Brown, 1968). Ventral and dorsal vascular bundles are present in the suture and midrib areas of the pod. Branching vascular bundles are

Digitized by Google

embedded in the outer parenchyma layer. The vascular bundles have sheaths composed of isodiametric parenchyma and wood cells, and elongated sclerenchyma cells (Drijfhout, 1970). The dorsal and ventral vascular bundles develop schlerenchymatous caps, commonly called strings. Increased temperature influences the amount of string (Drijfhout, 1970). The string and fibre sheath are less developed in snap bean than in dry bean (Stark and Mahnoey, 1942). Kaldy (1966) found that increased temperature increased total fibre content in some snap bean cultivars.

Dehiscence in legumes is caused by differences in thickness and swelling capacities of the tissue layer in the pod as well as by differences in the thickness of cell walls comprising the fibre layer (Fahn and Zohary, 1955). Reeve and Brown (1968) suggested that cellular orientation and wall structure of the hypodermal and fibre sheath cells cause twising during dehiscence of common bean pods.

The landrace Red Peanut was introduced into the breeding program in the 1980s as a source of earliness. Red Peanut is assumed to be from race Mesoamerica because it has seed size and shape similar to navy and black beans. Seed coat color is a faded red. It was observed that pods of this line developed curvature near maturity and that the pods had a wrinkled appearance, similar to that described by Froussios as leathery.

In the past two years we have conducted studies of the lignin content of pods of common bean cultivars and breeding lines with contrasting pod types. In the summer of 1994, field grown pod samples of Othello pinto, UI 906 black, and 92439 and 92440 black (F_6-derived F_{10} sister lines from the cross Neptune x Red Peanut) were harvested at mid buckskin for lignin analysis. In the fall of 1994, similar samples were harvested from Red Peanut, 92573 navy (derived from a cross with Red Peanut), UI 906 black, AC Skipper navy, and from two F_1 plants of the cross 92573 x Red Peanut. Pod walls of Othello, UI 906 and AC Skipper were characterized by a fully lignified fibre layer. Pods of 92439, 92440 showed reduced amounts of lignin in a discontinuous layer. Pods of Red Peanut had a small of amount of lignified fibre, while 92573 and the F_1 plants of 92573 x Red Peanut had no detectable lignin. We now refer to these pod fibre types as high lignin (HL) and low lignin (LL).

Genetic Studies of Low Lignin Pods. Lamprecht (1932) reported that ripe common bean pods could be classified into two groups - a simply arching pod, and a pod which constricts around the pod. This description was subsequently changed to the terminology parchment and non-parchment instead of simply arched and constricted (Lamprecht, 1947). These phenotypes are the equivalent of HL and LL, respectively, as shown by tissue staining analysis. Tjebbes and Koiman (1922) suggested monofactorial inheritance with parchment dominant to non-parchment. Lamprecht (1932) designated the gene *Fa* as a basic factor necessary for the development of a parchmented pod. In the presence of *Fa*, each of three additional independent genes designated *Fb, Fc*, and *Fd* which were expressed as pods with parchment. This analysis suggested that genetic segregation ratios of 9:7, 15:1 or 63:1 were possible. The LL trait is available generally in snap bean germplasm and is considered one of the phenotypes associated with domestication in common bean.

Studies on the inheritance of LL were conducted at the CDC beginning in 1993. A series of 4 crosses involving lines expressing the Red Peanut source of low lignin crossed with lines showing HL pod phenotypes was analyzed on the basis of F_2-derived F_3 row phenotype. Table 2 shows that in 2 of the 4 populations, a good fit to an expected 1:2:1 ratio was observed. A subsequent study, in which pods of 20 F_2 plants from the cross NS Red#3 x 92070 were examined histologically,

Digitized by Google

demonstrated a ratio of 17 HL : 3 LL. This fits a 3 HL : 1 LL ratio, suggesting that the Red Peanut source of LL is expressed as a single recessive gene. Further histological examination and physical classification of reciprocal F_1 plants of three crosses involving the Red Peanut that the recessive gene hypothesis was consistent without maternal effects (Table 3).

A second source of LL was identified in PI 136678. This line has small tubular black-striped seeds and it was assumed to be of snap bean (Andean) origin. In crosses with the pinto line ISB 82-354 all F_1 pods were LL, indicating dominant expression. Histological analysis of lignin content of F_2 plants from this cross showed expression to be more variable than in crosses with the Red Peanut source of LL. Lignin content was classified as percentage of the pod fibre layer showing lignification. Using 50% lignification as the separation point for classification, a ratio of 39 LL : 19 HL F_2 plants was observed. This adequately fits a proposed 3 LL : 1 HL ratio and is consistent with expression of the F_1 phenotype. Observation and classification of random F_2-derived F_4 rows of this cross showed ratio of 10 HL : 16 segregating : 9 LL which gave a good fit to the expected 1 : 2 : 1 ratio.

Similar experiments were conducted with a third source of LL, PI 136718. This line has dark brown seed similar in size and shape to kidney bean, indicating that it is of Andean origin. When crossed to Othello pinto and Nodak pinto, all F_2 segregation ratios were distorted with a deficiency in the LL phenotypic class. Further clarification of the genetics of the LL trait in common bean will require F_2 and F_3 phenotypic classification from the cross Red Peanut x PI 136678.

Agronomy Perspective

Fundamental understanding of the interactions of genetics and agronomy in new harvesting systems in pinto bean production systems and their effects on yield stability and potential productivity remains a challenge for agronomists and plant breeders. The current agronomic used for North American pinto bean production systems is well-defined for both irrigated and dryland regions - row crop production in 56 or 75 cm rows with inter-row cultivation combined with undercutting prior to harvest. The trends in production for other crops, including other pulses such as lentil, field pea and chickpea, suggest that producers are interested in changing to lower cost production systems that involve direct seeding and direct harvesting. In western Canadian dryland cropping systems, the changes in crop production systems are driven by the issues of lower cost of production, diversification of crop rotations in time and space, and soil conservation.

An unresolved agronomic question is whether or not common bean can be cost effectively sown into standing cereal stubble crops without sacrificing seed quality, losing uniformity of stand or increasing seeding rate. One possible benefit of stubble seeding is that lower internodes will elongate more and allow development of a canopy with better pod clearance at harvest. Implementation of new seeding systems requires successful integration of air delivery systems and seed placement systems.

Another unresolved issue in dry bean production is the role of nitrogen fixation , particularly in regions that have not historically produced common bean. Experience in nitrogen fixation research for other western Canadian pulse crops suggests that use of soil applied granular inoculants by inexperienced growers may remove much of the instability of performance of rhizobia when annual legumes are first introduced into crop rotations (Rice et al,. 1996).

Digitized by Google

Table 2. Chi-squared test for goodness-of-fit of 1:2:1 segregation ratio of high lignin (HL) : segregating (SE) : segregating low lignin (LL) phenotypes in the $F_{2,3}$ populations of common bean.

Cross	No. of plants	Observed ratio HL:SE:LL	Chi-square
RNK 136 (LA) x NS Pinto #1 (LB)	63	21:25:17	3.2
RNK 593 (LA) x NS Red #3 (LB)	60	27:22:11	12.8*
6-9146B (LA) x NS Pink #2 (LB)	156	82:49:25	63.2*
[NS Pink #2 (LB) x 26-4B (L)]F_2 x [NS Pinto #1 (LB) x RNK 169 (LA)]	87	26:39:22	1.3

* Significant at $P = 0.01$.

Table 3. Pod phenotype, % lignin express in pods, and lignin content for F_1 plants, of three backcrosses and parents in one cross of common bean.

Cross/Parent	Plant type	No. of plants	Pod appearance	% lignin in pods	Lignin content†
92070 x NS Red #3	F_1	9	Normal	100	HL
NS Red #3 x 92070	F_1	10	Normal	100	HL
NS Red #3	Parent	3	Wrinkled	0	LL
92070	Parent	3	Normal	100	HL
Red Peanut x Othello	F_1	2	Normal	100	HL
Othello x Red Peanut	F_1	3	Normal	100	HL
Red Peanut x CDC Expresso	F_1	3	Normal	100	HL
CDC Expresso x Red Peanut	F_1	3	Normal	100	HL

† HL = high lignin; LL = low lignin.

Digitized by Google

Interactions Among Row Spacing, Growth Habit and Yield Potential

Integration of direct harvest systems with row crop production systems has usually involved attempts to swath or direct cut crops that have been grown in rows 56 cm or 75 cm apart with inter-row cultivation. The cultivation procedure itself may in fact reduce pod clearance because soil builds up around the stem bases. Reducing row spacing from 75 cm to 19 cm increased yield for some type I navy bean cultivars (Grafton et al,. 1988). Investigations of interactions of bed width (56 vs. 75), single vs. double row planting, plant population (72,000 vs. 100,000 plants/ha) and plant growth habit (type I, II and III) for irrigated pinto bean in Colorado showed that type III cultivars were usually highest yielding across this range of treatments (Mehraj et al,. 1996). Plant population had no influence on yield but narrow beds and double row planting increased yield for cultivars of all three growth habits. In North Dakota, pinto bean cultivar UI 114 (type III) yielded consistently higher in 25 cm rows compared to 75 cm rows under dryland conditions regardless of plant population. A study of the interaction between growth habit and productivity in wide rows in Michigan concluded that indeterminate cultivars are higher yielding (Kelly et al,. 1987). In experiments conducted under irrigation in Saskatchewan, cultivar x row spacing (60 cm vs. 30 cm) interactions were observed. Type III cultivars had reduced yield in 30 cm rows in seasons when weather conditions favored development of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum* de Bary) (Vandenberg et al,. 1993). Type I cultivars had similar yields or higher yields in 30 cm compared to 60 cm rows. Under dryland conditions in drier environments, no clear pattern has been established for relative performance of type I vs. type III cultivars grown at row spacings of 30 cm or less.

Lowering the cost of the production system through direct harvest systems implies that pod clearance influences harvested yield as much as growth habit. The relationship between growth habit and harvestable yield potential will require re-examination. In western Canada, the performance of pinto bean breeding lines is evaluated by establishing plots with row spacing of 30 cm or less. Plots are direct harvested with small plot combines and no account is made for harvest losses. Experience over the past 5 years suggests that in this system of evaluation the consistently highest-yielding lines are not necessarily type III growth habit. Further research is required to ensure that plant breeders are not biased toward a particular plant growth habit. Early maturity may be a confounding factor for these evaluations if it is associated with type I growth habit. In general, the earliest maturing lines show reduced productivity in wide row trials but not in narrow row trials.

One unexplored avenue of agronomic investigation in this area is the effect of growing mixtures of cultivars with similar seed phenotype but contrasting growth habit. It may be possible to introduce some measure of yield stability, pod clearance stability and compensation using mixtures of type I, II or III cultivars. Under field scale commercial production, variation in soil type within a field may in fact favor a particular growth habit. It is possible that compensation for yield ability could occur.

Agronomic Studies with Low Lignin Pods

The original hypotheses concerning the agronomic value of the LL pod phenotype in commercial cultivars concerned to (1) enhance pod clearance through pod curvature and (2) reduce gathering loss through reduction in pod shattering at the cutterbar. Studies were conducted to test

Digitized by Google

the hypothesis that common bean genotypes with LL pods had similar yield and seed shatter loss in comparison to those with normal pods (Reckseidler, 1996).

In 1994, randomly selected F_2-derived F_4 lines from crosses made with the three sources of LL pod phenotype were used to initiate evaluation of any potential agronomic contribution or problem associated with using LL pod types. The crosses were: NS Red #3 (LL - Red Peanut source) x 92070 (HL) great northern; ISB 82-354 (HL) pinto x PI 136678 (LL); and, PI 136718 (LL) x Nodak (HL) pinto or Othello (HL) pinto. In 1994, 35 lines from each of the 3 crosses plus Othello were grown in 2-replicate trials at Saskatoon (dryland) and Outlook (irrigated). Plots were 1.2 m x 3.9 m with 4 rows at 30 cm spacing. All plots were direct harvested and combine losses were calculated from a 2 m subsample from the 2 middle rows for each plot. Harvested yield was added to yield loss to derive a total yield for each plot. In 1995, similar experiments were conducted with the F_2-derived F_5 HL and LL lines from the crosses NS Red#3 x 92070 and ISB 82-354 x PI 136678. In 1995, the same locations were used but separate blocks for hand harvest comparison to machine harvest were added. The PI 136718 source of the LL pod phenotype showed skewed segregation in the F_2 and F_2-derived F_4 generations for expression of the LL phenotype so it was dropped from the 1995 experiments.

Table 4 shows that total yield of LL lines was the same as that of HL lines at both locations in 1994. Percent direct harvest yield loss of LL lines was consistently lower than that of HL lines but differences were significant in only 1 of the 4 experiments. In 1995, total yield estimates are a direct comparison between the F_5 HL and LL lines averaged over three replicates at two location and two harvest methods. Total yield differences between LL and Hl lines were non- significant for the cross involving the Red Peanut LL source. The cross with the PI 136678 source had significant total yield reduction ($P \leq 0.05$) for the LL lines. In 1995, differences in direct harvest percent yield loss were reduced by almost half for LL lines for both crosses. In both cases, the lines were unselected for any character other than pod phenotype. It is reasonable to expect, therefore, that it should be possible to develop LL lines with no yield penalty in the course of a regular plant breeding program.

Further evidence for lack of negative effect of the LL pod phenotype is shown in Table 6. Differences in plant dry weight, seed weight, and harvest index between plants with HL and LL pods in three of four crosses were non-significant. The only exception was a significantly higher plant dry weight recorded for the cross 6-9146B x NS Pink #2.

FUTURE PROSPECTS

Changing the harvest technology and canopy structure of the pinto bean crop also implies that changes will be required in basic agronomic practices. As a general principle, harvest technology used in small plot trials in plant breeding programs should be similar to those used in the commercial production system. When technological or genetic changes occur, re-evaluation of agronomic practices must incorporate new technology and new cultivars.

Because the common bean crop is so new in Saskatchewan, and because new harvesting technology is under development, many agronomic questions that may affect the growth of the common bean industry cannot yet be explored. When sufficient quantities of seed of new cultivars become available, we will enter a phase of agronomic research at a landscape scale to answer questions of interaction between genotype, harvest technology andenvironment. We will continue to aggressively select for early maturity regardless of the growth habit and pod type of future

Digitized by Google

cultivars. To achieve commercial success on dryland, it will also be necessary to answer agronomic questions in the area of making common bean production compatible with direct seeding systems. The overriding concern will be research that answers the question of how stable economic yields can be achieved in a production region with variable soils and climate.

The successful development of new pinto bean cultivars with the LL pod phenotypes may depend very specifically on the harvest environment. For dryland production areas of western North America where dry conditions, high winds and other stresses may occur during early plant development, pod curvature associated with LL pod phenotypes may result in improved harvestability for direct harvest dryland production systems. Under irrigation and row crop systems, there may be no advantage. Secondly, under low humidity conditions that prevail during most harvest seasons , reduction in pod dehiscence that occurs during contact between cutterbar and reel assembly and dry bean pods may be an added advantage not noticeable in regions with humid harvest conditions. This would also be the case for situations where swathing systems were used in dry harvest environments. Further agronomic evaluations on a larger scale will take place once seed supplies of near-isogenic lines become available. If resources permit, the relative effects of the LL pod phenotype in growth habit type I, II and III lines will be tested.

Table 4. Pod phenotpe, seed yield, and % yield loss from direct harvesting of $F_{2.4}$ lines from two populations of common bean, evaluated at two locations in Saskatchewan in 1994.

	No. of $F_{2.4}$	Pod	Total yield (kg/ha)		Yield loss from direct harvest(%)	
Cross	lines	phenotype†	Saskatoon	Outlook	Saskatoon	Outlook
NS Red #3 x 92070	9	HL	1750	3424	19.0	20.5
	16	SE	1780	3408	16.5	16.0
	10	LL	1783	3753	10.0	13.8
			NS	NS	*	NS
ISB82-354xPI136678	10	HL	1874	3994	15.8	17.2
	16	SE	1855	3937	17.1	16.2
	9	LL	1753	3845	11.8	13.7
Othello (check)		HL	2703	2613		

† HL, SE and LL, respectively are high lignin, segregating and low lignin phenotypes.
NS - non significant; * significant at $P = 0.01$.

Digitized by Google

Table 5. Pod phenotpe, seed yield, and % seed yield loss due to direct harvest of $F_{2.5}$ lines from two crosses of common bean grown at two locations in Saskatchewan in 1995.

Cross	No. of $F_{2.5}$ lines	Pod phenotype†	Total yield (kg/ha)	Yield loss due to direct harvest(%)
NS Red #3 x 92070	9	HL	2662	19.8
	10	LH	2776	10.1
			NS	*
Othello (check)		HL	3707	14.3
ISB82-354 x PI 136678	10	HL	3087	9.2
	9	LH	2780	4.9
			*	**
Othello (check)		HL	3828	6.6

† HL = high ligning; LL = low lignin.
NS- non significant; *,** significant at $P = 0.01$. and $P = 0.01$, respectively.

Digitized by Google

Table 6. Pod phenotype, plant dry weight, seed weight and harvest index in F_2 of four crosses of common bean grown at Saskatchewan in 1994.

Cross	Pod phenotype†	No. of F_2 plants	Plant dry weight (g)	Seed weight (g/100)	Harvest index (%)
RNK 136 x NS Pinto #1	HL	21	45.5	23.5	51.4
	LL	17	44	23.7	53.9
			NS	NS	NS
RNK 593 x NS Red #3	HL	27	52.5	24.4	46.1
	LL	11	63.4	29.4	45.1
			NS	NS	NS
(NS Pinkg #2 x 26-4B) x	HL	26	35.9	19.3	53.7
(NS Pinto #1 x RNK 169)	LL	22	31.3	17.2	53.2
			NS	NS	NS
6-91-46B x NS Pink #2	HL	82	27.6	14.8	52.9
	LL	25	36	18.4	51.9
			*	NS	NS

† HL = high lignin; LL = low lignin.
NS = non significant; * significant at $P = 0.05$.

REFERENCES

Baker, F. 1993. Personal Communication. President, Baker Manufacturing, Fredonia, KS.

Bichel, D.C., and E.J. Hengen. 1878. Development of soybean harvesting equipment in the USA. In Grain and Forage Harvesting Symposium Proceedings, 200-208. St. Joseph, MI:ASAE.

Bichel, D.C., E.J. Hengen, and R.E. Mott. 1976. Designing the new concept header. Agric. Eng. 57(9):21-23.

Drijfhout, E. 1970. Influence of temperature on string formation of beans (*Phaseolus vulgaris*). Euphytica 19:145-151.

Fahn, A., and M. Zohary. 1955. On the pericarpial structure of the legumen, its evolution and relation to dehiscence. Phytomorphology 5:99-111.

Digitized by Google

Grafton, K.F., A.A. Schneiter, and B.J. Nagle. 1988. Row spacing, plant population, and genotype x rows spacing interaction effiects on yield and yield components of dry bean. Agron. J. 80:631-634.

Gunkel, W.W., and L.L. Anstee, 1962. Direct harvesting of dry beans. Agric. Eng. 43(12):694-697, 716.

Hall, D.C., and J.W. Hummerl. 1985. Harvesting soybeans with rotary disks and air-jet guards. ASAE Paper No. 85-1579. St. Joseph, MI:ASAE.

Harrigan, T.M., S.S. Poindexter, and A.K. Srivastava. 1991. Michigan navy bean field harvest loss. ASAE Paper No. 85-1579. St. Joseph, MI:ASAE.

Kaldy, M.S. 1966. Fiber content of green snap beans as influenced by variety and environment. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 89:361-367.

Kelly, J.D., M.W. Adams, and G.V. Varner. 1987. Yield stability of determinate and indeterminate dry bean cultivars. Theor. Appl. Genet. 74:516-521.

Lamprecht, H. 1932. Beiträge zur Genetik von *Phaseolus vulgaris*. II. Über Vererbung von Hülsenfarbe und Hülsenform. Hereditas 16:295-340.

Lamprecht, H. 1947. The inheritance of the slender-type of *Phaseolus vulgaris* and some other results. Agri. Hort. Genet. 5:72-84.

Mehraj, K.N., M.A. Brick, C.H. Pearson, and J.B. Ogg. 1996. Effects of bed width, planting arrangement, and plant population on seed yield of pinto bean cultivars with different growth habits. J. Prod. Agric. 9:79-82.

McColly, H.F. 1958. Harvesting edible beans in Michigan. Trans. ASAE 1(1):68-71,75.

Mislevy, P., K.J. Boote, and F.G. Martin. 1989. Soybean response to gibberellic acid treatments. J. Plant Growth Reg. 8:11-18.

Nave, W.R., and R.R. Yoerger. 1975. Use of air-jhet guards to reduce soybean harvesting losses. Transactions of the ASAE 18(4):626-629.

Nave, W.R., J.W. Hummel, and R.R. Yoerger. 1977. Air-jet guards and row-crop headers for soygeans. Trans. ASAE 20(6):1037-1041,1044.

Nave, W.R., D.E. Tate, and B.J. Butler. 1972. Combine headers for soybeans. Trans. ASAE 15(4):632-635.

Neal, A.E. 1978. The evolution of the flexible floating cutterbar. In Grain and Forage Harvesting Symposium Proceeding, 165-169. St. Josheph, MI:ASAE.

Quick, G.R., and W.F. Buchele. 1978. The Grain Harvesters, 1st ed. St. Josheh, MI:ASAE.

Quick, G.R., and W.M. Mills. 1978. Narrow-pitch combine cutterbar design and appraisal. In Grain and Forage Harvesting Symposium Proceedings, 96-100. St.Josheph, MI:ASAE.

Reckseidler, B.M. 1996. Anatomy, genetics and agronomy of pod lignification in common bean. M.Sc. Thesis.. University of Saskatchewan.

Reed, B., R.L. Kushwaha, and L. Zyla. 1995. Reduction of Dry Bean Harvesting Losses : Final Report. Project No. V-92-EM-0702. Saskatchewan Agriculture and Food, Regina, SK.

Reeve, R.M., and Brown, M.S. 1968. Histological development of the green bean pod as related to culinary texture. 1. Early stages of pod development. 2. Structure and composition at edible maturity. J. Food Sci. 33:321-331.

Rice, W.A., N. Lupwayi, and G. Clayton. 1996. Soil versus seed inoculation with rhizobia. Proceedings - Pulse Crops Research Workshop, November 28-89, Calgary, Alberta.

Roth, I. 1977. Fruits of angiosperms. Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart. pp. 149-217.

Digitized by Google

Saskatchewan Pulse Crop Development Board. 1995a. Pulse Production Manual. Saskatoon, SK.

Saskatchewan Pulse Crop Development Board. 1995b. Pulse Research Network Meeting. Saskatoon, SK.

Smith, J.A. 1986. Dry edible bean field harvesting losses. Trans. ASAE 29(6):1540-1543.

Smith, J.A., and D.A. Biere. 1985. Direct combining harvest loss of dry edible beans. ASAE Paper No. 85-1065. St. Joseph, MI:ASAE.

Stark, F.C. Jr., and Mahoney, C.H. 1942. A study of the time of development of the fibrous sheath in the sidewall of edible snap bean pods with respect of quality. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 41:353:359.

Stuckey, G.K., and J.W. Hummel. 1989. Soybean harvesting with a rotary disc mower and air jet guards. ASAE Paper No. 89-1587. St. Joseph, MI:ASAE.

Tjebbes, K., and Kooiman, H.N. 1922. Erfelijkheidsonderzoekingen bij boonen. VII. Bloemkleur en zaadhuidkleur. (Flower color and seed coat color). VIII. Over de erfelijkheid van de eigenschap dorschbaarheid van de peul. (On the genetics of parchmented and tender pods). Genetica 4:447-456. (French summary).

Tunnell, J.C., W.R. Nave, and B.J. Butler. 1973. Reducing soybean header losses with air. Trans. ASAE 16(6):1020-1023.

University of Saskatchewan. 1987. Guide to Farm Practice in Saskatchewan. Division of Extension and Community Relations, Saskatoon, SK.

Vandenberg, A., and A.E. Slinkard. 1989. Dryland Pinto Bean Production Trial:Final Report. Saskatchewan Agriculture and Food, Regina, SK.

Vandenberg, A., A.E. Slinkard, and P.J. Hucl. 1993. Determining suitable agronomic practices for short-season irrigated dry bean production. J. Prod. Agric. 5:171-176.

Wait, J.J., W.R. Nave, and B.J. Butler. 1974. Reducing soybean cutterbar losses with low-pressure air-jets. Trans. ASAE 17(5):817-820.

Whatley, N. 1992. Dryland Bean Production Trial: Final Report. Project D-90-CP-0732. Saskatchewan Agriculture and Food, Regina, SK.

Whatley, N. 1993. Dryland Bean Production and Harvest Project: Final Report. Canadian Agri-Food Development Initiative, Regina, SK.

Zyla, L. 1993. Development of Direct-Cut Harvesting Attachments for Dry Bean. M.Sc.Thesis. University of Saskatchewan.

Digitized by Google

80
30 ENE 1998

Breeding for High Yield in Common Bean

J.D. Kelly, J.M. Kolkman and K.A. Schneider
Michigan State University, East Lansing (MI), USA

ABSTRACT

The traditional empirical approach to selection for yield in common bean has met with modest success. Breeding based on the concepts of ideotype, or for specific combinations of physiological traits, and/or for combining ability based on specific genotypic combinations, have not been universally useful. These approaches have been limited mainly by the procedures being deployed and the restrictions imposed by the type of germplasm available to the breeder. Breeding common bean for yield can only be accomplished successfully within the framework of very specific constraints of growth habit, seed size, maturity and gene pools. Therefore, yield relative to a specific production system is critical. A functional breeding system that could more effectively exploit the strategies of ideotype, physiology and/or combining ability is proposed within the framework of the major constraints that restrict progress in traditional breeding programs. Bean breeding programs need to be designed to accomplish the objective of improving yield while not neglecting the other non-yield related traits which dictate acceptance and which can limit progress.

A program structured on a three-tiered breeding pyramid is proposed. The approach to yield breeding would be different at each level of the pyramid. The utilization and maintenance of diversity would be optimized at the lower level while uniformity and yield performance of elite lines would be maximized at the apex of the breeding pyramid. Activities at the intermediate level would involve adapted material more commercially acceptable than the lower tier but not considered elite. Materials developed at the lower levels would be designed to move upwards sequentially or be maintained for additional improvement and further introgression. Although breeding methods will differ at each level, breeders must recognize that a strong continuity between all three levels of the breeding pyramid is required.

The breeding pyramid affords flexibility to permit the deployment of different breeding strategies needed to exploit the major genotypic and physiological differences between bean germplasm from diverse races and gene pools. Proven strategies for yield improvement based on the concepts of ideotype, physiology and combining ability, would be differentially utilized at each level of the breeding pyramid. Methods to improve efficiency in breeding for yield, at each level within the breeding pyramid, will be discussed in detail. Since breeders with limited resources struggle over the amount of effort to expend at each level of the breeding pyramid, suggestions will be offered based on experience with breeding for yield in other grain legumes.

RESUMEN

Los métodos tradicionales empíricos de selección por rendimiento en frijol común han logrado éxito modesto. El mejoramiento basado en los conceptos de ideotipo, por combinaciones específicas de caracteres fisiológicos, y/o basado por habilidad combinatoria de genotipos específicos, no ha sido útil universalmente. Estas estrategias han encontrado limitaciones por los métodos utilizados y las restricciones impuestas por el tipo de germplasma disponible al mejorador. El mejoramiento por rendimiento puede ser logrado sólo con buen éxito dentro de las restricciones muy específicas de hábito del crecimiento, tamaño de la semilla, madurez y acervo genético. Por eso, la búsqueda del aumento en rendimiento a un sistema de la producción específico es crítico. Un sistema de la mejoramiento funcional que podría más efectivamente explotar las estrategias de ideotipo, caracteres fisiológicos y/o habilidad combinatoria se propone dentro de los constreñimientos mayores que restringen progreso en programas de mejoramiento tradicionales. Los programas de mejoramiento del frijol necesitan ser diseñados para lograr el objetivo de mejorar rendimiento mientras no abandonen los otros caracteres (resistencias a factores bióticos y abióticos) relacionados que dictan aceptación de cultivares y que pueden limitar el progreso. Se propone un programa de mejoramiento en estructura de pirámides de tres etapas. La estrategia y el método de mejoramiento para mejorar rendimiento sería diferente a cada nivel de la pirámide. La utilización y mantenimiento de diversidad serían optimizadas al más bajo nivel mientras la uniformidad y rendimiento de líneas élites serán maximizadas al ápice de la pirámide. Actividades al nivel intermedio

Digitized by Google

envolverían adaptación y aceptación de materiales más comercialmente aceptable pero no considerados como élites. Materiales desarrollados a los niveles más bajos serán movidos secuencialmente hacia arriba o serán mantenidos en el mismo nivel para mejoramiento adicional e introgresión. Aunque los métodos de mejoramiento diferirán a cada nivel, los mejoradores deben reconocer que una continuidad fuerte entre todo los tres niveles del mejoramiento es absolutamente esencial. Este método propuesto da flexibilidad para utilizar diferentes estrategias de mejoramiento en cada nivel y así aprovechar las mayores diferencias fisiológicas y genéticas entre germplasma del frijol de razas y acervos genéticos diversos. Estrategias probadas de mejoramiento basadas en los conceptos de ideotipo, caracteres fisiológicos y habilidad combinatoria, sería utilizados a cada nivel de la pirámide. Métodos para aumentar eficiencia de mejoramiento por rendimiento, a cada nivel de la pirámide se discutirán en detalle. Por ser forzado, los mejoradores con recursos limitados forcejean sobre la proporción de esfuerzo a dedicar a cada nivel de la piramide, se ofrecerán sugerencias basadas en la experiencia con mejoramiento por rendimiento en otras leguminosas de grano.

Progress in breeding for high yield in common bean, *Phaseolus vulgaris* L., has been modest. Unlike self-pollinated cereals, where improved partitioning has resulted in higher grain yields, similar improvements have not been forthcoming in grain legumes. Cereals, in general, are more responsive to increased inputs, such as nitrogen fertilization, which accounts for improved cultivar performance through selection for genotypes responsive to these factors. Neither improved partitioning nor responsive cultivars have generally been useful as selection criteria for improving yield of grain legumes. In North America, soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] is the major grain legume bred almost exclusively for yield by both the private and public sectors. Breeding has resulted in a steady gain in yield of 0.6% per year, which can be attributed solely to genetic improvement (Fehr, 1987). One of the constraints recognized by soybean breeders is the narrow genetic base available within cultivated soybean. Given this constraint, breeders attempt to choose parents that are genetically diverse based on measures such as the coefficient of parentage (CP). Limitations to CP are recognized since the effect of selection is not included in this measurement. Genetic distance based on molecular markers is becoming increasingly important as an independent method to aid in the selection of genetically diverse parents. Studies comparing genetic distance, based on CP or molecular markers, with genetic variance for yield, have shown the comparative advantage of the information generated by the markers (Kisha et al., 1997). The major strategy employed by soybean breeders in North America is to cross genetically-distinct, elite, high-yielding lines that exhibit agronomic similarity for seed size, growth habit, and maturity. Expected gain from a cross can be estimated as mean parent value (MPV) for yield or using the best linear unbiased predictions (BLUP), which provides higher rank correlations and lower standard errors. Using the BLUP method, breeders have identified higher percentages of the superior crosses than with MPV (Panter and Allen, 1995). The use of plant introductions (PI) as novel sources of variability for yield in soybean has had limited success. Ininda et al. (1996) demonstrated that the use of PIs to increase genetic gain for yield was not effective based on three cycles of recurrent selection. The increased variability anticipated in the PIs has not been demonstrated in marker studies. Many of the PIs show no greater variability than that observed among cultivated materials and their use as parents has not resulted in major gains in yield. If variability in this germplasm is limited, as suggested by the marker studies, then its potential value in yield improvement will be similarly restricted. Potential progress may be achieved by using the wild species (*G. soja*) in crosses with the cultivated species. Since *G. soja* has a weedy, low-yielding phenotype, single crosses to *G. max* exhibit unacceptable variability. Three-way crosses and backcrosses offer greater opportunity to exploit useful genetic variability from *G. soja* in the agronomic background of *G. max* (Diers, personal communication).

Digitized by Google

Similar approaches using molecular markers, linkage maps and wild species, need to be evaluated in *P. vulgaris* as an alternative to the conventional breeding strategies currently being deployed.

LITERATURE REVIEW

Breeding strategies to improve seed yield of common bean have followed similar approaches to those applied in other crops. These include early generation testing (EGT) and selection based on yield components. Adoption of either approach has had limited success, because the distinct market classes in common bean differ greatly in seed size, which restricts improvement due to yield component compensation. In addition, the need to select for disease resistance factors and quality traits compete in efficiency with EGT for yield, particularly when wide crosses are made. Yield selection based on an individual component has not been a successful approach (Nienhuis and Singh, 1988). This is not unexpected since common bean was used as the model to explain the theory of yield component compensation in crop plants (Adams, 1967). In soybean, Cooper (1988) demonstrated the value of EGT to identify F_2-derived lines with the highest yield potential. This method was successful in developing semidwarf soybean cultivars suitable for high input production systems in the American Midwest. The greatest impact of semidwarf soybean cultivars is on more productive soils, where lodging continues to be a yield barrier to taller indeterminate cultivars (Cooper, 1985). F_2-derived EGT schemes have not been widely accepted by soybean breeders except for specific management situations (semidwarf soybean) or for the introgression of determinacy from the cultivar Ransom into the indeterminate cultivar Williams (Cooper, 1985).

In common bean, visual selection for yield in the F_2 and F_3 generations has been shown to be ineffective (Patino and Singh, 1989), whereas selection directly for yield was the best selection criterion among the yield components tested in F_3 to F_7 generation materials (Singh and Gutiérrez, 1990). Singh et al. (1990) showed that EGT was effective for the selection of yield across locations, but no comparison of efficiency with other breeding systems was demonstrated. Selection of other key traits measured in this study could be conducted in later generations, but the value of EGT is doubtful in breeding programs where resources for yield evaluation are limiting. Most breeders recognize yield testing as the most costly and labor intensive operation they perform, so financial responsibility would suggest that yield testing be delayed until numbers can be reduced based on other traits. However, Singh and Urrea (1995) suggested that EGT could be combined with other breeding systems (pedigree, single seed descent (SSD), gamete selection) to evaluate F_2 and F_3 populations across contrasting locations. Gamete selection for the simultaneous selection of multiple traits in common bean has been proposed (Singh, 1994). Results, to date, suggest that gamete selection permits the rapid identification of lines with a combination of disease and plant architecture traits. However, yield was not a consideration in these studies (Singh et al., 1996).

In addition to traditional empirical approaches to select for yield in common bean, other breeding approaches have been proposed and implemented. These are classified under three separate approaches to breeding for: an ideotype (Adams, 1973), a specific combination of physiological traits (Wallace et al., 1993), or combining ability based on specific genotypic combinations (Singh, 1992).

Digitized by Google

IDEOTYPE BREEDING

The ideotype concept was first proposed in cereals by Donald (1968), and was later applied to common bean by Adams (1973, 1982). Breeding for a small-seeded ideotype resulted in the development of high-yielding navy bean ideotypes (architypes) with longer maturity and a growth habit different from previous commercial cultivars. Kelly et al. (1987) showed that type II cultivars exhibited the highest yield and yield stability across both rainfed and irrigated environments in Michigan. Type III indeterminate cultivars exhibited high yield but were less stable because of disease problems with white mold (causal organism; *Sclerotinia sclerotiorum*), and harvest risks associated with prostrate growth habit. In general cultivars with the determinate growth habit, were lower yielding and less stable across a broad range of environments than indeterminate types. Lower yielding, small-seeded determinate cultivars, however, tended to be more stable. It was not until the development of small-seeded cultivars with higher yield potential that this instability was observed. However, data from the Cooperative Dry Bean Nursery indicated the overall superior performance of type III genotypes across North America (Stewart-Williams and Myers, 1995), despite potential production problems with this growth habit in the humid Midwest. In tropical regions, selecting for specific morphological traits like plant height, node and leaf number, and branching characteristics has not proven to be a successful strategy to increase yield of beans (Nienhuis and Singh, 1985), although such traits have been shown to be positively correlated with yield in growth types I, II and III. Recognizing the important role that growth habit plays on yield, adaptation, maturity, and harvest mechanization, it is interesting to note that, in North America, most breeders continue to work within the constraints of the growth habit of current commercial seed types.

Based on the success of ideotype breeding in small-seeded Mesoamerican race beans, Kelly and Adams (1987) used recurrent selection to develop Durango race architypes. Currently, the type II growth habit from tropical black beans has been successfully introduced into commercial pinto and great northern seed types. Cultivars like Sierra (Kelly et al., 1990) and Chase pinto bean (Coyne et al., 1994), Alpine (Kelly et al., 1992a) and Starlight (Coyne et al., 1991) great northern bean, are among the first Durango race cultivars to possess a type II growth habit from race Mesoamerica. With the adoption of these improved cultivars by growers, current commercial bean yields in Michigan for the 1990-1995 period are 25% higher than that of any previous five-year period. Similar cyclic breeding programs have been used to develop high-yielding Andean beans for the tropics. Beaver and Kelly (1994) used S_4 recurrent selection to develop indeterminate, large-seeded Caribbean red beans that yielded 30% more than the determinate check cultivars, but were 10 days longer in maturity. Interracial crosses between Nueva Granada and Mesoamerican beans have been used to successfully develop upright type II large seeded beans with high yield.

The use of ideotype breeding in other crops has met with only limited success. In barley (*Hordeum vulgare* L.), for example, Rasmusson (1987) concluded that the requirement for symmetry among plant parts, yield component compensation, pleiotropy, and differences in genetic backgrounds, are major factors which limit progress in ideotype breeding. He recommended that ideotype breeding as a methodology be used to augment, but not replace, traditional yield breeding. Similar limitations may occur with common bean, given major differences in growth habit and seed size, and may be reasons why the approach has not been more generally adopted by breeders working with different seed types. Brothers and Kelly (1993) showed that different ideotypes need to be developed for market classes which differ widely in seed size. The pinto bean ideotype differed from

Digitized by Google

the small-seeded navy bean ideotype in having fewer pods per plant and fewer seeds per pod. In the semi arid regions of the US where a more rigid upright stem offers no agronomic advantage, Myers (personal communication) believes that in comparison with the type III plants, the type II growth habit may actually result in lower-yielding plants. The type II plant may partition more energy into building a rigid, lodging-resistant, thick stem that competes for the photosynthate available for yield. Breeders need to develop specific ideotypes for each major market class and production zone.

BREEDING FOR PHYSIOLOGICAL EFFICIENCY

Wallace et al. (1993) suggested that effective indirect selection for yield should result from the selection of the three major physiological components of yield namely biomass, harvest index (HI), and days to maturity. Simultaneous selection is required because genetically established interrelationships among the three components exist. The correlation between HI and maturity is negative, as is the correlation between HI and total biomass, whereas maturity and biomass are positively correlated. All three physiological components and the correlations among them can be quantified by a yield system analysis (YSA) of yield trial data.

Long term selection directly for yield will gradually exploit all useful genetic variability for HI and maturity. Ultimately, it will lead towards an excessively high HI because a smaller vegetative structure must support larger yield without causing lodging that will reduce canopy photosynthesis or result in an increase in specific diseases. Lower planting densities of type III medium-seed size cultivars in the western US where disease pressure is minimum, offsets this disadvantage. Indirect selection for higher biomass can only occur if genes for superior biomass are introduced. Wallace et al. (1993) argued that a YSA approach is needed to insure that biomass is measured, since long term benefits will not be accrued if this trait is ignored. Selection for biomass within the constraints of maturity is equivalent to actual selection for a higher rate of biomass accumulation. Selection for yield per day should help compensate for the tendency for higher biomass to result in longer duration of growth. Selection solely for greater biomass will give longer maturity, lower HI and higher yield, whereas selection solely for HI results in early maturity with an accompanied reduction in yield. Selection for early maturity will reduce both yield and biomass. These negative indirect effects from exclusive selection of individual components imply that superior effective performance based on selection for yield and its three physiological components can be achieved. Many breeders do not collect data on biomass or neglect to utilize it. Without the latter or an indirect measure of biomass, yields will stagnate as breeders eliminate larger, less efficient genotypes from their nurseries. Yield in Sierra pinto is a direct result of an increase in biomass with an extension in the seed filling period which lowered HI. Further progress in breeding for yield in North America could be achieved by combining the high HI, early season type III cultivars from the west with the high biomass and full season type II cultivars from the Midwest. Pinto bean cultivars Aztec (Kelly et al., 1992b), Maverick, and Hatton have resulted from this strategy. Similar success has been achieved in the Mexican highlands by combining tropically adapted type II Mesoamerica race genotypes with the type III photoperiod-sensitive Durango race beans adapted to the highland conditions (Flor de Mayo M38; Acosta-Gallegos et al.,1995a).

However, Myers (personal communication) argues that it is doubtful if progress towards improving yield can be achieved simply by crossing high biomass types with the high HI types, as suggested by the authors. Breeders need to combine genotypes with high overall growth rates with

Digitized by Google

those exhibiting complete partitioning to make major advances in yield. He bases his argument on the YSA approach to breeding for yield in common bean proposed by Wallace et al. (1995) and summarized as follows:

Adaptation is the major constraint to breeding for yield in common bean. A cultivar must fit the environment in which it will be grown so days to maturity is the most important physiological component affecting that outcome.

All bean plants have a specific growth rate. Through genetic manipulation, this growth rate can be increased. Increasing rate of growth rate doesn't necessarily translate into higher seed yield unless greater amounts of biomass are partitioned to the seed.

Different genotypes have different degrees of partitioning. Navy (race Mesoamerican) and pinto (race Durango) beans have similar growth rates (Stewart-Williams and Myers, 1995), and exhibit similar biomass accumulation. When genotypes switch from vegetative to reproductive growth, navy beans are less complete in the transition than are pinto beans. As a result, navy beans continue to add vegetative growth (biomass) and the rate of seed fill is relatively slow, resulting in longer days to maturity (incomplete partitioning types). Since pinto beans make a rapid and complete transition to reproductive growth, seed fill is rapid, resulting in faster progression to maturity (complete partitioning types). Because the transition is more complete in pinto beans, a higher HI is achieved. The rapid and complete transition from vegetative to reproductive growth is essential to achieve high yields in duration-limiting environments. Without an efficient method to collect biomass data, vital information critical for the YSA, is lost. Breeders need to be convinced that the gain in information is worth the effort to collect the biomass data. Finally, breeders need to select genotypes that exhibit an efficient partitioning switch from vegetative to reproductive growth for specific local environments.

BREEDING FOR YIELD BASED ON GENOTYPIC PERFORMANCE AND COMBINING ABILITY

A survey of North American dry bean cultivars based on CP revealed a narrow genetic base of all major market classes (McClean et al., 1993). The lack of variability may be one explanation for the limited progress to breed for yield in common bean. Progeny generated from crosses within small-seeded Middle American gene pool and between gene pools did not outyield the best check cultivars. Only in crosses between small- and medium-seeded genotypes from the Middle American gene pool did lines out yield the best parent and check cultivars (Singh et al., 1989a). In general, Singh et al. (1989b) showed that limited gain in yield was achieved among crosses from within races and gene pools, due to insufficient levels of genetic variance. Singh and Gutiérrez (1990) showed that only progeny from Middle American interracial crosses outyielded the best parent, whereas none of the progeny of the intraracial cross outyielded the best parent, regardless of planting density. Large differences in general combining ability (GCA) were found among common bean cultivars belonging to different races and gene pools (Nienhuis and Singh, 1986; Singh et al., 1989a, 1992a). Singh and Urrea (1995) showed that the mean of interracial F_1 hybrids was higher than that of intraracial hybrids. Clearly, knowledge of parental performance and GCA among and within races, and selection for yield per se are essential to breed for higher yield (Singh 1992). Using this information, high-yielding lines from interracial populations of common bean have been developed within gene pools (Singh, 1995; Singh et al., 1989a) and from interracial populations between gene

Digitized by Google

pools (Beaver and Kelly, 1994; Singh et al., 1992b). With few exceptions, breeders in North America have not utilized other gene pools or races to effect change in yield potential of common bean. This despite the information available on the yield potential of specific races and the favorable combining ability for yield present in specific interracal crosses.

Yield relative to a production system is critical. Breeding common bean for yield can only be successfully accomplished within the framework of very specific constraints. Work conducted at CIAT suggested that breeding for increased yield in common bean must consider the interrelated effects of growth habit, seed size, maturity and gene pool (Kornegay et al., 1992). The authors showed that improved yield in segregating populations was associated with increased expression of climbing bean growth habit, which involves traits like vine length, climbing ability, node number on the main stem, and plant height. Genetic progress within one growth habit type does not ensure progress in another type, nor does it apply universally across seed types. High yields reported in the production of small-seeded, long-season, highland, type IV climbing beans has little or no application to the improvement of determinate short season beans needed for lowland production in the Caribbean. Support for individual physiological processes that combine differentially to generate yield in genotypes from the different gene pools is based on data from interracial crosses between gene pools (Welsh et al., 1995). Yield in common bean is achieved in a fashion similar to that observed in landrace cultivars from the two domestication centers. Yield in early maturing genotypes with few pods and larger seeds is best combined in determinate, bush Andean beans in the tropics, whereas yield in late maturing genotypes is best expressed in the indeterminate Middle American small and medium sized genotypes that have more pods and greater biomass. Clearly, many of the physiological processes that control yield differ between diverse genotypes, so genetic gains in yield are not directly transferable. Rather than apply yield improvement to specific genotypes or seed types, the strategy for yield improvement needs to be evaluated in view of successes obtained in other grain legumes. Again, improvements in cereals, which differ greatly in physiological basis for yield from legumes, are unlikely to contribute to this strategy.

Breeding for high yield in common bean must be conducted within the major constraints of growth habit, maturity (adaptation), and seed size (quality) preferences as well as disease resistance factors. Breeding for yield outside these major constraints will result in germplasm with either little or no value in terms of commercial utility. Breeding programs must be structured to allow for the utilization and improvement of germplasm with potential to improve yield and not be limited by the major constraints discussed below.

CONSTRAINTS

Growth Habit

If high yield was selected as the only basis for selection in common bean and growth habit was ignored, type IV growth habit would ultimately be selected. White et al. (1992) showed that determinate genotypes were lower yielding than indeterminate genotypes. In the same study, another group of isogenic lines differing in growth habit showed no negative effect on yield due to growth habit. The authors suggest that a mere change in stem type from determinate to indeterminate did not increase yield of large-seeded near isogenic lines. Other traits, such as node and branch number, need to be increased to effect a change in yield. In a cross between genotypes from the Nueva

Digitized by Google

Granada and Durango races, Welsh et al. (1995) showed that lines with an indeterminate growth habit had significantly higher seed yield than lines with determinate growth habit. In reality, the pleiotropic effects of the *fin* gene expressed in genotypes with larger seed size and early maturity and the inherent inability of the determinate plant to recover from stress, are contributing factors to lower yields observed in type I cultivars. Kelly et al. (1987) showed that determinate beans were inherently less stable and lower yielding in trials conducted in the American Midwest over six years. Beaver et al. (1985, 1996) showed that yield and stability were higher among 15 indeterminate lines, evaluated across nine locations in Puerto Rico and the Dominican Republic, when compared to 15 determinate lines. In an interracial cross (Mesoamerica/Jalisco), Kornegay et al. (1992) suggested that a growth habit modification towards semi-climbing was the major reason for increased yields in this type of cross. White et al. (1992) suggested that the optimum ideotype for large-seeded indeterminate beans has not yet been elucidated. The data suggest that the indeterminate growth habit permits a greater expression of yield potential than the determinate growth habit. Major modifications of growth habit if undertaken to increase yield may not be readily accepted by growers.

Maturity

Maturity must be regarded as a major constraint to yield since it restricts yield potential of germplasm selected for climatic extremes. In temperate and highland zones, the growing season is shortened by early killing frosts, whereas cropping systems and rainfall patterns similarly restrict the growing season in tropical zones. White and Singh (1991) demonstrated that selection for early maturity resulted in lower yields. Yield potential was decreased by 72 kg/ha for each day less in maturity. In a cross of Redkloud/MAM 4, Welsh et al. (1995) showed that an increase in number of days to maturity resulted in higher yields. However, the negative association with seed size suggests that large-seeded Andean beans achieve maximum yields through different physiological phenomenon than small- or medium- sized bean seeds. This implies that breeders will not be successful in exploiting yield potential from broad crosses differing in genetic background and maturity, since yield is realized differently between gene pools. As shown in the YSA, maturity must always be factored into a breeding program for yield (Wallace et al., 1993, 1995).

Bean Quality

Quality constraints in beans are a major limitation, given the range of seed types differing in size, color, shape, and cooking quality. These quality traits restrict germplasm available to the breeder, or restrict the liberal use of wide germplasm, and dramatically limit the number of progeny advanced into yield trials. Certain color combinations are inherently difficult to breed, limiting breeders working within these seed types. In addition, White and Gonzalez (1990) demonstrated a 280 kg/ha yield reduction for every 100 mg increase in seed weight. In fact, Singh et al. (1992a) showed that parents from the Middle American gene pool possess negative combining ability for seed size, which restricts their value as parents for improving the yield of large-seeded Andean beans. Similar reports by Welsh et al. (1995) confirmed an inverse relationship between seed size and yield in crosses between gene pools. Breeders working on the large Nueva Granada type beans may have to find alternative genetic sources for increasing yield rather than through gene pool crosses. Since consumers expect a specific combination of color, size, and shape, high-yielding dark

Digitized by Google

colored red beans had limited acceptance by growers in Central America, negating the impact of high-yielding germplasm.

Similar experiences have been observed in North America, where high-yielding cultivars (e.g. Isabella LRK and Charlevoix DRK) were not accepted by the processing industry. Therefore, farmers must grow cultivars with the desired quality trait but with lower yield potential. A new kidney bean genotype with a 20% yield increase (selected based on YSA) was abandoned since it produced an unacceptable canned product (Wallace et al., 1993). The expenditure of resources by North American breeders to select for processing quality is huge in relation to other traits, because of the expense of canning and evaluating new breeding lines for quality. This limits progress in breeding for improved yield. A recent consumer survey, conducted in Mexico (Castellanos et al., 1996), showed that the consumer used cooking time as the basis for choice when selecting bean types for consumption. This information has forced bean breeders in Mexico to evaluate all breeding material entering yield trials for water uptake and cooking time. High yielding cultivars such as Pinto Villa (Acosta-Gallegos et al., 1995b) and Bayo Victoria, have been shown to have a dramatically longer cooking time than the higher priced Flor de Mayo Bajio cultivar. Additional selection for shorter cooking time will certainly have a negative effect on breeding for high yield since a portion of the germplasm derived from the high-yielding Pinto Villa parent will have to be discarded on the basis of cooking time.

Disease Resistance

Disease resistance is a critically important objective in many bean breeding programs. The lack of resistance can dramatically affect the productivity of new cultivars. Vigorous high-yielding type III Durango race pinto beans in the humid American Midwest are very susceptible to white mold, which dramatically reduces yield. High-yielding genotypes may help promote specific diseases like white mold because of their prolific foliage (biomass). Morphological avoidance mechanisms need to be incorporated which may prevent the optimization of yield potential. Disease resistance does not directly increase yield, but in the absence of adequate levels of resistance to diseases like bean common mosaic virus, common bacterial blight, bean golden mosaic virus, and anthracnose, bean yields will fall below optimum. Adequate levels of disease resistance to a number of pathogens are needed to help stabilize common bean yield. Despite evidence to the contrary, some breeders believe that certain resistance genes carry a physiological load which results in lower yield. Park and Tu (1987) showed that near-isogenic lines carrying the different alleles of the *Are/are* anthracnose resistance gene showed no difference in yield and/or maturity. Breeders need to recognize the disease constraints within their production zones and restrict resistance breeding to these specific pathogens. In the semi-arid western production states of North America, BCMV and root rots are the major pathogens. Incorporating resistance to a wide array of additional pathogens will limit progress towards improving yield and offer little advantage to growers within these regions. Similarly in the humid Midwestern US where a broader array of pathogens limit productivity, certain seed-borne bacterial pathogens can be effectively controlled through preventative measures such as seed certification programs. An over-emphasis on resistance breeding may hinder breeding for yield by restricting variability and limiting resources, but it may be essential in certain areas where disease management programs are inadequate.

Digitized by Google

MATERIALS AND METHODS

Improving yield while maintaining or increasing genetic diversity has been a common concern in many crop breeding programs. A Hierarchical Open-ended Population Enrichment (HOPE) breeding system was designed by Kannenberg (1981, 1984) as a method to broaden the genetic base of breeding populations in corn (*Zea mays* L.). Four levels of hierarchy were established, to reflect elite, high, intermediate and base levels of population performance. A five year analysis of this hierarchical system resulted in its establishment as a viable breeding program for genetic gain in corn (Cramer and Kannenberg, 1992). Another breeding program, the Recurrent Introgressive Population Enrichment (RIPE) program, was designed to incorporate genetic diversity into elite lines of a barley breeding program (Kannenberg and Falk, 1995). This program also entailed five sequential steps that led to the incorporation of new germplasm into elite lines, and was facilitated by the use of male sterility. Both HOPE and RIPE appear to be potential frameworks for incorporating new diversity into a breeding program.

In order to emphasize yield breeding in common bean, given the constraints mentioned earlier, we propose a structured program based on a three-tiered breeding pyramid (Figure 1) similar to the HOPE and RIPE breeding systems (Kannenberg and Falk, 1995). The approach to yield breeding would be different at each level of the breeding pyramid, encompassing the variability within dry bean germplasm. Materials developed at the lower levels would be designed to move upwards sequentially or be maintained for additional improvement. The genetic diversity and the development time would be greatest at the lowest level. The exploitation and maintenance of this diversity would be optimized at the lower level while uniformity and yield performance would be sought at the top of the pyramid. Since breeding approaches will differ at each level, they will be detailed separately, recognizing that a strong continuity among all three levels is necessary. According to Welsh et al. (1995), gene exchange between parents of the same bean race should proceed without metabolic, hormonal, or physiological hindrance because of evolutionary similarities. In contrast, greater degrees of biochemical adaptation and modification would be necessary to accommodate gene exchange between distantly related parents. This implies that different breeding strategies must be employed to exploit these differences and the breeding pyramid allows for such an approach.

Breeding Pyramid for Common Bean

The Apex

The apex of the breeding pyramid would involve elite by elite crosses modelled on the approach used by soybean breeders. Every attempt should be made to cross parents with maximum diversity but within the limits of market class. Crosses would be restricted to within gene pools, within races, and within market classes. Selection for constraints other than yield is eliminated since genotypes at this level are relatively uniform for these traits. Breeding strategies in the elite group would involve a limited number of crosses (generate up to 50 lines/cross/market class) rapidly advanced using single seed descent (SSD) to the F_5 generation after which preliminary yield trials (PYT: 1 location; 2 rows x 2 reps; 1 row x 3 reps) would be conducted. Selection intensity could vary from 20 to 35% depending on factors such as environment, resources, and optimization of

Digitized by Google

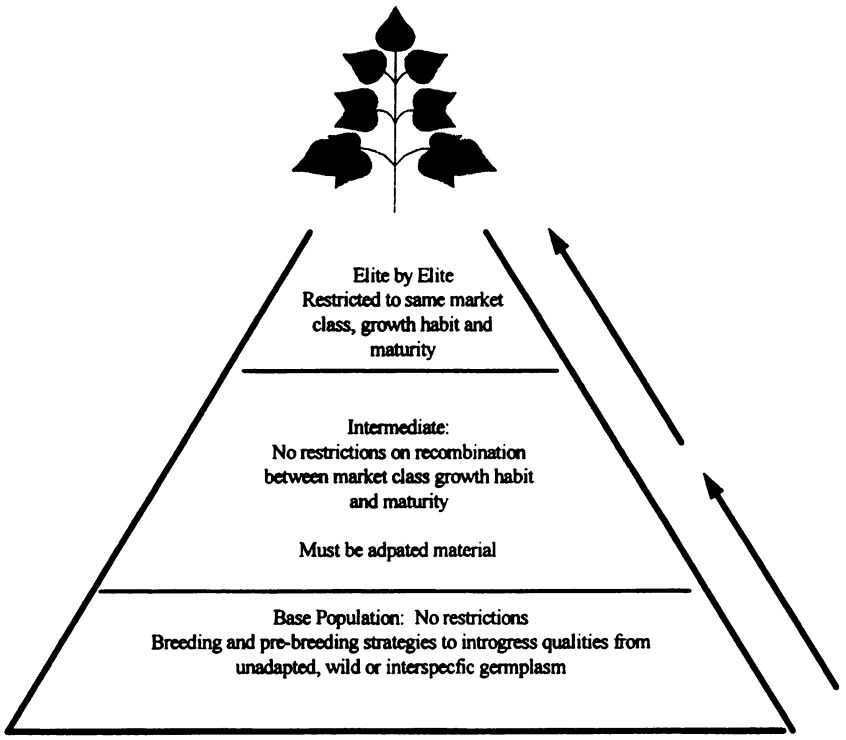


Figure 1. Breeding pyramid for yield improvement in common bean.

subsequent advanced yield trial (AYT) nurseries. The selected genotypes from the PYT would be advanced to the AYT, where selection pressure would increase to 10-20%. Advanced yield trials would consist of at least 2 locations with a minimum of 3 replications each. Top performers from these trials would be considered for release as cultivars after extensive additional testing (4 years/30 locations) and consistent performance. Early generation testing could be used in the apex of the breeding pyramid provided resources are available since many of the constraints (traits) listed above are fixed. Selection based on YSA could also be used at this level since seed size and maturity differences between parents is limited and emphasis is placed on yield data as the basis for selection.

In soybean, where seed size is fixed and variability in maturity and growth habit traits is restricted, breeders have made annual progress in yield through early generation selection (F_4) of large numbers of lines derived from elite by elite crosses. Multi-location testing, mechanized direct harvest, and electronic field measurements have contributed significantly to this success. Similar successes have been observed in common bean where private breeders, out of necessity, concentrate their efforts on the apex of the breeding pyramid and tend to ignore other constraints such as disease resistance. These private programs utilize germplasm derived from other programs as a source of variability without which progress would be limited. Similar models could be envisioned for national programs where a limited number of market classes are important. If breeders agree that

Digitized by Google

newly released cultivars represent the highest available yield potential at the time of release, a review of the pedigree information (McClean et al., 1993) of contemporary cultivars demonstrates that they are the product of elite by elite crosses. Finally, the work in soybean (Ininda et al., 1996) strongly suggests the need to continue elite by elite crosses in common bean within the apex of the breeding pyramid to ensure the short term improvement of yield in the different commercial classes and gene pools.

The Intermediate Level

The intermediate level of the breeding pyramid would be structured to introgress greater levels of diversity into breeding materials, and to identify top performing intermediate lines to test and cross with elite line materials. Crosses in this level would be restricted within gene pools and races. Crosses between market classes of similar seed size would be encouraged. There also would be flexibility to cross between growth habits (I/II or II/III) among different architectural types and between adapted materials differing in maturity. A larger number of crosses would be made, since no prior prediction of combining ability is known and F_2 populations of 300-400 individuals would be developed. Single plant selection would be rigorously practiced for agronomic and seed traits (i.e. those demonstrating high heritability) which can be readily fixed in this generation. Selected individuals could be advanced rapidly to the F_5 generation by SSD and entered into the elite PYT where selection would be based on performance compared to elite parental or other lines. Lines showing above average performance for yield would enter the elite group at the apex and be tested and utilized accordingly. Given that more flexibility in the choice of parents is possible at this level, breeders should consider developing an ideotype for the different seed classes grown in their production zone. Flexibility in breeding for an ideotype or plant architecture is possible at this level. In addition, based on data collected from wider crosses or information in the literature, breeding should emphasize combining ability. Breeders need to know the combining ability of all parental material, but there may be more opportunity to exploit it at the intermediate level, since a broader array of crosses is possible at this level.

The Base

The base of the breeding pyramid would represent a foundation of diversity upon which the intermediate and eventually elite populations can draw. Increased diversity, through both intraspecific and interspecific hybridization, would be sought at this level. Intraspecific hybridization would utilize a wide range of genotypes/germplasm from within and between gene pools. Opportunities at this level would attempt to exploit yield potential, such as that demonstrated by the Durango and Jalisco race of common bean (Kornegay et al., 1992). Introgression of these races into other gene pools or races would be critical. Another resource or alternative utilized in the base population would be from interspecific hybridization. To meet this requirement the breeder must have specific objectives and adequate technical expertise. Desirable yield traits found in other *Phaseolus* species can be introgressed into a base *P. vulgaris* type. Once incorporated into *P. vulgaris*, efforts would be focused on bringing these traits into the intermediate level, and finally the elite level.

The success of the base populations is dependent on its utilization in the higher levels of the

Digitized by Google

breeding pyramid. In order to achieve this objective, the selection and advance of progeny from these wide crosses needs to be rigidly structured. Long-term selection and crossing programs need to be established to facilitate this objective. One example of such a program was a recurrent selection program designed to improve the yield of Caribbean red beans. Beaver and Kelly (1994) were successful in improving the yield of determinate Andean red beans through a system of F_5 recurrent selection to identify high yielding progeny that were recombined in additional cycles of recurrent selection. The system demands patience and resources but it offers a realistic avenue to effectively combine diverse germplasm sources without solely targeting single genes.

A conversion program recently established between the Tropical Agriculture Research Station (TARS) and breeders in North America, is a second example of manipulation in the base population. The conversion program was established with TARS to better utilize and exploit, through collaboration, the tropical Andean germplasm which, because of photoperiod sensitivity and type IV growth habit, makes both crossing and evaluation impossible in temperate regions. The simple introgression of determinacy (*fin* gene) and photoperiod insensitivity (*ppd, hr* genes) will allow for the testing and evaluation of introgressed tropical germplasm in temperature zones. Crosses and F_1 progeny produced in the tropics are selected for growth habit and photoperiod sensitivity in the F_2 in temperate regions and returned to the tropics for additional crossing with tropical materials. Again the cyclic nature of this breeding program is essential to achieve these objectives.

Other structured breeding programs could be envisioned but systems that involve cyclic intermating such as recurrent selection (Beaver and Kelly, 1994; Kelly and Adams, 1987); inbred-backcross (Bliss, 1993); congruity backcross (Urrea and Singh, 1995); or conical crossing (Fouilloux and Bannerot, 1988; Bett and Michaels, 1994) are, to date, the most likely to be effective. Welsh et al. (1995) stated that because the different genetic and developmental associations between germplasm from different gene pools have evolved over millennia, some form of recurrent selection will be needed to create new combinations of desirable traits from the different gene pools. However, breeders need patience to give these programs time to achieve some level of recombination and assortment before identifying lines for advancement to the intermediate level of the breeding pyramid. Bliss (1993) showed that the inbred backcross line method is well suited for the transfer of genes controlling a quantitative trait from an unadapted or exotic source into a commercially acceptable type. Urrea and Singh (1995) demonstrated that to maximize recombination between and retention of desirable traits from distantly related parents used in interracial crosses, use of congruity backcrossing over recurrent backcrossing is suggested. The conical crossing system (Fouilloux and Bannerot, 1988) has the potential to combine genes for quantitatively inherited traits from a number of different sources. In this system, breeders may choose the degree of diversity by influencing the choice of elite or non-elite parents used in the design. Combining ability may actually be lower in the very wide crosses that would be conducted at the lower level of the breeding pyramid.

Finally, the use of the wild *P. vulgaris* species as an alternative to continued crossing among races of the cultivated species, should be evaluated in the base population of the pyramid. Singh (1991) states that the failure to increase yield in common bean can be attributed to a lack of desirable alleles in the base population, low heritability, high G X E interactions, yield component compensation, low or negative GCA within and between gene pools, and dependence on visual selection for yield in early generations. Improvement in any one of these areas should reflect in higher yield potential in common bean. An analysis of individual elements suggests that all the

Digitized by Google

elements are interdependent, so any change in one will affect the others. The lack of desirable alleles for yield in the base population is a fundamental limitation but the real problem lies in identifying these desirable alleles. Once identified they can be easily transferred into new germplasm. Plant breeders in many crops recognize the value of variability but identifying sources of useful variability for complex traits is formidable. In soybean, Ininda et al. (1996) used recurrent selection to increase the variability and contribution of plant introductions in five *G. max* populations. They showed no increase in genetic gain for seed yield in the four populations ranging from 25 to 100% PI parentage when compared to the population derived solely from elite adapted cultivars and experimental lines. Clearly, within soybean, elite germplasm must carry desirable alleles for seed yield, and recurrent selection was ineffective in identifying desirable alleles for yield in the cultivated PIs. A similar situation probably exists in common bean. Factors such as dwarf lethal genes, negative GCA, and yield component compensation all limit the exploitation of inter gene pool variability in the cultivated common bean.

Independent domestication events in *Phaseolus* suggest that the germplasm with the greatest potential for future improvement must be the wild species within the gene pool from which the cultivated crop originated. Koinange et al. (1996) showed that the genetic control of the 'domestication syndrome' (marked phenotypic differences between the cultivated and wild bean) in cultivated bean involves few genes with large effects (25-30%) which account for a substantial (40-50%) part of the phenotypic variation. In addition, these same genes are localized in three regions of the genome which suggests that variability was greatly reduced by domestication and additional useful (novel) variability should exist within the wild species. The simple genetic control of these phenotypic differences suggests that the introgression of diversity from the wild to the cultivated *P. vulgaris* should present no special difficulties (Koinange et al., 1996). However, the favorable alleles are masked by the preponderance of deleterious alleles in the wild species which restricts the use of the wild species for the genetic improvement of quantitative traits. Tanksley et al. (1996) demonstrated the potential of exploiting the wild relative of tomato (*Lycopersicon pimpinellifolium*) using advanced backcross QTL analysis to enhance elite cultivars for a number of quantitative traits. In rice (*Oryza sativa*), Xiao et al. (1997) showed, using a high density molecular map and BC_2 interspecific (*O. rufipogon*) test cross populations, that 15% of the test cross populations outyielded the high-yielding hybrid. Despite the low yield potential of the wild species (*O. rufipogon*), two QTL each associated with a 17% increase in yield have been introduced into the cultivated hybrid. Similar approaches need to be considered in *Phaseolus* breeding. Use of the wild species is essential since the genetic variability from one cultivated gene pool has limited use for improving quantitative traits in the other gene pool.

Initially, wild germplasm from within the same gene pool of *P. vulgaris* should be used in breeding the cultivated crop prior to using the wild from the other gene pool. The proposed breeding pyramid would offer the structure needed to exploit wild germplasm as a source of desirable alleles for yield in the base population. Backcross populations (BC_2) and adequate linkage maps of wild *P. vulgaris* constructed within gene pools will need to be developed to identify QTL associated with improved seed yield. The identification of QTL for yield would bypass the other limitations such as low heritability, and high G X E interactions that reduce progress in the improvement of complex traits such as yield. Although yield testing in rice involved test crosses for hybrid development whereas pure lines are the cultivars of choice in common bean, the importance of EGT would be minimized since marker assisted selection (MAS) would replace direct selection. This assumes that

Digitized by Google

the useful QTL are not genotype specific and would not have to be evaluated in every genetic cross in which they are utilized. One might perceive a smaller program of backcrossing wild *P. vulgaris* species and advancing the recombinants into the base population based on MAS for specific QTL for yield. It is important to assess this type of germplasm and introgress desirable traits (many unknown) into the cultivated background. Novel characteristics could be effectively evaluated at a higher level in the breeding pyramid, and desirable alleles for yield identified, and utilized.

As plant breeders, we need to recognize the level at which we are currently breeding and to which level we need to look for further improvement. These decisions can vary dramatically between breeding programs but the model should be constant. If a breeder works exclusively with elite lines, the lack of diversity in one's germplasm base may be limiting further progress. The development of an intermediate level program or collaboration with other breeders may be critical. If the breeder is working on germplasm enhancement using wide crossing, the breeding program needs to be adequately structured to identify high-yielding lines that would be useful at a higher level in the pyramid or which could be valuable to other breeders. Many breeders may recognize the level of the breeding pyramid at which they expend the most effort with the realization that they are not achieving their desired objective. Our challenge to those breeders is to become involved in all three levels of the pyramid since many programs may be stagnated at one or two levels. Collaboration and germplasm exchange between programs would be one way in which breeders, focusing on the elite level, could continue to maximize the diversity entering the program.

SUMMARY

Given the wide range of variability available in *P. vulgaris*, the challenge to breeders interested in yield is to optimize ways to accumulate genes for yield in specific genotypes. The breeding pyramid is an organized system which encourages the search for yield genes in diverse materials, while also offering breeders ways to exploit those genes already present in elite materials. Parental selection and combining ability are key factors in this process. Since many broad crosses result in inferior progeny as a result of poor combining ability, care should be given to the choice and type of diversity used and the methods used to effectively exploit valuable variability needed for the future improvement of yield of common bean. Recognizing the many constraints which limit progress in bean breeding programs, breeders must accomplish the objective of improving yield without neglecting the other non-yield related traits.

REFERENCES

Acosta-Gallegos, J.A., J.Z. Castellanos, S. Nunez-Gonzáles, R. Ochoa-Marquez, R. Rosales-Serna, and, S.P Singh. 1995a. Registration of 'Flor de Mayo M38' common bean. Crop Sci. 35:941-942.

Acosta-Gallegos, J.A., R. Ochoa-Marquez, F. Ibarra-Perez, A. Pajarito-Ravelero, and I. Sanchez-Valdez. 1995b. Registration of 'Pinto Villa' common bean. Crop Sci. 35:1211.

Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference for field beans, *Phaseolus vulgaris*. Crop Sci. 7:505-510.

Adams, M.W. 1973. Plant architecture and physiological efficiency. p. 226-278. *In* Potential of field beans and other food legumes in Latin America. CIAT, Cali, Colombia.

Digitized by Google

Adams, M.W. 1982. Plant architecture and yield breeding in *Phaseolus vulgaris* L. Iowa State J. Res. 56:225-254.

Beaver, J.S., E. Arnaud-Santana, and D.P. Coyne. 1996. Yield stability of determinate and indeterminate red mottled beans. J. of Agric. Univ. Puerto Rico. (In Press).

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.

Beaver, J.S., C. Paniagua, D. Coyne, and G. Freytag. 1985. Yield stability of dry bean genotypes in the Dominican Republic. Crop Sci. 25:923-926.

Bett, K.E., and T.E. Michaels. 1994. Accumulation of blight resistance using a conical cross. Annu. Rept. Bean Improv. Coop. 37:75-76.

Bliss, F.A. 1993. Breeding common bean for improved nitrogen fixation. Plant Soil 152:71-79.

Brothers, M.E., and J.D. Kelly. 1993. Interrelationship of plant architecture and yield components in the pinto bean ideotype. Crop Sci. 33:1234-1238.

Castellanos, J.Z., S.H. Guzman-Maldonado, A. Jimenez, and J.A. Acosta-Gallegos. 1996. Preferential habits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) consumers in Mexico. Annu. Rept. Bean Improv. Coop. 39:180-181.

Cooper, R.L. 1985. Breeding semidwarf soybeans. Plant Breed. Rev. 3:289-311.

Cooper, R.L. 1988. Breeding for yield in soybeans: early generation testing, and specific adaptation to high versus low yield environments. p. 287-306. *In* S. Beebe (ed.). Current topics in breeding of common bean. CIAT Working Document No. 47.

Coyne, D.P., D.S. Nuland, D.T. Lindgren, and J.R. Steadman. 1994. 'Chase' pinto dry bean. HortScience 29:44-45.

Coyne, D.P., J.R. Steadman, D.T. Lindgren, and D.S. Nuland. 1991. 'Starlight' - Great northern dry bean. HortScience 26:441-442.

Cramer, M.M., and L.W. Kannenberg. 1992. Five years of HOPE: the hierarchical open-ended corn breeding system. Crop Sci. 32:1163-1171.

Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. Euphytica 17:385-403.

Fehr, W. 1987. *In* J.R. Wilcox (ed.), Soybeans: Improvement, production and uses. ASA 16 p.250-255.

Fouilloux, G., and H. Bannerot. 1988. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris*). p. 503-542. *In* P. Gepts (ed.). Genetic Resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, The Netherlands.

Kannenberg, L.W. 1981. Activation and deployment of genetic resources in a maize breeding program. p. 393-399. *In* G.G.E. Scudder and J.L. Reveal (eds.). Evolution today. Proc. Of the 2nd Inter. Congr. of Systematic and Evolutionary Biology. Hunt Institute for Botanical Documentation, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA.

Kannenberg, L.W. 1984. Utilization of genetic diversity in crop breeding. p. 913-109. *In* C.W. Yeatman, D. Kafton, and G. Wilkes (eds.). Plant genetic resources - A conservation imperative. AAAS Selected Symnposium 87. Westview Press, Inc. Boulder, CO.

Kannenberg, L.W., and D.E. Falk. 1995. Models for activation of plant genetic resources for crop breeding programs. Can. J. Plant Sci. 75:45-53.

Kelly, J.D., and M.W. Adams. 1987. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. Euphytica 36:69-80.

Digitized by Google

Kelly, J.D., M.W. Adams, A.W. Saettler, G.L. Hosfield, G.V. Varner, M.A. Uebersax, and J. Taylor. 1990. Registration of 'Sierra' pinto bean. Crop Sci. 30:745-746.

Kelly, J.D., M.W. Adams, and G.V. Varner. 1987. Yield stability of determinate and indeterminate dry bean cultivars. Theor. Appl. Genet. 74:516-21.

Kelly, J.D., G.L. Hosfield, G.V. Varner, M.A. Uebersax, P.N. Miklas, and J. Taylor. 1992a. Registration of 'Alpine' great northern bean. Crop Sci. 32:1509-1510.

Kelly, J.D., G.L. Hosfield, G.V. Varner, M.A. Uebersax, N. Wassimi, and J. Taylor. 1992b. Registration of 'Aztec' pinto bean. Crop Sci. 32:1509.

Kisha, T.J., C.H. Sneller, and B.W. Diers. 1996. Relationship between genetic distance among parents and genetic variances in populations of soybean. Crop Sci. (accepted).

Kornegay, 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.

McClean, P.E., J. Myers, and J.J. Hammond. 1993. Coefficient of parentage and cluster analysis of North American dry bean cultivars. Crop Sci. 33:190-197.

Nienhuis, J., and S.P. Singh. 1985. Effects of location and plant density on yield and architectural traits of common bean. Crop Sci. 25:579-584.

Nienhuis, J., and S.P. Singh. 1986. Combining ability analysis and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. Crop Sci. 26:21-27.

Nienhuis, J., and S.P. Singh. 1988. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin. II. Genetics variance, heritability and expected response from selection. Plant Breed.101:155-163.

Panter, D.M., and F.L. Allen. 1995. Using best linear unbiased predictions to enhance breeding for yield in soybean: I. Choosing parents. Crop Sci. 35:397-405

Park, S.J., and J.C. Tu. 1987. Comparison of near-isogenic lines for anthracnose *Are are* genes in common bean, *Phaseolus vulgaris* L. Euphytica 36:251-256.

Patiño, H., and S.P. Singh. 1989. Visual selection for seed yield in the F_2 and F_3 generations of nine common bean crosses. Annu. Rept. Bean Improv. Coop. 32:79-80.

Rasmusson, D.C. 1987. An evaluation of ideotype breeding. Crop Sci. 27:1140-1146.

Singh, S.P. 1992. Common bean improvement in the tropics. Plant Breed. Rev. 10:199-269.

Singh, S.P. 1994. Gamete selection for simultaneous improvement of multiple traits in common bean. Crop Sci. 34:352-355

Singh, S.P. 1995. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. Crop Sci. 35:118-124.

Singh, S.P., C. Cajiao, J.A. Gutiérrez, J. Garcia, M.A. Pastor-Corrales, and F.J. Morales. 1989a. Selection for seed yield in inter-gene pool crosses of common bean. Crop Sci. 29:1126-1131.

Singh, S.P., C. Cardona, F.J. Morales, M.A. Pastor-Corrales, and O. Voysest. 1996. Gamete selection for upright Carioca beans with resistance to leaf hopper and four diseases. Annu. Rept. Bean Improv. Coop. 39:86-87.

Singh, S.P., and J.A. Gutiérrez. 1990. Effect of plant density on selection for seed yield in two population types of *Phaseolus vulgaris* L. Euphytica 51:173-178

Singh, S.P., R. Lépiz, J.A. Gutiérrez, C. Urrea, A. Molina, and H. Teran. 1990. Yield testing of early generation populations of common bean. Crop Sci. 30:874-878

Digitized by Google

Singh, S.P., A. Molina, C.A. Urrea, and J.A. Gutiérrez. 1993. Use of interracial hybridization in breeding the race Durango common bean. Can. J. Plant Sci. 73:785-793.

Singh, S.P., H. Teran, A. Molina, and J.A. Gutiérrez. 1992a. Combining ability for seed yield and its components in common bean of Andean origin. Crop Sci. 32:81-84.

Singh, S.P., and C.A. Urrea. 1995. Inter- and intrracial hybridization and selection for seed yield in early generations of common bean. Euphytica 81:131-137.

Singh, S.P., C.A. Urrea, J.A. Gutiérrez, and J. Garcia. 1989b . Selection for yield a two fertilizer levels in small-seeded common bean. Can. J. Plant Sci. 69:1011-1017.

Singh, S.P., C.A. Urrea, A. Molina, and J.A. Gutiérrez. 1992b. Preformance of small-seeded common bean from the second selection cycle and multiple-cross intra- and interracial populations. Can. J. Plant Sci. 72:735-741.

Stewart-Williams, K., and J. Myers. 1995. 46th Annual report of the National Cooperative Dry Bean Nurseries. Univ. of Idaho, SP 17.

Urrea, C.A., and S.P. Singh. 1995. Comparison of recurrent and congruity backcrossing for interracial hybridization in common bean. Euphytica 81:21-26.

Wallace, D.H., J.P. Baudoin, J.S. Beaver, D.P. Coyne, D.E. Halseth, P.N. Masaya, H.M. Munger, J.R. Myers, M. Silbernagel, K.S. Yourstone, and R.W. Zobel. 1993. Improving efficiency of breeding for higher crop yield. Theor. Appl. Genet. 86:27-40.

Wallace, D.H., P.N. Masaya, R. Rodriquez, and R.W. Zobel. 1995. Genotype, temperature, and genotype x temperature interaction effects on yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 893-915. *In* M. Pessarakli (ed.). Handbook of Plant & Crop Physiology. Marcel Dekker, N.Y.

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.

White, J., and A. González. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. Field Crops Res. 23:159-175.

White, J.W., and S.P. Singh. 1991. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean. Euphytica 55:15-19.

White, J.W., J. Kornegay, J. Castillo, C.H. Cajiao, and G. Tejeda. 1992. Effect of growth habit on yield of large-seeded bush cultivars of common bean. Field Crops Res. 29:151-161.

Digitized by Google

...81
30 ENE 1998

Mejoramiento Genético de Frijol a Través de Cruzamientos Intra e Interraciales

J. E. de Souza Carneiro, P. A. A. Pereira, M. J. Del Peloso y G. E. de Souza Carneiro
EMBRAPA-CNPAF, Goiânia; Universidade Federal de Viçosa, Brasil

RESUMEN

Los recientes descubrimientos sobre la evolución de frijol y/o agrupación de los frijoles cultivados, en razas con características morfológicas y moleculares semejantes, redireccionarán la estrategia utilizada en el mejoramiento genético de esta leguminosa, con el objetivo de obtener mayores ganancias en cuanto a la productividad y a otras características deseables. Es de conocimiento general que los cultivares del frijol común poseen una base genética bastante estrecha. Por otro lado, las ganancias obtenidas por los programas de mejoramiento genético, hasta el momento, están más relacionadas con la estabilidad de producción, debido al aumento de resistencia a enfermedades, que al aumento de productividad en si. De la misma manera como la estrecha base genética de los cultivares del frijol contribuyó para la baja ganancia de productividad igualmente el método de mejoramiento que preconizan la selección de plantas individuales para enfermedades durante todo el avance de generaciones, con una evaluación de productividad apenas cuando las familias están fijadas, no proporcionan las condiciones necesarias para que se obtengan ganancias para este carácter de baja heredabilidad. En este estudio fueron comparadas 30 familias de tipo grano carioca, siendo diez extraídas de poblaciones originarias de cruzamientos múltiples intra-raciales (Mesoamerica) y 20 líneas seleccionadas de poblaciones originarias de cruzamientos múltiples inter-raciales incluyendo cinco razas (Durango, Mesoamerica, Jalisco, Chile y Nueva Granada). El método de mejoramiento utilizado fue el de líneas derivadas de F_2 y F_3, con prueba de rendimiento y selección para enfermedades desde generaciones F_3 a F_7. Las poblaciones fueron evaluadas por dos años en dos localidades con diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones. El análisis de varianza indicó que los grupos inter y intraraciales fueron significativamente diferentes, así también la interacción con los grupos y ambiente. El promedio de productividad de las familias originarias de los cruzamientos inter-raciales (1885 kg/ha) fue mayor que el promedio de las familias de los cruzamientos intra-raciales (1793 kg/ha), que presentaron una mayor amplitud de variación. Por otro lado, el promedio de productividad de las familias inter -raciales no supero la medida de productividad de los testigos (1960 kg/ha). Probablemente, la introgresión de genotipos con amplia variabilidad genética ocasiona una desorganización de los bloques de genes favorables, produciendo, así mismo, un decrecimiento de la productividad de la población en los primeros ciclos de selección. Algunos ciclos de recombinación y selección, facilitarían nuevamente la acumulación de los bloques genéticos favorables, incorporando los genes de los dos "pools" genéticos. Este fenómeno es bastante conocido en especies tetraplóides, como la alfafa, en la cual tiene reducción de la productividad en los primeros ciclos de selección. De la misma manera que se considera importante la amplitud de la base genética de los progenitores en un programa de mejoramiento genético de frijol, igualmente para que se alcancen los progresos esperados, sería recomendable una estrategia de selección recurrente para aumentar la frecuencia de genes favorables de población a través de varios ciclos de recombinación y selección.

Los recientes descubrimientos sobre la evolución de frijol y/o agrupación de los frijoles cultivados, en razas con características morfológicas y moleculares semejantes, redireccionarán la estrategia utilizada en el mejoramiento genético de esta leguminosa, con el objetivo de obtener mayores ganancias en cuanto a la productividad y a otras características deseables (Singh et al., 1991). Es de conocimiento general que los cultivares del frijol común poseen una base genética bastante estrecha. Por otro lado, las ganancias obtenidas por los programas de mejoramiento genético, hasta el momento, están más relacionadas con la estabilidad de producción, debido al aumento de resistencia a enfermedades, que al aumento de productividad en si. De la misma manera

Digitized by Google

como la estrecha base genética de los cultivares del frijol contribuyó para la baja ganancia de productividad igualmente el método de mejoramiento que preconizan la selección de plantas individuales para enfermedades durante todo el avance de generaciones, con una evaluación de productividad apenas cuando las familias están fijadas, no proporcionan las condiciones necesarias para que se obtengan ganancias para este carácter de baja heredabilidad.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio fueron comparadas 30 familias de tipo grano carioca, siendo diez extraídas de poblaciones originarias de cruzamientos múltiples intra-raciales (Mesoamerica) y 20 líneas seleccionadas de poblaciones originarias de cruzamientos múltiples inter-raciales incluyendo cinco razas (Durango, Mesoamerica, Jalisco, Chile y Nueva Granada). El método de mejoramiento utilizado fue el de líneas derivadas de F_2 y F_3, con prueba de rendimiento y selección para enfermedades desde generaciones F_3 a F_7.

Las poblaciones fueron evaluadas por dos años en dos localidades con diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones.

RESULTADOS

El análisis de varianza indicó que los grupos inter y intraraciales fueron significativamente diferentes, así también la interacción con los grupos y ambiente (Tabla 1). El promedio de productividad de las familias originarias de los cruzamientos inter-raciales (1885 kg/ha) fue mayor que el promedio de las familias de los cruzamientos intra-raciales (1793 kg/ha), que presentaron una mayor amplitud de variación. Por otro lado, el promedio de productividad de las familias inter - raciales no supero la medida de productividad de los testigos (1960 kg/ha) (Tabla 2).

Tabla 1. Quadrados medios para productividad en tres experimentos con líneas de frijol provenientes de cruzamentos inter e intra-raciales.

Fuente	GL	Quadrado médio (kg/ha)
Exp.	2	259171333.4 n.s.
Rep. (Exp)	6	255120.8**
Grupo	2	471445.6**
Líneas/grupo	32	226679.6**
Exp. x Líneas/grupo	68	214035.4**
CV (%)	14,6	

** Significativo a $P \leq 0.01$.

Digitized by Google

Tabla 2. Rendimiento promedio de granos de 20 familias de cruzamientos interraciales, de 10 familias de cruzamentos intra-raciales y de los tres testigos de frijol común.

	Rendimiento	
	Promedio	Amplitud (kg/ha)
Cruzamientos interraciales	1885 a	2266-1636
Cruzamientos intraraciales	1793 b	1978-1619
Promedio de testigos	1960 a	-
Aporé	2260	-
Pérola	2171	-
Carioca	1883	-
IAPAR 14	1703	-

DISCUSION

Probablemente, la introgresión de genotipos con amplia variabilidad genética ocasiona una desorganización de los bloques de genes favorables, produciendo, así mismo, un decrecimiento de la productividad de la población en los primeros ciclos de selección. Algunos ciclos de recombinación y selección, facilitarían nuevamente la acumulación de los bloques genéticos favorables, incorporando los genes de los dos "pools" genéticos. Este fenómeno es bastante conocido en especies tetraplóides, como la alfafa, en la cual tiene reducción de la productividad en los primeros ciclos de selección. De la misma manera que se considera importante la amplitud de la base genética de los progenitores en un programa de mejoramiento genético de frijol, igualmente para que se alcancen los progresos esperados, sería recomendable una estrategia de selección recurrente para aumentar la frecuencia de genes favorables de población a través de varios ciclos de recombinación y selección.

REFERENCIAS

Singh, S.P., P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. Fabaceae). Econ. Bot 45:379-396.

Digitized by Google

...82
30 ENE 1998

Dez Anos de Pesquisa em Melhoramento Genético do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na EMBRAPA/CPACT, Pelotas, RS, Brasil

Irajá Ferreira Antunes y Expedito Paulo Silveira
CPACT/EMBRAPA, Pelotas (RS), Brasil

RESUMEN

A importância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na dieta alimentar do povo brasileiro, reflete-se pela área semeada (3,440,895 ha) e pela produção (2,477,947 TM), que contribuiram para que o consumo per capita/ano fosse de 17.24 kg em 1995. No estado do Rio Grande do Sul (RS) esta importância resultou na necessidade, manifestada pelos produtores, de que as pesquisas com feijão, interrompidas en 1995, fossem retomadas pela (EMBRAPA). Em setembro de 1986, deu-se início à implementaçao do projeto sobre melhoramento genético de feijão, no âmbito do, hoje, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado - CPACT. Visava promover o aumento do potencial de produtividade da cultura, pelo desenvolvimento de novas cultivares. A aquisição de variabilidade para dar andamento ao projeto, deu-se pela introdução de germoplasma oriundo de instituições nacionais e internacionais, e de coletas e recepção de produtores. A fase de avaliação recebeu forte incremento com o advento da Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão (CEPEF), em 1987, que estabeleceu uma rede experimental, já na safra 1987/1988 constituída por onze locais, quando em 1986/87 era constituída por dois locais. A evolução desta rede elevou o número de locais para vinte, a partir de 1990/91. Também neste ano, estabeleceu-se, em conjunto com a extensão rural, a avaliação de genótipos com alto grau de homozigose em áreas de agricultura familiar, envolvendo não só cultivares já recomendadas para cultivo, como linhas promissoras. Optou-se, no desenvolvimento do programa, por duas estratégias: 1) realização de hibridações destinadas á solução de problemas específicos e b) formação de populações de base genética ampla com vistas á adaptação em áreas ecologicamente, entre si, diversas. A primeira etapa de cruzamentos iniciou em 1987; a formação de população de base genética ampla, iniciou em 1991, caracterizada como "Pool Gênico Riograndense - PGR I", formada por materiais de grãos pretos. Durante estes dez anos, os trabalhos de introdução de germoplasma resultaram na recomdendação de dez cultivares, sendo oito de grãos de cor. Estas cultivares possuem um potencial que supera em até 33% aquele de Rio Tibagí, a cultivar mais semeada quando do início dos trabalhos. A produtividade média quadrienal do feijão no RS, passou de 500 kg/ha em 1983/86, para mais de 900 kg/ha em 1994/95. A equação de regressão da produtividade média no período 1986/95 é Y=437.72+53.33 X. No presente momento, encontram-se já em testes de produtividade, em diversos estados do Brasil, linhas oriundas do programa, identificadas como TB, seguida pelo ano de seleção e número de seleção, como TB94-01 e TB95-01.

La importancia del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la dieta alimenticia del pueblo brasilero se refleja por la área sembrada (3,440,895 ha) y por la producción (2,477,947 TM) que contribuyen para que el consumo por persona/año fuera de 17.24 kg en 1995. En el estado de Rio Grande del Sul (RS), esta importancia resultó en la necesidad, manifestada por los productores, para que las investigaciones en frijol, interrumpidas en 1975, fueran retomadas por EMBRAPA. En septiembre de 1986, se dió inicio a la implementación del proyecto sobre el mejoramiento genético del frijol, en el hoy llamado Centro de Investigaciones Agropecuarias de Clima Templado-CNPACT. El objetivo fue aumentar el potencial de productividad, mediante el desarrollo de nuevos cultivares. La adquisición de variabilidad para iniciar el proyecto se hizo mediante la introducción de germoplasma originario de instituciones nacionales e internacionales, y de colecciones y obsequios por parte de los productores. La fase de evaluación de germoplasma recibió un fuerte impulso con el establecimiento de la Comisión Estatal de Investigación de Frijol (CEPEF), en 1987, ia cual estableció una red experimental, que en la siembra de 1987/88 estuvo constituída por once localidades, mientras que en 1986/87 apenas era constituida por dos localidades. La evolución de esta red elevó el número de localidades a veinte, a partir de 1990/91. También en este año, se estableció, en conjunto con la extensión rural, la evaluación de genotipos con un alto grado de homocigocidad en áreas de agricultura familiar, involucrando no únicamente cultivares ya recomendadas sino también líneas promisorias. Fueron adoptadas dos estrategias: (a) realización de hibridaciones destinadas a solucionar problemas específicos y (b) formación de poblaciones de base genética amplia con miras a una

Digitized by Google

adaptación a zonas ecológicamente diversas. La primera etapa de cruzamientos se inició en 1987; la formación de poblaciones de base genética amplia se inició en 1991, caracterizada como "Pool Génico Riograndense - PGR I", formada por germoplasma de semilla de color negro. Durante estos diez años, los trabajos de introducción de germoplasma resultaron en recomendaciones de diez cultivares, siendo ocho de semilla negra y dos de color. Estos cultivares poseen un potencial de rendimiento que supera hasta en 33% aquel de Rio Tibagí, el cultivar más sembrado cuando se iniciaron los trabajos. La productividad media cuadrienal de frijol en RS, paso de 500 kg/ha en 1983-86, a más de 900 kg/ha en 1994/1995. La ecuación de regresión de la productividad media en el período de 1986-95 es Y=437.72 ± 53.33x. En la actualidad, se encuentran en ensayos de rendimiento, en diversos estados de Brasil, líneas originadas en el programa, identificadas con las siglas TB, seguida por el año de selección y el número de selección, como TB94-01 y TB95-01.

A importância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na dieta alimentar do povo brasileiro, reflete-se pela área semeada (3,440,895 ha) e pela produção (2,477,947 TM), que contribuiram para que o consumo per capita/ano fosse de 17.24 kg em 1995. No estado do Rio Grande do Sul (RS) o feijão é igualmente importante, não só do ponto de vista econômico, mas principalmente social, já que envolve em torno de 200,000 produtores que produziram em 1995, 192,823 TM em uma área de 225 472 ha.

Em 1975, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), órgão que assumiu a pesquisa federal em 1973, houve por bem descontinuar a execução direta de pesquisas com feijão no RS. Estas ficaram ao encargo da entidade estadual, a Secretaria de Agricultura. Como resultado da sensibilidade de dirigentes da pesquisa e em resposta a demandas do setor produtivo, voltou a EMBRAPA a executar pesquisas com feijão no RS através de implementação de um projeto de pesquisa em melhoramento genético, a partir de setembro de 1986. Isto deu-se no âmbito do, hoje, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT). Visava o projeto promover o aumento do potencial de produtividade da cultura, pelo desenvolvimento de novas cultivares. Em 1987, foi instituída a Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão (CEPEF), por iniciativa conjunta da EMBRAPA e da Secretaria de Agricultura do RS, congregando todos os órgãos de pesquisa, bem como definindo as entidades de apoio à pesquisa. Esta iniciativa foi significativa para tornar mais eficiente a pesquisa no Rio Grande do Sul. Os resultados alcançados encontram-se descritos a seguir.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fase inicial de desenvolvimento da variabilidade genética, deu-se pela introdução de germoplasma de instituições de pesquisa nacionais e internacionais, bem como a partir de coletas e recepção a partir de produtores. A recepção de germoplasma deu-se, quase invariavelmente, através do Serviço de Extensão Rural - EMATER/RS. Já em 1987, a partir das observações realizadas no germoplasma testado, iniciaram-se cruzamentos biparentais, aos quais seguiram-se cruzamentos com outras composições, visando a solução de problemas específicos, tais como resistência à antracnose e aumento do potencial de produtividade.

Outra estratégia adotada, foi a formação de populações de base genética ampla. A partir de 1991 deu-se início à formação do "Pool Gênico Rio Grandense - PGR I", constituído por cinco cultivares de adaptação ampla e cinco cultivares locais ("land races"), intercruzadas em cadeia (Figura 1). Em 1995/96 foi obtida a geração F_3 desta população. Em 1995 foi iniciada a formação do "PGR II", visando a obtenção de cultivares de arquitetura favorável, principalmente, à colheita mecanizada. Todos estes trabalhos, envolveram e envolvem a identificação de fontes de resistência e a identificação da reação do germoplasma desenvolvido frente à *Colletotrichum lindemuthianum*

Digitized by Google

A nível de campo não é necessária a resistência absoluta a este fungo. Simultaneamente, o germoplasma tem sido avaliado quanto à sua reação em condições controladas e em campo, frente a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*.

A fase de avaliação compreende duas formas. A primeira, é através da rede experimental da CEPEF. Ensaios Preliminares em Rede - EPR, em oito sítios, servem de base para seleção ao Ensaio Regional de Feijão - ERF. Estes ensaios, ERF, receberam um aperfeiçoamento a partir da criação da CEPEF, pois em 1986/87 foram instalados em dois sítios e, quando da formação da CEPEF, passaram a ser instalados em nove sítios (a partir de 1987/88), evoluindo para 20 sítios a partir de 1990/91. A outra forma de avaliação de genótipos é feita a nível de propriedade de produtores, em conjunto com a EMATER, através da qual, as cultivares recomendadas são testadas em conjunto com linhas promissoras. Esta rede de teste a nível de produtores ("on farm research") foi iniciada em 1990/91, alcançando em 1995/96, 137 sítios localizados em todas as regiões produtoras do RS. A análise simultânea dos ERF (no qual um genótipo permanece, no mínimo, por dois anos) e dos testes a nível de produtor, serve de base para a recomendação de cultivares para o RS.

RESULTADOS ALCANÇADOS E DISCUSSÃO

Durante estes dez anos, os trabalhos de introdução e seleção de germoplasma resultaram na recomendação de dez cultivares, sendo duas de grãos de cor e oito de grãos pretos (sendo uma para o ano agrícola 1996/97). Destas, cinco são oriundas de germoplasma desenvolvido na própria EMBRAPA. As cultivares recomendadas para a safra 1995/96 encontram-se na Figura 2. Observa-se que em relação a Rio Tibagi, a cultivar mais semeada no RS quando do início do projeto no CPACT, já existem disponíveis cultivares com produtividade média superior em até 33,2%, como Minuano (produtividade média de 2085 kg/ha). Seguem-se em produtividade Macotaço (2,022 kg/ha), Guapo Brilhante (1,899 kg/ha), Macanudo (1,888 kg/ha), IAPAR 44 (1,877 kg/ha), FT 120 (1,778 kg/ha) e Guateian 6662 (1,671 kg/ha). A produtividade média de Rio Tibagi é de 1,565 kg/ha.

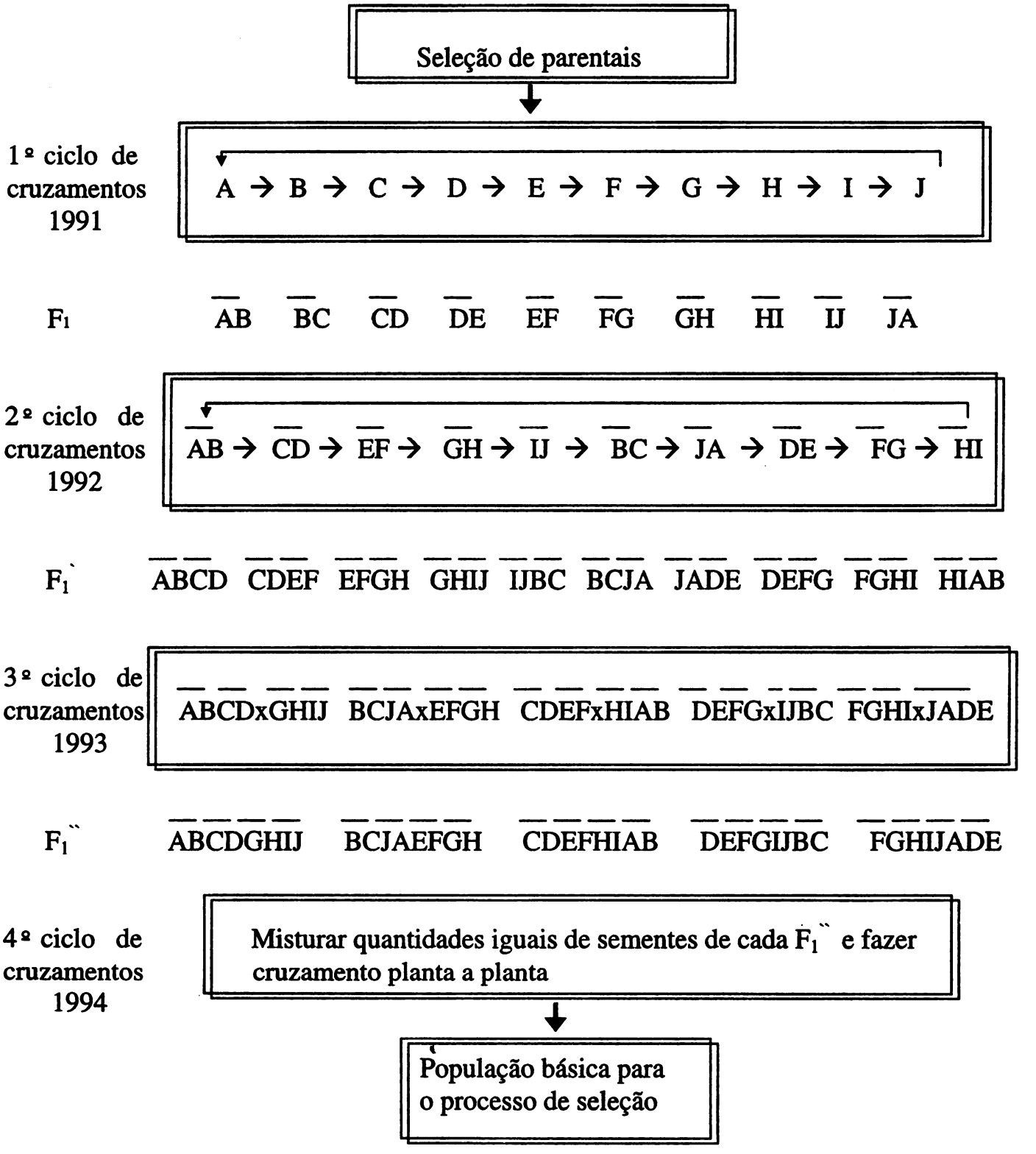
Dentre as cultivares de grãos de cor, destacam-se IAPAR 31 (2,302 kg/ha, com 27,9% de produtividade acima de Carioca, a cultivar de grãos de cor mais semeada no RS), seguida por FT 206 (1,835 kg/ha) e por Carioca (1,800 kg/ha). Há à disposição dos produtores a cultivar Iraí, de tipo I, com maturação de colheita em torno de 75 dias, peso de 100 sementes em torno de 37g (as demais cultivares possuem de 18 a 24 g), cuja produtividade média alcança 1,581 kg/ha.

Os resultados advindos da identificação e difusão destas cultivares, em conjunto com um maior incentivo por parte do governo em relação ao feijão, acredita-se, são os fatores fundamentais no aumento observado da produtividade média da cultura no RS. Conforme a Figura 3, a produtividade (expressa em termos de média quadrienal) cresceu de aproximadamente 500 kg/ha em 1983/86, para mais de 900 kg/ha em 1994/95 (média anual). A equação de regressão que mede a produtividade média no período 1986-1995, é $Y= 437,72 + 53,33X$ ($R^2 = 0.69^*$). Linhas derivadas do programa de melhoramento do CPACT encontram-se em teste em diversos estados do Brasil. São identificadas pela sigla TB, seguida pelo ano de seleção e pelo número de seleção, como por exemplo, TB_{94}-01 e TB_{95}-01.

As perspectivas apontam para um crescente aumento na produtividade do feijão no RS, como fruto de um melhor conhecimento, pelos produtores, de tecnologias mais avançadas, em conjunto com a disponibilidade de germoplasma de maior potencial produtivo. A partir deste momento, o programa de melhoramento do CPACT passa a dar à qualidade do grão a mesma prioridade dada à produtividade, em resposta à demanda do mercado.

Digitized by Google

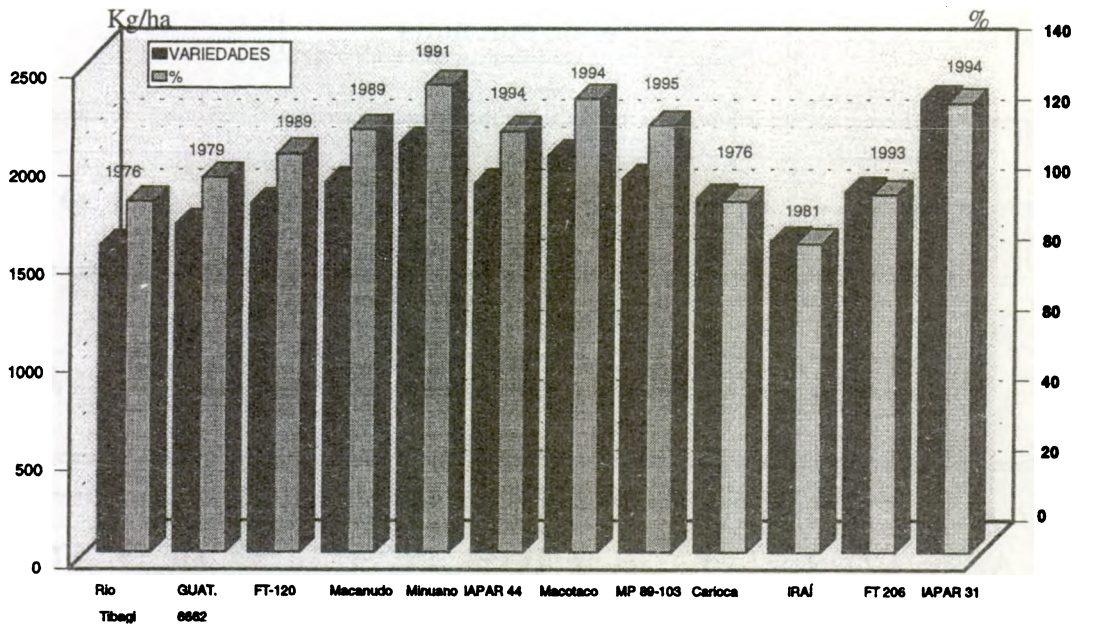
Figura 1. Esquema de cruzamento em cadeia para formação do PGR - I - de feijão



Parentais: A. Macanudo, B. CPATB 473, C. Minuano, D. CPATB 524, E. FT 120, F. CPATB 665, G. Honduras 35., H. CPATB 452, I. Rio Tibagi, J. CPATB 701

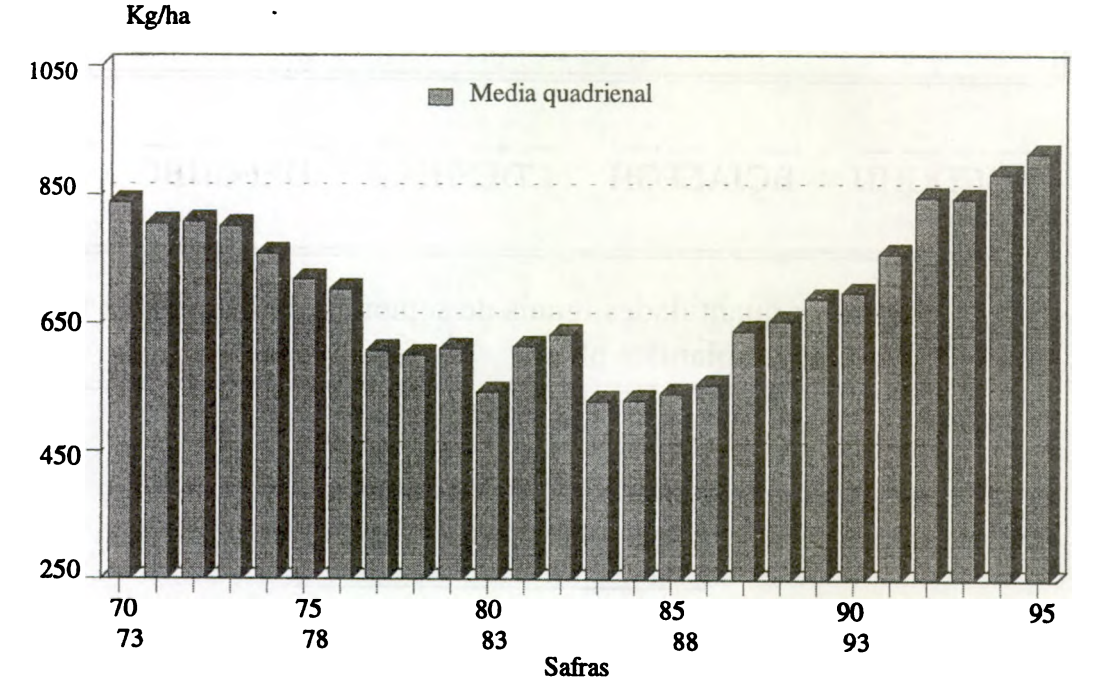
Digitized by Google

Figura 2. Produtividade média das cultivares de feijão recomendadas para o RS em 1995/96



Media de 85 experimentos - E E Feijão
Anos : 1987/88 a 1994/95
Elaboração : EMBRAPA/CPACT

Figura 3. Produtividade média quadrienal do feijão no RS 1970-1995.



Fontes : IBGE e EMATER-RS

Digitized by Google

...783
30 ENE. 1998

Mejoramiento de Frijol Realizado en el Instituto Agronómico - IAC, São Paulo - Brasil

Sérgio Augusto Morais Carbonell, Antonio Sidney Pompeu, Margarida Fumiko Ito y Valdir Atsushi Yuki
Instituto Agronómico, Campinas (SP), Brasil

RESUMEN

El Instituto Agronómico viene desarrollando investigaciones en el mejoramiento de frijol para el Estado de São Paulo y para el Brasil desde 1932, lanzado y recomendado para el cultivo, hasta hoy 27 variedades de frijol. En los últimos diez años fueron lanzadas seis nuevas variedades con resistencia múltiple a enfermedades, productividad elevada y porte de planta adecuado para la cosecha mecánica. Las líneas de investigación conducidas en la Sección de Genética de Instituto Agronómico actualmente priorizan el mejoramiento para resistencia a antracnosis (causada por *Colletotrichum lindemuthianum*), la enfermedad más importante para el cultivo de frijol en el Estado de São Paulo. Cruzamientos y retrocruzamientos entre variedades IAC y diferentes fuentes de resistencia poseedores de los genes de resistencia Are, Mex 2 y Mex 3, fueron realizados. Después de inoculaciones artificiales con el patógeno, sobre las poblaciones segregantes, varias plantas resistentes fueron obtenidas. Estudios de la variabilidad de patógeno y distribución de los mismos en el Estado están siendo realizados rutinariamente. De la misma forma, plantas resistentes al hongo causante de la pudrición de fusarium (causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*), ya fueron obtenidas usándose como fuentes de resistencia a Diacol Calima, EMP 81 y G 4000. El fusarium es importante en áreas de cultivo intensivo realizado bajo sistema de irrigación de pivote central.

Buscando la obtención de variedades resistentes al virus de mosaico dorado, cruzamientos con las fuentes de resistencia como Pinto UI 114, Royal Red y LM 30630 fueron realizados; después se hicieron inoculaciones de virus a través del vector (*Bemisia tabaci*) en casa de malla o en condiciones de alta incidencia en campo; plantas sin síntomas o con síntomas leves fueron seleccionadas y sus generaciones avanzadas en campo, siempre bajo condiciones ambientales que favorezcan una alta población natural de vector. Evaluaciones de productividad y porte adecuado de planta para la cosecha mecánica son realizadas en las tres épocas de siembra del año (*seca*, invierno y *aguas*) y en por lo menos tres localidades por época de siembra.

El mejoramiento para resistencia al hongo causante de la mancha angular (causada por *Phaeoisariopsis griseola*), un patógeno considerado actualmente de igual importancia a el de la antracnosis, está en fase inicial, con el censo de la variabilidad de patógeno, identificación de fuentes de resistencia y realización de cruzamientos de estas fuentes con variedades IAC de frijol. Del mismo modo, las investigaciones para resistencia al añublo bacteriano (causado por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) están siendo conducidas. El objetivo del programa de mejoramiento con el frijol es la obtención de variedades de elevada capacidad productiva, con resistencia múltiple a los principales patógenos y con porte adecuado para la cosecha mecánica.

El Brasil se destaca en la producción mundial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), pues encuentra en esta leguminosa su principal fuente de proteína vegetal. En el período de 1990-1994, la producción brasilera de frijol osciló de 2,234,467 TM en 1990, a 3,370,627 TM en 1994, con un promedio de 2,725,054 TM. En 1994, la área de producción de frijol en el Brasil fue de 5,469,012 ha, resultando en una productividad media de 616 kg/ha. El Estado de São Paulo se encuentra entre los mayores productores brasileros, con regiones productoras donde son obtenidas hasta tres cosechas anuales, en un sistema casi continuo de siembra. Estas tres cosechas anuales, según el zoneamento ecológico son: frijol "de las aguas", con siembra en agosto/septiembre; frijol "de la seca", con siembra en enero/febrero y frijol de invierno, con siembra en abril/mayo (Pizan et al., 1994). En el Estado de São Paulo, el frijol "de las aguas" es cultivado en una área alrededor de

Digitized by Google

126,000 ha, con productividad media de 855 kg/ha y producción media de 106,000 TM (media de 6 años: 1989-1994). El frijol "de la seca" abarca un área de alrededor de 123,000 ha, semejante a la del frijol "de las aguas", con productividad media de 846 kg/ha y producción media de 104,000 TM (media de 6 años: 1989-1994). El área ocupada con el frijol de invierno es de aproximadamente 93,000 ha, con productividad media de 945 kg/ha y producción media de 86,000 TM (media de 6 años: 1989-1994). Reunidas las tres épocas anuales, tenemos una área media de siembra de 342,000 ha/año, con productividad media de 882 kg/ha y producción media de 296,000 TM (media de 6 años: 1989-1994) (LSPA, 1995). Como se observa, en el Brasil y en el Estado de São Paulo, las productividades medias de frijol son bajas, debido a varios factores como: la ausencia de calgen y la rotación del cultivo en la misma área, fertilización y tratamientos fitosanitarios inadecuados, baja utilización de semillas de calidad, falta de agua en los períodos críticos del cultivo (floración y llenado de grano) el exceso de humedad durante la cosecha y principalmente por la ocurrencia de enfermedades (hongos, bacterias, virus y nematodos).

El frijol se muestra susceptible al ataque de varios patógenos, que se presentan muchas veces con varias razas fisiológicas y que tienen en las semillas su principal medio de diseminación. En el Estado de São Paulo, las enfermedades de la parte aérea de mayor importancia que ocurren en el frijol son: antracnosis, añublo bacteriano, mancha angular, roya y los mosaicos común y dorado. Enfermedades como pudrición por fusarium, rizocthonia y nematodos están aumentando en incidencia y severidad, principalmente en cultivos bajo pivote central. Con excepción de la rizocthonia y nematodos (investigaciones en fase preliminar), todas estas enfermedades están siendo investigadas en el Programa de Mejoramiento de IAC, con la identificación de fuentes de resistencia y cruzamientos artificiales para la introducción de estos genes en variedades comerciales. Evaluaciones de productividad y porte adecuado para la cosecha mecánica son realizadas en linajens avanzados oriundos de estos cruzamientos, en las tres épocas del año (*seca*, invierno y *aguas*) y en por lo menos tres localidades por época.

Dentro de estas enfermedades, la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*, está constituida como la enfermedad más importante de frijol, por la ocurrencia en las tres épocas de cultivo, causando reducción en la producción, bajo determinadas condiciones, de hasta 100%, y en la calidad del frijol producido. Trabajos desarrollados para la caracterización y clasificación de patotipos del hongo de la antracnosis han sido ampliamente divulgados utilizándose variedades diferenciales, así como sus relaciones con los genes que confieren resistencia. De este modo, nuevas fuentes de resistencia han sido encontradas para auxiliar a los programas de mejoramiento, como las variedades locales Alemão, Vermelhinho, Vaca Paleta 3, Preto Dem Feliciano, Manteiguinha, Oito y Nove, Barriga Preta, Gordo Branco y Pardo de Minas, como resistentes a los aislamientos de las razas de alfa, delta, capa, sigma y zeta (Pompeu et al., 1992). Por el momento, debido a la capacidad de variación patogénica del hongo, se torna imperativo mantener actualizado el conocimiento acerca de ella para, mediante la exploración de la variabilidad existente en el frijol común, lograr el desarrollo de nuevos cultivares resistentes.

Del mismo modo, la mancha angular, el añublo bacteriano, fusariosis y virus común y dorado, son importantes factores de reducción de rendimiento del frijol. Al igual que para antracnosis, el frijol posee una gran variabilidad genética para resistencia a estas enfermedades, y por el mejoramiento genético, puede ser utilizado para incorporación de genes de resistencia en las variedades comerciales. Los caracteres como porte de planta para la cosecha mecánica, tipo de semilla (color y forma), estabilidad en la producción, resistencia a insectos y nematodos, etc., son también caracteres de interés que deben ser trabajados por los programas de mejoramiento.

Digitized by Google

MATERIALES Y METODOS

El programa de mejoramiento de frijol en el Instituto Agronómico se divide en su-programas integrados conforme a los objetivos y prioridades para la obtención de variedades de frijol superiores a las que se encuentran bajo cultivo.

Resistencia a Enfermedades

Hongos (*Colletotrichum lindemuthianum, Phaeoisariopsis griseola y Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*)

La Sección de Fitopatología/IAC posee en su colección de hongos patogénicos de frijol, varios aislamientos de estos hongos ya colectados. Es necesario, un continuo monitoreamiento de la enfermedad (patógeno) para determinar las estrategias de trabajo de mejoramiento (búsqueda de materiales resistentes y planeamiento de cruzamientos), y para esto, rutinariamente son realizados colecta de plantas con síntomas de estas enfermedades, en las principales regiones productoras de frijol, en las tres épocas de cultivo, para realización de la clasificación de los aislamientos según las cultivares diferenciales de cada hongo (CIAT, 1995; CIAT, en el prelo).

Después de realizar determinación de las razas existentes y predominio de éstas en el Estado de São Paulo, asó como también determinar las respectivas potencialidades (reacción compatible) de los aislamientos en "quebrar" los genes de resistencia asociados a ellos, se realiza una intensa búsqueda de nuevas fuentes de resistencia, en variedades locales e introducidas, para futuro uso en el mejoramiento de frijol (cruzamientos) en la Sección de Genética.

Determinadas estas fuentes de resistencia, éstas son cruzadas artificialmente con las linajens de los cultivares IAC-Una, IAC-Maravilha, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Carioca Akytã y IAC-Bico-de Ouro, de alto rendimiento, adaptabilidad y estabilidad de producción para el Estado de São Paulo. Se busca con esto, reunir en un mismo genotipo, todos los genes de resistencia ('piramidar genes'), haciendo el nuevo cultivar más duradero. Para antracnosis, cruzamientos con el genotipo G 2333 fueron intensificados, pues éste es considerado como una de las mejores fuentes de resistencia para la antracnosis, siendo resistentes a 380 aislamientos de antracnosis probados en el CIAT (Pastor-Corrales et al., 1994) y a 118 aislamientos colectados en diversos Estados de Brasil (Rava et al., 1994). Para *Phaeoisariopsis griseola,* esas linajens también fueron cruzadas con las introducciones A 154, A 248, A 296, G 5686, AFR 188, AND 277, G 6727, G 916 y CAL 143, mencionadas como fuentes de resistencia a mancha angular.

Para *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, fueron cruzadas con Diacol Calima, EMP 81 y G 4000, consideradas resistentes al hongo causante de la pudrición de Fusarium y retrocruzadas con el material comercial. Semillas de los cruzamientos en la generación F_2 y de los retrocruzamientos en F_1 son colocadas en papel de germinación, siendo las plántulas, después de tres días, transplantadas para cajas de icopor, las mismas que son utilizadas en la producción de hortalizas, que tienen como substrato vermiculita, tierra mas estiércol de corral. Las plántulas transplantadas en vermiculita fueron a los 10 -15 días de edad, sometidas a el corte de 1/3 de sus sistemas radicales y sumergidas, por 10 minutos, en una mezcla de aislamientos de *Fusarium oxysporum* conteniendo 10^6 conidios/ml. Hecha la inoculación, las plántulas fueron transplantadas para cajas plásticas conteniendo tierra (50%) más arena (50%) esterilizadas; las plántulas transplantadas en tierra mas estiércol de corral, fueron inoculadas a los 10-15 días de edad, a través de la introducción de la

Digitized by Google

mezcla de los aislamientos en sus hastes, con el auxilio de una jeringa hipodérmica. Aproximadamente 30 días después de las inoculaciones, se compararon con la reacción del cultivar susceptible IPA-6 usado como control; las plantas resistentes (sin síntomas externos) fueron transplantadas a macetas y a la cosecha, trilladas individualmente para el estudio de progenie.

Plántulas en F_1 y F_2 de los retrocruzamientos y F_2 y F_3 de los cruzamientos son inoculadas, en sala climatizada en el invernadero bajo condiciones ambientales controladas, conforme metodología descrita para cada hongo. En esta fase, son inoculadas con una mezcla de razas que le confiere una reacción de incompatibilidad con los genes de resistencia de cada progenitor involucrado en el cruzamiento, procediendo a la selección de genotipos con todos los genes de resistencia involucrados en el cruzamiento. Las plántulas resistentes son transferidas a macetas y colocadas en el invernadero para cruzamientos o estudios de progenie. Las plantas resistentes (homozigotas para el carácter) serán nuevamente retrocruzadas, en el invernadero, con otra fuente de resistencia y luego multiplicadas (avance de generaciones) en el campo, en la Sección de Genética, en la forma de líneas de progenie.

Bacteria (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*)

La Sección de Fitopatología posee, en su colección de bacterias de frijol, algunos aislamientos de *X. campestris* pv. *phaseoli*, agente causal del añublo bacteriano (bacteriosis común de frijol). En el momento, debido a la creciente importancia de la enfermedad en el Estado de São Paulo (Ito et al., 1995) y en el Brasil (Maringoni et al., 1993), principalmente en el cultivo "de las aguas", un censo de esta bacteria en el Estado, aislamiento y caracterización de las cepas, a través de la medida de su agresividad en algunos cultivares, son necesarios para determinar las estrategias de trabajo de mejoramiento (búsqueda de materiales resistentes y planeamiento de cruzamientos). La colecta de plantas enfermas, con síntomas de bacteriosis común, es realizada en las principales regiones productoras de frijol y en las tres épocas de cultivo. Después la determinación de los aislamientos más agresivos y su predominio en el Estado de São Paulo, una intensiva búsqueda de nuevas fuentes de resistencia entre variedades locales e introducidas, están siendo realizadas para futuro uso en el trabajo de mejoramiento de frijol (cruzamientos) de la Sección de Genética.

Las linajens de los cultivares IAC-Una, IAC-Maravilha, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Aruã, IAC-Carioca Akytã y IAC-Bico-de Ouro, fuentes de genes de resistencia para antracnosis, están siendo cruzadas con variedades locales, todavía en cultivo o existentes en bancos de germoplasma, que posean algún tipo de resistencia a bacteriosis común, determinadas en la fase anterior y también con las introducciones XAN 112, LP 90-19, LP 88-175, Great Northern 1 Sel.27, HX 8L.7.3.3.1.CM, IAPAR BAC 6, mencionadas como fuentes de resistencia a bacteriosis común. Se busca con esto, reunir en un mismo genotipo, todos los genes de resistencia ('piramidar genes'), para por lo menos dos enfermedades (antracnosis y bacteriosis), buscando que el nuevo cultivar sea más duradero.

Digitized by Google

Virus (mosaico común y mosaico dorado)

Para el virus de mosaico dorado, las linajens del programa ya fueron cruzadas con fuentes de resistencia como DOR 41, DOR 60, Pinto UI 114, Royal Red y LM 30630. Varias selecciones fueron efectuadas en poblaciones de esos cruzamientos en condiciones de campo. Esas introducciones mostraron ausencia o pocos síntomas cuando fueron cultivadas en la época "de la seca" (siembra de marzo) en la estación Experimental de Votuporanga, donde la incidencia de la enfermedad es de alrededor de 96%, junto con materiales susceptibles. Selecciones también fueron hechas en condiciones de casa de malla usando poblaciones virulíferas de *B. tabaci*. Estas selecciones están siendo sembradas en Votuporanga para observación en relación a el virus de mosaico dorado y otros agentes patogénicos, además de porte de la planta.

Cruzamientos también son efectuados usando la linajen MD 806 (IAPAR 57), 64/2 y 64/5 como fuentes de resistencia para el mosaico dorado. Las selecciones serán efectuadas en poblaciones sembradas en condiciones de casa de mallas y de campo, buscando plantas con ausencia o con síntomas débiles de la enfermedad. Los estudios de progenie serán conducidos en esas condiciones, siendo que la siembra de campo deberá ser efectuado siempre en el mes de marzo, debido a la gran cantidad de vector - mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en la Estación Experimental de Votuporanga, por las facilidades y alta incidencia de la molestia. En la casa de mallas, las plántulas de 7 días serán inoculadas por el mínimo de 24 horas, utilizando una población virulífera del vector *B. tabaci*. Después de la aparición de los síntomas de la enfermedad, solamente las plantas sin síntomas serán ser transplantadas al campo para el avance de generaciones. Estas pruebas serán realizadas en poblaciones segregantes F_2 y F_1 de retrocruzamientos provenientes de cruzamiento planeado para este objetivo.

Para los grupos Rosinha y Roxinho, el mejoramiento para resistencia a el virus de mosaico común ha sido enfatizado, pues son pocos los genotipos resistentes en estos grupos. Cruzamientos involucrando estos grupos y la selección de plantas resistentes viene siendo realizada en invernadero, utilizando para la inoculación, carborundum y el jugo proveniente de la maceración de una mezcla de hojas de plantas infectadas con aislamientos de virus de procendencias diversas. Las plántulas son inoculadas tres veces, en hojas cotiledonales, primera y segunda trifoliolada para reducir las posibilidades de escape. Otros tipos de semillas (carioca y pretos) también serán rutinariamente evaluadas dentro del programa. Esa selección está siendo realizada en las generaciones F_2 de los cruzamientos o en F_1 o F_2 de los retrocruzamientos, dependiendo de la fuente de resistencia utilizada. Podrán ser todavía evaluadas en cualquier otra generación en poblaciones que fueron sometidas en condiciones de campo, para otras características.

Porte de planta para la cosecha mecánica

Cruzamientos biparentales y múltiples envolviendo linajens y cultivares IAC oriundos del programa de mejoramiento en curso para porte de planta para la cosecha mecánica, y fuentes de resistencia a enfermedades, son realizadas buscando reunir en un único genotipo estas características. Las evaluaciones serán realizadas en campo con la selección de plantas con arquitectura de planta erecta, poseedores de guías cortas, medias o largas. Esto se realizará en todos los proyectos para resistencia a enfermedades, en todas las generaciones genéticas de las poblaciones evaluadas (F_2 - F_6).

Digitized by Google

Ensayos preliminares y regionales de productividad y estabilidad de producción

Especial énfasis será dado al estudio de las linajens ya obtenidas por el Programa de Mejoramiento de la Sección de Genética, buscando alta productividad, porte de planta para la cosecha mecánica, resistencia a enfermedades. Las linajens seleccionadas en las evaluaciones iniciales son plantadas en líneas continuas y separadas por estacas, para eliminación de las menos promisorias, posteriormente serán sembradas en la forma de colección, o sea, líneas de 5 metros teniendo cada diez el cultivar 'IAC-Carioca Pyatã' como control, buscando principalmente la productividad. Las linajens seleccionados son incluidas en los ensayos preliminares, en bloques al azar con hasta tres repeticiones. Aquellas que se destacaron en estos ensayos, por sus producciones, en Campinas el en las Estaciones Experimentales, son colocadas en ensayos regionales, bajo la forma de bloques al azar con cinco repeticiones, e instaladas en los cultivos "de las aguas" (siembra septiembre-octubre), "de la seca (siembra enero-febrero) y de invierno (siembra mayo-junio) en las principales regiones productoras de frijol del Estado de São Paulo. Se busca con esos ensayos, principalmente conocer el comportamiento de las linajens (productividad, reacción a los patógenos, ciclo, etc.) para indicar las mejoras para sembrar en gran escala, el monitoriamiento de los patógenos que atacan el frijol y adquirir materiales para el programa de mejoramiento en curso en la Sección de Genética.

RESULTADOS Y DISCUSION

Hongos *(Colletotrichum lindemuthianum, Phaeoisariopsis griseola y Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli)*

Para dar una estabilidad mayor a los futuros cultivares, en relación a el hongo de la antracnosis, se ha buscado encontrar, en variedades locales todavía en cultivo o presentes en bancos de germoplasma, nuevos genes diferentes a Are, Mex 2 y Mex 3 que puedan ser reunidos o piramidados en un mismo material. En esa búsqueda, fueron encontrados variedades locales como Alemão, Vermelhinho, Vaca Paleta 3, Preto Dem Feliciano, Manteiguinha, Oito y Nove, Gorde Branco, Parde de Minas, Barriga Preta, Amarelo Arroxeade, Baetão y Catarina que se comportaron como resistentes a los aislamientos de los grupos Alfa, Delta, Capa, Sigma y Zeta. Algunas de esas variedades como Preto Dem Feliciano, Parde de Minas, Vaca Paleta 3 , Baetão, fueron cruzadas con las linajens DOR 41 x H 1178-100 51-1-1-1,2 (IAC-Una), H 853-50-2 (IAC-Carioca Pyatã), H 853-50-6) (IAC-Carioca Akytã), con probables constituciones genéticas para *C. lindemuthianum* - Are Are Mex 3 Mex 3 o are are Mex 3 Mex 3. También fueron cruzadas con linajens H 8522-50-2 (IAC-Carioca Aruã), H 8557-54 (IAC-Bico de Ouro), y H 3886-52 (IAC-Maravilha), en cuya formación entran Cornell 49-242 (Are Are) y AB 136. El parental AB 136 no tiene todavía una constitución genética definida, en relación a *C. lindemuthianum.* Cruzamientos también fueron efectuados entre las linajens de los cultivares recientemente lanzadas por el IAC, buscando reunir los genes Are y Mex 3 con lo(s) gene(s) de AB 136 y mejoría de la arquitectura. Más de 280 selecciones individuales fueron realizadas en esas poblaciones, en condiciones de campo, para porte de la planta y resistencia a los patógenos observados durante el desarrollo de las plantas.

Para el estudio de la variabilidad fisiológica de *C. lindemuthianum*, nueve aislamientos de este patógeno fueron inoculados en las variedades diferenciadoras de razas, según las normas establecidas durante la reunión sobre antracnosis de frijol, realizada en el CIAT (Cali, Colombia)

Digitized by Google

en 1988. Las razas encontradas hasta el momento fueron: 1, 15, 31 (diez aislamientos), 65, 81 (diez aislamientos) y 89 (diez aislamientos). Varios otros aislamientos ya colectados están siendo evaluados.

El estudio sobre la variabilidad de patógeno causante de la mancha angular esta en curso, en la fase de obtención de aislamientos y clasificación de estos según las variedades diferenciales. Ya fueron obtenidos más de quince aislamientos monospóricos oriundos de diferentes aislamientos. Mientras tanto, cruzamientos artificiales entre fuentes de resistencia descritos en literatura (G 5686, Mex 54, AND 277, CAL 143, MAR 1, MAR 2, MAR 3, G 916 y otros) y variedades IAC en cultivo ya fueron realizadas, con la intención de acelerar el proceso de obtención de variedades resistentes a este patógeno, a través del uso de genes de resistencia de diferentes fuentes. Estudios de validación de estas fuentes de resistencia tendrán inicio inmediatamente después de las pruebas de patogenicidad de los aislamientos, y después, se harán los cruzamientos con las mejores fuentes.

El cultivo intensivo de frijol realizado prácticamente en las mismas áreas en las siembras "de las aguas" y "de la seca", en la principal región productora de Estado de São Paulo- Dira de Sorocaba y la siembra de invierno en la región norte donde predomina el sistema de pivote central, ha provocado problemas serios para la producción de esta leguminosa, principalmente debido a la incidencia de hongos de suelo y nematodos. así mismo, el cultivo de invierno en la región norte ha mostrado una reducción notable en área cultivada debido a el alto costo y bajas producciones en consecuencia de aumento de la incidencia de la fusariosis ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*.

Buscando la obtención de cultivares resistentes al hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, cruzamientos y retrocruzamientos con progenitores comerciales (linajens de las variedades IAC-Una, IAC-Maravilha, IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Akytã y IAC-Carioca Aruã) fueron realizados usando como progenitores resistentes, de acuerdo con los resultados de las investigaciones efectuadas en São Paulo y en el Paraná, los genotipos Diacol Calima, EMP 81 y G 4000. Por tanto, los cruzamientos y retrocruzamientos realizados fueron los siguientes:

DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2 (Una) x D. Calima
D. Calima x H 8522-50-2 (IAC-Carioca Aruã)
(D. Calima x H 8522-50-2) x H 8522-50-2
H 3886-52 (Maravilha) x D. Calima
D. Calima x H 853-50-2 (IAC-Carioca Pyatã)
(D. Calima x H 853-50-2) x H 853-50-2
(D. Calima x DOR 41.H 1178-100 51-1-1-2) x DOR 41. H 1178-100 51-1-1-1,2
(H 853-50-6 (Akytã) x D. Calima
(H 853-50-6 x D. Calima) x H 853-50-6
(H 853-50-6 x D. Calima) x H 853-50-2
G 4000 x DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2
G 4000 x H 8522-50-2 (IAC-Carioca Aruã)
(G 4000 x H 8522-50-2) x H 8522-50-2
G 4000 x H 853-50-2
(G 4000 . H 852-50-2) x (D. Calima . H 852-50-2)
(G 4000 x DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2) x DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2
EMP 81 x H 853-50-2
EMP 81 x H 3886-52

Digitized by Google

EMP 81 x DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2
(EMP 81 x H 853-50-2) x H 853-50-2
(EMP 81 x DOR 41 . H 1178-100 51-1-1-1,2) x DOR 41.H 1178-100 51-1-1-1,2
(EMP 81 x H 853-50-2) x H 853-50-6

De estos cruzamientos, ya fueron obtenidas cerca de 515 plantas resistentes provenientes de los cruzamientos y 51 plantas oriundas de los retrocruzamientos. Algunas plantas, en la generación F_3, consideradas resistentes después inoculación en la de las plántulas a través de jeringas hipodérmicas, fueron colocadas en condiciones de campo en suelo con *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. En esas progenies fueron realizadas nuevas selecciones para plantas con buena arquitectura y ausencia de los síntomas de la enfermedad; las plantas no seleccionadas para porte mas con síntoma de resistencia al hongo, en el total de 130, fueron sus semillas cosechadas y mezcladas dentro de sus respectivas progenies. Las progenies de esas selecciones, en la generación F_4, fueron nuevamente sembradas en suelo con alta incidencia de hongo, mostrando algunas de ellas excelente comportamiento, esto es, prácticamente sin síntomas de la enfermedad y con buena arquitectura de planta. De esas progenies, fueron obtenidos materiales con semillas de tegumento preto y de tipo carioca. Nuevas selecciones fueron realizadas en esas progenies.

Paralelamente a ese trabajo con inoculaciones artificiales en plantas individuales, semillas de los cruzamientos y retrocruzamientos también están siendo sembradas en condiciones de campo en Ribeirão Preto-SP y Votuporanga-SP para selecciones buscando porte de planta y resistencia a los patógenos presentes. Las progenies de las plantas seleccionadas serán inoculadas artificialmente para los patógenos de la fusariosis y de la antracnosis. Las progenies susceptibles a uno de los hongos serán eliminadas y las resistentes seleccionadas para estudios buscando capacidad productiva.

Bacteria (*Xanthomonas campestris pv. phaseoli*)

Varios aislamientos de *X. campestris* ya fueron colectados en las principales regiones productoras del Estado de São Paulo, y en resultados preliminares se han obtenido diferencias en la agresividad de estos aislamientos cuando fueron inoculados artificialmente a través del método de agujas múltiples sobre las hojas cotiledonares. De este modo, hay la necesidad de evaluación de germoplasma de frijol para estos diferentes aislamientos de bacteria e incorporación de resistencia a través de la piramidación de genes de diferentes fuentes. Cruzamientos artificiales entre fuentes de resistencia citados en literatura ya están siendo realizados con los materiales IAC. Inoculaciones en vainas a través de jeringas hipodérmicas también serán utilizadas para la validación de las fuentes de resistencia.

Virus (mosaico común y mosaico dorado)

En condiciones de casa de malla, plántulas fueron colocadas por 24 horas en contacto con moscas virulíferas criadas en plantas de soja y posteriormente en frijoles con mosaico dorado. La selección de plantas sin síntomas o con síntomas leves fue realizada treinta días después y transplantadas a macetas. Progenies de esas plantas en número de 170, fueron sembradas en "las aguas" de 1994 en Campinas, para aumento de número de semillas, donde se constató alta incidencia de mosaico dorado. En esa siembra se procedió a la selección de plantas individuales y la

Digitized by Google

eliminación de varias progenies. Las linajens obtenidas y las progenies de plantas seleccionadas fueron sembradas en "la seca" de 1995, en Votuporanga, efectuándose la selección de varias plantas. Las progenies de esas plantas están siendo evaluadas en Campinas, en condiciones de casa de mallas, principalmente aquellas con tipo de semilla carioca.

Linajens resultantes de selecciones en condiciones de campo tuvieron sus productividades estimadas en el período 1994-95, en Votuporanga, en la forma de colección con 3 repeticiones poniendo cada 10 líneas, como control, el Carioca 80SH en 1994 y el IAC-Carioca Pyatã en 1995.

Varias linajens tuvieron buenas producciones medias en relación a los controles como: L 933 x LM 30630 5 con 2153 kg/ha, L 933 x LM 30630 5-1 -- 2060, control 1873 kg/ha; L 933 x LM 30630 13 -- 2000, L 933 x LM 30630 12 -- 1927, L 933 x LM 30630 8 -- 1893, L 933 x LM 30630 9 -- 1880, L 933 x LM 30630 9-1 -- 1833, L 933 x LM 30630 11-1 -- 1800, control 1493 kg/ha; Pinto UI 114 x L 1717 1-2 -- 1767, Pinto UI 114 x L 897 3-1 -- 1753, Pinto UI 114 x L 897 5-3 -- 1713, control 1573 kg/ha; Pinto UI 114 x L 933 8-2 -- 2300, control 2133 kg/ha; L 933 x LM 30630 10-2 -- 1987, L 933 x L 30630 10-4 -- 1873, control 1653 kg/ha y L 915 x LM 30630 4-2 -- 2140, L 915 x LM 30630 4-4 -- 2053, control 1660 kg/ha. Las linajens con color de tegumento comercial serán colocadas en ensayos en las tres épocas de producción en el Estado de São Paulo. Todas las linajens avanzadas son inoculadas rutinariamente (mecánicamente) con el virus de mosaico común, y solamente las resistentes son mantenidas dentro del programa de mejoramiento de frijol de IAC. De este modo, el sistema de producción de semillas es fortalecido y la estabilidad en la producción de frijol es mantenida.

Porte de planta para la cosecha mecánica

Las evaluaciones son realizadas en campo con la selección de plantas con arquitectura de planta erecta, poseedores de guías cortas, medias o largas. Esto se realizará en todos los proyectos para resistencia a enfermedades, en todas las generaciones genéticas de las poblaciones evaluadas (F_2-F_6). De esta forma, las nuevas variedades IAC lanzadas para cultivo a partir de 1994, representan un mejor porte para la cosecha mecánica, destacándose la variedad IAC-Maravilha.

Ensayos preliminares y regionales de productividad y estabilidad de producción

La Tabla 1 presenta la productividad media de todas las linajens en las localidades de evaluación generalmente sembrados en el período de 1989 a 1993. Estos experimentos fueron considerados para la recomendación de las variedades IAC-Una, IAC-Maravilha, IAC-Bico de Ouro, IAC-Carioca Akytã, IAC-Carioca Aruã y IAC-Carioca Pyatã, recientemente lanzadas por el Instituto Agronómico (Tabla 2).

Digitized by Google

CONCLUSION

El Instituto Agronómico viene desarrollando investigaciones en el mejoramiento de frijol para el Estado de São Paulo y para el Brasil desde 1932, lanzado y recomendado para el cultivo, hasta el día de hoy, 27 variedades de frijol, en los últimos diez años fueron lanzadas seis nuevas variedades con resistencia múltiple a enfermedades, productividad elevada y porte de planta adecuado para la cosecha mecánica. De este modo el IAC viene contribuyendo para la agricultura Paulista y Brasilera, a través del programa de mejoramiento de frijol, con la obtención de variedades de elevada capacidad productiva, con resistencia múltiple a los principales patógenos y con porte adecuado para la cosecha mecánica.

Tabla 1. Productividades medias de granos (kg/ha) y número de ambientes entre parentesis que componen esta media, en las diferentes localidades y épocas de plantio (1989 - 1993). E1: 17 linajens y E2 y E3: 12 linajens.

Epoca/local	E1 = Experimento 1	E2 = Experimento 2	E3 = Experimento 3
SECA			
1. Capão Bonito	1900 (4)	1795 (4)	1722 (4)
2. Itaberá	1470 (3)	1331 (3)	1507 (2)
3. Itaí	2244 (1)	-	2091 (1)
4. Itararé	2231 (2)	2803 (1)	-
5. Mococa	1809 (2)	1833 (3)	1650 (3)
6. Paranapanema	1090 (2)	1307 (2)	1083 (2)
7. Pariquera-Açu	1393 (2)	1139 (2)	999 (1)
8. Riversul	1325 (1)	1132 (1)	1273 (1)
INVIERNO			
1. Aguai	1714 (3)	1850 (4)	1756 (4)
2. Pariquera-Açu	1562 (3)	1611 (3)	1821 (2)
3. Ribeirão Preto	2825 (4)	2537 (3)	2678 (4)
4. Vale Paraiba	1887 (3)	1832 (2)	1878 (3)
5. Votuporanga	2203 (4)	1996 (3)	1900 (3)
AGUAS			
1. Capão Bonito	2037 (3)	2097 (3)	2001 (3)
2. Itaberá	2887 (2)	2567 (2)	2666 (2)
3. Itaí	2109 (1)	2050 (1)	1777 (1)
4. Mococa	1766 (3)	1594 (3)	1540 (3)
5. Paranapanema	1839 (3)	2084 (3)	2092 (3)
6. Ribeirão Preto	1677 (1)	1663 (1)	1700 (1)

Digitized by Google

Tabla 2. Producciones medias de semillas de los cultivares IAC-Una (aguas, seca de 1990-92, invierno de 1989-92), IAC-Maravilha (aguas, seca y invierno de 1990-92), IAC-Carioca Aruã (aguas 1990-92, seca, invierno de 1990-93), IAC-Carioca Pyatã, IAC-Carioca Akytã, IAC-Bico de Ouro (aguas 1990-92, seca, invierno de 1989-93) y Carioca 80SH (IAC-Carioca), las principales regiones productoras del Estado, peso medio de cien semillas y teores medios de proteína.

Cultivar	Epoca de cultivo			Media general	A+B / 2	Peso 100 semillas	Tenor protéico promedio en las semillas
	Aguas (A)	Seca	Invierno (B)				
	----------kg/ha----------					g	%
IAC-Una	2.390	1.892	2.118	2.133	-	23,50	24,24
Carioca 80SH	2.236	1.703	1.91	1.95	-	22,80	24,11
IAC-Maravilha	2.075	4.592	2.231	1.966	-	24,47	28,30
Carioca 80H	2.313	1.51	2.003	1.942	-	22,71	24,63
IAC-Carioca Aruã	2.115	1.724	2.288	2.041	-	22,00	24,20
Carioca 80SH	2.308	1.53	2.138	1.967	-	22,71	24,63
IAC-Carioca Pyatã	2.381	2.073	2.247	2.234	-	25,55	25,12
IAC-Carioca Akytã	2.275	1.882	2.256	2.138	-	21,60	24,07
Carioca 80SH	2.169	1.57	2.101	1.947	-	22,90	23,60
IAC-Bico de Ouro	1.881	1.173	2.207	1.775	2.075	22,70	26,30
Carioca 80SH	2.169	1.57	2.19	1.976	2.179	22,90	23,60

REFERENCIAS

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1995. Bean program: annual report 1992. Working Document No. 147. CIAT, Cali, Colombia. 385 pp.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. 'Primer Taller Internacional sobre la Mancha Angular del Frijol Común'. ANAIS. CIAT, Cali, Colombia, 24-27 Nov/1995.

Ito, M.F., S.A.M. Carbonell, J.L. Castro, y C. Dudienas. 1995. A cultura de frijol e à mancha angular no Estade de São Paulo. In: 'Primer taller internacional sobre la mancha angular del frijol comum'. ANAIS. Cali, Colombia.

LSPA - Levantamento Sistemático de la Produção Agrícola. 1995. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Abril - 1995:1-35.

Maringoni, A.C., L.H. Fregorese, J.G. Tófolo, y C. Kurozawa. 1993. Reação foliar de frijol à *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* e transmissão da bacteria pela semilla. Fitopat. Bras. 18(3):412-415.

Pastor-Corrales, M.A.; O.A Erazo, E. Estrada, and S.P. Singh. 1994. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G2333. Plant Dis.78(10):959-62.

Pizan, N.R., E.A. Bulisani, y A.J. Berti. 1994. Feijão: zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o Estade de São Paulo. Boletim Técnico 218. CATI. 19 pp.

Digitized by Google

Pompeu, A.S., C. Dudienas, y M.F. Ito. 1992. Linajens de frijol resistentes ao hongo da antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) obtidas pelo uso des genes Mex 2 y Mex 3. Summa Phytopat. 18(3/4):220-226. 1992.

Rava, C.A., A.F. Purchio, y A. Sartorato. 1994. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algunas regiones productoras de frijol comum. Fitopat. Bras. 19(2):167-172.

Digitized by Google

784
30 ENE 1998

Avanços, Problemas e Perspectivas no Melhoramento Genético do Feijoeiro Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Pernambuco

Antonio Félix da Costa e Paulo Miranda
IPA , Recife (PE), Brasil

RESUMEN

Pernambuco cultiva apróximadamente 150 mil ha/año de frijol, distribuidos entre el Agreste seco y el Sertão irrigado. En IPA, a lo largo de 30 años, se lanzó once cultivares con resistencia a las principales enfermedades y con productividad elevada, capaces de atender las exigencias de un mercado productor/consumidor, cada una a su tiempo. Los desafíos, mientras tanto, son muchos. Además, hay mucho que hacer para introducir nuevos genes de resistencia a enfermedades y plagas que vienen sugiriendo y se van agravando año por año. La antracnosis y roya son ejemplos de enfermedades, cuyos patógenos tienen nuevas razas, venciendo la resistencia de los cultivares ya recomendados. La mayoría de los cultivares lanzados han presentado una resistencia moderada a mancha angular, sin embargo no fue posible identificar una buena fuente para la introducción de este caracter en variedades comerciales. Después de una continua búsqueda de soluciones para aumentar la productividad por vía del mejoramiento genético, un programa agresivo de producción y comercialización de semillas, junto a otras medidas, ha elevado la producción aproximadamente a 800 Kg/ha. Otros desafíos tienen que ser vencidos, un ejemplo es la resistencia o la tolerancia a altas temperaturas, la cual estamos buscando por medio de un riguroso proceso de selección genética. La combinación de estos problemas, con permuta constante de semilla por los agricultores, ha exigido del programa de mejoramiento de frijol de IPA la selección de nuevas líneas con adaptabilidad a diversas regiones productoras del Estado.

Pernambuco cultiva em torno de 150 mil ha/ano de feijão, distribuídos entre o Agreste seco e o Sertão irrigado. O IPA, ao longo de 30 anos, lançou onze cultivares com resistência às principais doenças e com produtividade elevada, capazes de atender as exigências do mercado produtor/consumidor, cada uma a seu tempo. Os desafios, no entanto, são muitos. Ainda há muito o que fazer para introduzir novos genes de resistência a doenças e pragas que vêm surgindo ou se agravando ano após ano. A antracnose e a ferrugem são exemplos de doenças, cujos agentes ressurgem na forma de novas raças, vencendo a resistência de cultivares já consagradas. A maioria das cultivares lançadas tem apresentado uma resistência moderada à mancha angular, porém, ainda não foi possível identificar uma boa fonte para introdução desse caráter às variedades comerciais. Além da busca incessante de soluções para se aumentar a produtividade via melhoramento genético, um programa agressivo de produção e comercialização de sementes, junto a outras medidas, tem elevado-a a patamares próximos dos 800 Kg/ha. Outros desafios têm que ser vencidos, a exemplo da resistência à seca e a tolerância a altas temperaturas, o que vem sendo buscado por meio de um rigoroso processo de seleção genética. A união desses problemas, aliada à constante permuta de sementes pelos agricultores, tem exigido do programa de melhoramento de feijão do IPA a seleção de novas linhagens com adaptabilidade às diversas regiões produtoras do Estado.

Digitized by Google

AVANÇOS

No Estado de Pernambuco são cultivados em média 150,000 hectares de feijão comum, sendo 15% no sistema irrigado e 85% no sistema de sequeiro, com uma predominância de cultivo pelos pequenos produtores. Esses produtores, até 1964, quase não recebiam nenhuma orientação técnica sobre a cultura do feijoeiro comum. O Instituto de Pesquisas Agronômicas - IPA, na época, sentiu a necessidade de proporcionar melhores condições ao produtor de feijão comum e lançou, em 1964, um ensaio de competição de cultivares, onde foi observado que a "ferrugem" (causado por *Uromyces phaseoli*) era a doença de maior expressão econômica no Estado de Pernambuco. Esse resultado estimulou os técnicos do IPA a iniciarem um programa de melhoramento genético, visando a obtenção de variedades resistentes às principais pragas e doenças, consequentemente com maior produtividade.Em 1966, foram efetuados os primeiros cruzamentos com o objetivo de se obter linhagens com melhor produtividade e com resistência à "ferrugem". Em 1974, foi lançada a primeira cultivar de feijão, tipo mulatinho, desenvolvida pelo IPA, oriunda do cruzamento entre as cultivares "Costa Rica" x "L.3-0-50", com resistência à "ferrugem" e ao mosaico comum, denominada IPA 74-19 (Miranda et al., 1979; Miranda et al., 1983a). Essa cultivar se expandiu rapidamente pelo Nordeste, atingindo cerca de 90% de toda a área plantada com feijão em Irecê, Bahia, em 1980. Em 1978, foi lançada a cultivar IPA-1, desenvolvida pelo IPA, originada do 5_ retrocruzamento entre as cultivares "Costa Rica", de grãos pretos, como pai recorrente, e "L.3-0-50", sendo a nova cultivar de cor mulata, moderadamente suscetível à ferrugem, moderadamente suscetível à antracnose (causada por *Colletotrichuum lindemutianum*), moderadamente resistente à mancha angular e ao "mela" (causada por *Thanateforus cucumeris*) (Miranda e Costa, 1983a). Em 1980, o IPA lançou a cultivar IPA-2, oriunda da mistura em partes iguais de cinco linhagens do cruzamento entre as cultivares "Costa Rica" x "L.3-0-50", apresentando resistência à "ferrugem" e moderadamente suscetível à mancha angular e ao "mela" (Miranda e Costa, 1983b). Em 1981, foi lançada a cultivar IPA-3, oriunda da mistura em parte iguais de quatro linhagens, selecionadas do cruzamento entre as cultivares "Costa Rica" x "L. 3-0-50" (Miranda et al, 1983 b), com cor mulata e moderadamente resistente à "ferrugem", antracnose e mancha angular, e tolerante à seca. Ainda no mesmo ano, foi lançada a cultivar IPA-5, desenvolvida pelo IPA, oriunda da mistura, em partes iguais, de cinco linhagens selecionadas do cruzamento entre as cultivares (Rim de Porco x Rico-23) x (Costa Rica x L.3-0-50) (Miranda et al., 1983c), com os grãos de cor mulata e resistente à "ferrugem", moderadamente resistente à antracnose e moderadamente suscetível à mancha angular, e tolerante à seca. Em 1985, o IPA lançou a cultivar IPA-6, originada do cruzamento entre as cultivares "Rico-23" x "Gordo" (IPA, 1986), tendo a cor dos grãos mulata, apresentando resistência à "ferrugem" e à antracnose, e moderadamente resistente à Mancha Angular. Esta cultivar teve boa aceitação em vários Estados brasileiros, porém em Pernambuco ela foi logo retirada da lista de recomendações por ser suscetível ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli,* que passou a constituir sério problema à cultura do feijão, nesse Estado, desde o início da década de 80 (Costa, et al., 1982a).

Em 1989, foi lançada a cultivar IPA-7, oriunda da mistura de quatro linhagens do cruzamento entre as cultivares HF-465-63-1 x Vagem Roxa - T2 (IPA, 1990a), com resistência à murcha de *Fusarium* e tolerante a altas temperaturas. Esta cultivar foi recomendada para a região do Sub-Médio São Francisco, onde a temperatura máxima atinge a 38°C nos plantios de agosto e setembro, sendo plantada até esta data. Em 1990, a cultivar IPA-8 foi lançada, sendo originada do cruzamento

Digitized by Google

entre as cultivares "Costa Rica" x "Manoa Wonder" (IPA, 1990b), com grãos mulatos e apresentando resistência genética à murcha de *Fusarium*, ferrugem e à antracnose, constando até o momento da lista de recomendação para vários Estados do Nordeste. Em 1992, foi laçada a cultivar IPA-9, de grãos mulatos, oriunda da linhagem 82-PVBZ-1783, obtida do cruzamento entre as cultivares XAN-105 x ENGOPA-201- Ouro (IPA, s.d.a), realizado no CIAT, Colômbia, tendo sido testada e selecionada pelo IPA, apresentando resistência à murcha-de-fusarium, "ferrugem e antracnose. Continua na lista de recomendação de cultivares em Pernambuco e em outros Estados.

Ainda em 1992 foi lançada a cultivar BR-IPA-10, de grãos pretos, oriunda do cruzamento entre as cultivares (Porrillo Sintético x Ica Bunsi) x (LTN.32-Pijao x Turrialba), obtido no CNPAF/EMBRAPA (IPA,s.d.b) e selecionada pela IPA. Essa cultivar apresenta resistência à murcha de *Fusarium*, "ferrugem" e antracnose, sendo constituída pela linhagem conhecida pela sigla LM-20445 (CNF-4681). Após quatro anos do seu lançamento, neste ano, foram encontrados campos onde as plantas se encontravam com elevado índice de infecção pelo fungo da antracnose. Tem tido boa aceitação nos municípios de São João, Calçados, Lajedo e Garanhuns, Região do Agreste Meridional do Estado, com tradição no cultivo do feijão preto, continuando na lista de recomendação para Pernambuco.

Em 1994, foi lançada a cultivar BR-IPA-11- BRIGÏDA (EMBRAPA - Serviço de Produção de Sementes Básicas, s.d.), tipo carioca, oriunda de uma mistura proporcional de 1:1 das linhagens A 281 e A 285, obtidas por intermédio do programa de melhoramento do CIAT, tendo sido introduzidas no Brasil pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, CNPAF/EMBRAPA, e selecionadas em IPA. As linhagens A 281 e A 285 são oriundas do cruzamento entre as cultivares Carioca x Rio Tibagi, as quais formam o IPA-11, com resistência à murcha de *Fusarium*, ferrugem, antracnose, mosaico comum, e moderadamente resistente à mancha cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*) e a bacterioses, além de apresentar tolerância à seca e a altas temperaturas. Continua na lista de recomendação, com boa aceitação entre os agricultores , produtores de feijão que a cultivam no sistema de sequeiro, sistema irrigado em temperatura normal e no sistema irrigado em altas temperaturas.

PROBLEMAS

A cultura do feijão comum tem grande influência social no Nordeste, pois o grande número de agricultores que a cultiva o fazem, não somente como meio de subsistência, mas, sobretudo, para atender ao mercado consumidor. A região produtora de feijão em Pernambuco está concentrada no semi-árido, cuja característica é a irregularidade na distribuição pluviométrica, que surge como um dos principais problemas para a cultura.

Muitos têm sido os problemas para a produção em níveis adequados do feijão comum no Estado de Pernambuco, sendo, portanto, necessário buscar soluções alternativas para amenizar essas dificuldades. O melhoramento genético será uma alternativa mais viável para alcançar esses objetivos. As altas temperaturas no Nordeste, e particularmente no Sub-Médio São Francisco, provocam o abortamento das flores, com conseqüência direta na produção de grãos, necessitando-se de cultivares que sejam tolerantes às altas temperaturas.

Os recursos financeiros são limitados e insuficientes para o desenvolvimento de um programa que atenda a todas às necessidades da cultura. A equipe do programa feijão do IPA não possui um número adequado de pesquisadores, sendo necessária a formação de um grupo multidiciplinar, com

Digitized by Google

envolvimento de melhoristas de plantas, fisiologistas, fitosanitaristas e de biologista molecular. Há deficiência de mão-de-obra para a execução dos trabalhos experimentais em todas as Estações Experimentais, sendo necessária a contratação de pelo menos 10 operários rurais, a serem distribuídos nas diversas unidades, onde estão localizados os trabalhos com feijão.

Necessitam-se de fontes de resistência que contemplem todas as raças dos fungos da antracnose e da ferrugem existentes no Estado, que por sua vez não estão ainda de todo identificadas. Necessitam-se, também, de fontes de resistência à murcha cinzenta do caule, mancha angular, mofo branco (causada por *Sclerotinia sclerotiorum*) e mela, uma vez que essas doenças também ocorrem com certa freqüência no Estado de Pernambuco, causando prejuízos à produção de grãos.

Doenças Mais Problemáticas

Na cultura do feijão comum em Pernambuco, as principais doenças que causam perdas à produção de grãos são a murcha de *Fusarium* (Costa et al, 1982a; Costa et al, 1982b), que pode atingir um índice de perdas na produção de grãos em mais de 55%; a ferrugem, que ocorre em todo o Estado, provocando perdas da ordem de 45% (Costa e Miranda, 1982; Costa et al, 1982b); a antracnose, que ocorre nas épocas e regiões mais frias, e com alta umidade relativa, causa perdas em torno de 45%; a mancha angular, que ocorre quando se verifica alternância de baixa e alta temperatura, e alta umidade relativa, proporcionando perdas da ordem de 35%; o mosaico comum, que surge em todos os plantios de feijão, feitos com variedades suscetíveis, proporcionando perdas de aproximadamente 60%; a mancha cinzenta do caule, que ocorre com maior freqüência durante as estiagens prolongadas, ocasionando perdas em torno de 50%; bacterioses, que têm ocorrido em menor escala mas, capaz de proporcionar perdas à produção em torno de 30%; o mela, que ocorre eventualmente nos anos de maior precipitação pluviométrica, causando perdas elevadas na produção de grãos, dependendo da severidade da doença; outras viroses, como o mosaico anão e o mosaico dourado; outros fungos, de solo, como Sclerotium, Rhizoctonia e Pythium (Costa et al, 1982b).

Pragas

As pragas que mais afetam a cultura do feijão em Pernambuco são a cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*), que ocorre em todo o Estado, causando perdas que podem chegar até a 90%; a larva arame (*Conoderus spp*), surgida mais recentemente, podendo ocasionar perdas da ordem de 100%; e mosca branca (*Bemisia argentifolli*), surgida recentemente, que tem causado sérios prejuízos à cultura, cujas perdas não foram ainda avaliadas.

Recursos Genéticos

O IPA, por meio do seu trabalho de melhoramento genético, para cobrir toda essa gama de patógenos e outras características, produz suas próprias linhagens, oriundas de cruzamentos entre materiais locais, como também tem recebido materiais genéticos, em diversas gerações, do CNPAF, em torno de 350 linhagens, como também do CIAT, em torno de 1.480 linhagens.

Digitized by Google

DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES MELHORADAS E PRODUTIVIDADE

O IPA tem executado um trabalho de difusão de cultivares em todo o Estado, com bons resultados, já refletindo na média de produção da região do Agreste, área de maior concentração de *Phaseolus*. A semente melhorada, fornecida pelo IPA, atende hoje a cerca de 20% das necessidades do Estado, com uma produtividade em torno de 45% superior às cultivares locais, sem considerar a semente melhorada produzida pelo próprio agricultor e usada em seus plantios. A produtividade média de 10 anos (1984 - 93), no Agreste Meridional, foi de 342,1 kg/ha, que, comparada à de uma estimativa feita para 1996, de 784,9 kg/ha, correspondendo a um incremento da ordem de 442,8 kg/ha na média local. Os dados de 1984 a 1993 são do IBGE e os de 1996 foram obtidos por um levantamento efetuado pelos técnicos da EMATER/PE (Coord. Garanhuns e Lajedo).

PERSPECTIVAS

Produtividade

Nos últimos anos, com a incorporação das atividades de produção de sementes e mudas, intensificou-se a multiplicação e distribuição de sementes de variedades criadas pelo IPA. Se anteriormente tinha-se como 3 a 5% o uso de sementes melhoradas de feijão pelo produtor do Estado, hoje estima-se em 25%, o que representa um ganho considerável. Isso tem feito com que a produtividade média de feijão, senão a nível estadual, pelo menos em determinadas regiões produtoras, tenha-se elevado a níveis próximos dos 780 Kg/ha, conforme levantamento realizado pelo serviço de extensão, no Agreste Meridional.

A partir de 1996, serão melhorados os canais de distribuição de sementes, ora realizada pela extensão rural, passando a ser comercializada por sindicatos, associações, cooperativas, prefeituras, dentre outras entidades, com propósito de se atingir um maior universo de produtores. Por outro lado, a Secretaria de Agricultura, tendo à frente um técnico originário da pesquisa, e o IPA estão implantando um conjunto de medidas, como distribuição de inoculantes, serviço de análise de solo, orientação técnica de fertilidade e manejo de solos que, juntas, contribuirão ainda mais para um aumento da produtividade do feijão em Pernambuco, num futuro próximo.

O incremento da produtividade via melhoramento genético é uma meta ainda a ser perseguida com toda intensidade.

Novas raças/novos genes

Desde o lançamento da primeira variedade de feijão, IPA 74-19, muito se tem trabalhado, visando a incorporação de novos genes de resistência às principais doenças, porém, não raro, essas variedades apresentam-se suscetíveis a uma determinada enfermidade, alguns anos após o seu lançamento. Isso ocorre principalmente com a ferrugem e a antracnose, a despeito do rigor no processo de seleção. Em razão disso, torna-se imperioso um levantamento periódico das raças dos agentes dessa doença, para se reorientar o programa de melhoramento, no sentido de se incorporar novos genes que confiram resistência a essas novas raças. Para isso, novas fontes precisam ser incorporadas ao programa, sejam de origem local ou oriundas de outras instituições, para que as linhagens a serem futuramente selecionadas possam constituir variedades cada vez mais produtivas.

Digitized by Google

Tolerância à seca/altas temperaturas

A cada ano os fatores ambientais vêm exercendo influência decisiva na condução da cultura do feijoeiro comum, no semi-árido nordestino, tendo como principal fator a escassez ou irregularidade da precipitação pluviométrica. Exemplo disso tem sido o período de longa estiagem 1991-93, associado a diferentes temperaturas, ou mesmo a distribuição pluviométrica do corrente ano, no Agreste pernambucano, com chuvas fracas e descontínuas. As áreas de culturas irrigadas do Sertão, sejam do São Francisco ou de outras áreas irrigadas do Nordeste, apresentam temperaturas elevadas especialmente no segundo semestre, quando da liberação das áreas com a retirada da cultura da cebola. Esse fato tem dificultado o cultivo daquelas cultivares selecionadas para as épocas normais de plantio.

Por outro lado, as cultivares selecionadas, indicadas para regiões específicas do Agreste ou Sertão, por sua especificidade em clima, solo ou incidências de doenças são permutadas pelos próprios produtores, acarretando queda na produção, descrédito na instituição de pesquisa e outras conseqüências. Essas e outras dificuldades têm incentivado o programa de melhoramento a redirecionar o seu processo de seleção para novas linhagens, procurando liberar aquelas que apresentem características de ampla adaptabilidade, que, portanto, possam ser cultivadas no Sertão ou Agreste, em regime solteiro ou consorciado, com temperatura normal ou no sistema irrigado com altas temperaturas. Além dessas exigências, a parceria com o agricultor no estágio final do processo de seleção tem sido e será, cada vez mais, fundamental para o sucesso do programa.

REFERENCIAS

Costa, A.F. da , e P.Miranda. 1982. Indices de prejuízos em diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) causados pela ferrugem (*Uromyces phaseoli* var. typica ARTH) em Pernambuco. p. 280-282. *In* Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1, Goiânia, 1982. Anais.... Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. Resumo.

Costa A.F. da, M. Menezes, e P. Miranda. 1982a. Ocorrência de *Fusarium oxysporum* Schlecht.f. sp. phaseoli Kendrick e Snyder em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Pernambuco e Alagoas. p. 282-284. *In* Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1, Goiânia, 1982. Anais.... Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. Resumo.

Costa, A.F. da, P. Miranda, e R.C. Mafra. 1982b. Levantamento e estudo das principais doenças do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) no Estado de Pernambuco. p. 278-8. *In* Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1, Goiânia, 1982. Anais.... Goiânia, EMBRAPA-CNPAF. Resumo.

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, (Recife, PE). 1986. Feijão IPA-6. p. 27-28. *In* Cultivares Recomendadas pela Empresa IPA Pernambuco. Recife.

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 1990a. (Recife, PE). IPA-7 - Cultivar de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), tolerante a altas temperaturas. Recife. 1p. (IPA- Divulga, 36).

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 1990b. (Recife, PE). Cultivar IPA-8 - Variedade de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) recomendada para plantio consorciado com a cultura do milho, na região dependente de chuvas. Recife. 1p. (IPA-Divulga, 33).

Digitized by Google

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. (Recife, PE). IPA-9, cultivar de feijão mulatinho lançada pelo IPA. Recife. s.d. a 1p.

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. (Recife, PE). BR-IPA-10, feijão comum de cor preta adaptado às condições climáticas do Estado de Pernambuco. Recife, s. d. b 1 p.

EMBRAPA. Serviço de Produção de Sementes Básicas (Brasilia, DF). BRIGIDA-BR-IPA-11, nova cultivar de feijão. Brasilia. s.d. n. p.

Miranda, P., e A.F. da Costa. 1983a. Cultivar de feijão para o Agreste Meridional, Vale do Ipojuca e Submédio São Francisco. p. 78. *In* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento Técnico Cientifico, Brasilia, DF. Síntese; Tecnologia gerada pelo sistema EMBRAPA, Brasilia.

Miranda, P., e A.F. da Costa. 1983b. Cultivar de feijão para o Submédio São Francisco - Pernambuco. p. 79. *In* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento Técnico Cientifico, Brasilia, DF. Síntese; Tecnologia gerada pelo sistema EMBRAPA, Brasilia.

Miranda, P., A.F. da Costa, I. Ferraz, e M.C. Gonçalves. 1983b. Cultivar de feijão para o Agreste Meridional, Vale do Ipojuca e Submédio São Francisco - Pernambuco. p. 81. *In* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento Técnico Cientifico, Brasilia, DF. Síntese; Tecnologia gerada pelo sistema EMBRAPA, Brasilia.

Miranda, P., A.F. da Costa, I. Ferraz, e M.C. Gonçalves. 1983c. Cultivar de feijão para a região do Agreste de Pernambuco. p. 80. *In* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento Técnico Cientifico, Brasilia, DF. Síntese; Tecnologia gerada pelo sistema EMBRAPA, Brasilia.

Miranda, P., R.C. Mafra, e E. de B. Correia. 1983a. Cultivar de feijão para o Submédio São Francisco Pernambucano. p. 70. *In* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento Técnico Cientifico, Brasilia, DF. Síntese; Tecnologia gerada pelo sistema EMBRAPA, Brasilia.

Miranda, P., R.C. Mafra, E. de B. Correia, e M.A. de Queiroz. 1979. "IPA-74-19"uma nova variedade de feijão "mulatinho" (*Phaseolus vulgaris* L.) para Pernambuco. Pesq. Agropecuária Pernambucana - Recife, 3(1): 105-111,1979.

Digitized by Google

785
30 ENE

Logros, Problemas y Perspectivas del Mejoramiento de Fréjol en Bolivia

T. Anzoátegui y J. Ortubé
Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno", Santa Cruz, Bolivia

RESUMEN

En el departamento de Santa Cruz, Bolivia el cultivo de fréjol está tomando importancia desde el punto de vista; técnico, social y económico, esto debido al apoyo de organismos que tienen entre sus planes el fomento al cultivo y consumo, además de la aceptación de los productores y exportadores por este rubro quienes consientes del acelerado desgaste del recurso suelo, por el excesivo monocultivo de gramíneas, se han preocupado en introducir en su finca este cultivo en la época invernal (llanos orientales) y en verano (vallas interandinos), estableciendo de está manera un sistema de producción orientado a la sostenibilidad de sus recursos y de la seguridad alimentaria. La metodología de la introducción y selección de variedades mejoradas a partir de germoplasma del CIAT, Colombia, han dado ejemplos exitosos del impacto de variedades. El éxito mas grande estuvo en el lanzamiento de los fréjoles con Coca, Mairana obtenido a partir de la línea A686 del CIAT; Mantequilla Mairana, que no es otro que el A295 que dio origen a la variedad EMGOPA 201 OURO, en Brasil, fue otra de las variedades difundidas. Un fréjol de tipo Andino, el rojo Oriental, obtenido a partir de la línea del CAT, PVA-773 es quizás no solo el primer fréjol de grano rojo lanzado en Bolivia, sino es un índice que el fréjol se consolidó en Santa Cruz como un producto de consumo. Durante el proceso de evaluación de materiales, muchos de estos se consideraron como buenos solo en ambientes de valles, los cuales tuvieron que ser descartados por considerarse no perfectas y no recomendables a un amplio rango de condiciones climáticas y a la variabilidad de las razas fisiológicas de los patógenos. En la actualidad se pretende aprovechar el conocimiento del mero enfoque de obtención de variedades a partir de la identificación de los principales problemas limitantes que afectan la producción de fréjol, por esto, se ha visto necesario la creación de un segundo método de obtención de variedades, sustentado en la hibridación para obtener variedades ya no de amplia adaptación, sino más bien recomendar un conjunto de variedades aptas para zonas de producción específicas.

LOGROS ALCANZADOS

Desde la creación del programa Fréjol en la U.A.G.R.M. de Santa Cruz, Bolivia, se han evaluado aproximadamente 1500 líneas de fréjol a través del método de introducción y selección.

Esto empezó en 1983, hasta la fecha se han liberado 15 variedades comerciales que estuvieron y están actualmente algunas de ellas usadas por los agricultores que trabajan con este cultivo.

La obtención y adopción de nuevas variedades de fréjol mejoradas en sus caracteres morfo-fisiológicos de rendimiento, y resistencia/tolerancia a factores ambientales adversos al cultivo, ha permitido en diferentes zonas de la región, incremento y estabilización, lo mismo que la incorporación de nuevas áreas a la producción. Las evaluaciones de materiales correspondieron a materiales nacionales e introducidos provenientes del centro internacional de Agricultura tropical, resolviendo algunos de los problemas de la producción con las variedades tradicionales y garantizando con estas variedades además de estabilidad, mayor diversificación en la producción respecto a las variedades tradicionales.

La participación de los agricultores en la calificación y selección de materiales desde la fase experimental a partir de 1989 ha sido un factor clave para el éxito de los últimos años, al entregarle el material genético desde la segunda fase de evaluación (F_9) a las diversas organizaciones

Digitized by Google

interesadas, para su cultivo por los mismos agricultores como integrantes del proceso de selección de variedades; como resultado se tiene la identificación de 3 variedades de gran impacto en el país y que han sido liberadas de manera comercial.

Los materiales que se destacan son de tipo arbustivo denominados Carioca Mairana de color crema rayado, Mantequilla Mairana de color amarillo, y la variedad Rojo Oriental de grano grande y color rojo moteado.

Sin embargo también es importante hacer conocer que las últimas variedades seleccionadas fueron las que sobresalieron de un conjunto de 90 líneas experimentales, de las cuales muchas fueron descartadas por no presentar adaptación amplia, es decir mostrándose materiales con alto potencial de rendimiento, resistencia a las principales plagas, buena arquitectura de planta, pero no fueron seleccionadas por no presentar estabilidad en diferentes ambientes.

PROBLEMAS LIMITANTES

El fréjol en sus inicios presenta serias limitaciones que impidieron una buena producción. Entre estos factores están los agronómicos causantes de desiguales niveles de productividad, por falta de variedades mejoradas baja disponibilidad de semilla de calidad y el ataque de plagas de importancia económica y la deficiencia hídrica durante el ciclo del cultivo (Ortubé y Anzoátegui 1995)

Considerando que actualmente el fréjol constituye un cultivo de importancia en la agricultura del país y ello con lleva factores que atentan contra la productividad, que deben ser resueltos para asegurar estabilidad en la producción de fréjol, tales como la irregularidad en la disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo, estrecha adaptabilidad de materiales pese a mostrar buen potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades, así mismo se ha encontrado que ya en zonas fréjoleras de producción hay problemas virósicos dando a entender que las variedades disponibles no tienen la resistencia necesaria a dicho factor; de igual manera con algunas enfermedades fungosas como la mancha angular.

PERSPECTIVAS FUTURAS DEL MEJORAMIENTO GENETICO

En los últimos cinco años, y con el apoyo del proyecto de Frijol para la zona andina del CIAT, Colombia, el programa Fréjol en Bolivia, ha ampliado la variabilidad genética de está leguminosa, introduciendo variedades de mejores características agronómicas y de mayor rendimiento.

El objetivo a corto y mediano plazo es encontrar nuevos materiales que satisfagan sus necesidades de los agricultores y exportadores.

El interés mostrado por los productores, indican que para los próximos años el incremento de la superficie será mayor. Este notable incremento está acompañado con el aumento paulatino del consumo del grano, gracias a la labor que están desarrollando las organizaciones nacionales en promover el consumo, a través de campañas de fomento.

Pero sin embargo, consientes de que las variedades entregadas a los agricultores no presentan soluciones completas a los diferentes factores limitantes de la producción en las que se encuentran las áreas productoras de fréjol, el programa nacional, ha considerado por conveniente, establecer dentro de las estrategias futuras sobre el cultivo, la implementación y desarrollo de un programa de

Digitized by Google

hibridación, debido a que no es posible obtener dentro de una población introducida o importada individuos apropiados para resolver el factor o factores que están limitando la producción del cultivo (Lépiz R. 1995). Esto con el apoyo técnico y de material genético del Programa de Mejoramiento del Centro Internacional de Agricultura Tropical en la selección de segregantes favorables y que respondan a las exigencia del agricultor.

REFERENCIAS

Ortube F.J., y L.T. Anzoátegui. 1995. Variedades mejoradas de fréjol arbustivo para los llanos Orientales y Valles interandinos. U.A.G.R.M. I.I.A. El Vallecito. 16 pp.

Lepiz, R. 1995. Sugerencias para la creación de mejoramiento genético en Bolivia. Proyecto regional de fréjol para la zona andina.

Digitized by Google

33786
30 ENE 1998

Logros del Programa Nacional de Investigación en Mejoramiento y Tecnología del Cultivo de Poroto de Argentina

Susana García Medina y Viviana Failde de Calva M.
INTA, Salta , Argentina

RESUMEN

Se reseña la labor interdisciplinaria realizada a lo largo de diez años, por el Equipo de Legumbres Secas del INTA. La gran expansión del cultivo de poroto, en las décadas del '70 y '80 hacia áreas extensivas, con sistemas tradicionales, ocasionó degradación bioambiental y pérdidas de productividad y calidad. El objetivo desde 1987, fue desarrollar al cultivo en el nuevo sistema, con criterio de sustentabilidad para el NOA y aumentar la competitividad argentina en los mercados. Esto se logró a través del aumento de la diversidad genética dentro y entre tipos comerciales, la tecnología para optimizar el uso de estas variedades con mínimo impacto ambiental y menor riesgo productivo y por último, el desarrollo de tecnología de producción de semilla y su difusión. Desde 1990 se liberaron 11 variedades en seis tipos comerciales, con su tecnología de manejo, se desarrolló la modalidad de cosecha directa y se contribuyó a concretar un esquema de certificación de semilla a escala comercial. En conclusión, se aportó tecnología para un sistema extensivo adaptado al NOA, posibilitando la expansión del área de producción a través de la diversidad genética; se disminuyeron los costos de producción por aumento de la sanidad y rusticidad de las nuevas variedades y la implementación de la cosecha directa; llevando por fin a un aumento de la productividad del cultivo en un 25% promedio, en los últimos cuatro años. Hoy, en poroto negro, las variedades de INTA ocupan un 87% del área de producción de ese tipo a tan sólo un año de su liberación, las de poroto blanco han llegado a ocupar un 5% del área correspondiente. En "carioca", "blanco pequeño", "rosado" y "crema moteado" las únicas variedades comerciales son también fruto de este programa. Esto ha sido posible gracias al aumento del uso de semilla certificada, pasando de una oferta de 50 TM de una sola variedad hasta 1990, a 750 TM en la última campaña, de nueve cultivares.

En 1986, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, manifestó la firme decisión de desarrollar la labor de investigación que permitiera brindar soluciones a la compleja problemática que enfrentaba el sector de producción de porotos del noroeste argentino (NOA). Es así como en 1987 se conforma el Equipo de Legumbres en la Estación Experimental Salta, afianzando la labor de mejoramiento que ya se realizaba conjuntamente con el INTA Leales, de la provincia de Tucumán y complementándola con la temática de tecnología de cultivo y mecanización.

La producción argentina tuvo un aumento explosivo, con ampliación de la frontera agropecuaria, hacia áreas extensivas en las décadas del '70 y '80. Esta se caracterizó por el desmonte del Umbral al Chaco, donde el poroto ha sido el cultivo pionero, motor de la expansión agrícola del NOA. Con el pasar del tiempo comienza el deterioro bioambiental, por erosión de suelo, aparición de plagas y agentes fitopatógenos que afectan seriamente la actividad porotera ocasionando pérdidas de productividad y calidad.

La tecnología "rudimentaria", empleada hasta fin de los años '60, se adecuaba a superficies no mayores de 50 ha en la zona sur de la provincia de Salta, caracterizada agroecológicamente como piedemonte andino, de clima templado húmedo. En este contexto, la producción era estable y no se presentaban problemas agronómicos importantes. El pasaje abrupto de pequeñas fincas a grandes explotaciones en una zona subtropical, ocasionó un cambio muy brusco en el contexto productivo y obligó a transformar este cultivo de características intensivas en uno extensivo de granos. La labilidad ambiental sumada a la falta de diversidad genética y tecnología adecuada, llevó a limitar

Digitized by Google

severamente las posibilidades del cultivo en determinadas zonas. En ese momento la demanda de tecnología superaba ampliamente a la oferta, generándose la necesidad de enfocar el cultivo en el nuevo sistema, con criterio de sustentabilidad para las distintas regiones agroecológicas del NOA y aumentar asimismo la competitividad argentina en los mercados externos.

El objetivo principal fue desarrollar al cultivo dentro del sistema extensivo de grano, con criterio de sustentabilidad, adaptado a las condiciones agroecológicas del NOA. Las metas parciales para el cumplimiento del mismo fueron: 1) Creación de variedades en distintos tipos comerciales, teniendo en cuenta fundamentalmente adaptación (amplia o específica), tolerancia a enfermedades y plagas, arquitectura apta para cosecha directa y precocidad; 2) Generación de tecnología para optimizar la expresión genética de las variedades, con menor impacto ambiental y riesgo productivo; 3) Desarrollo de un sistema de cosecha directa; y 4) Implementación de normas de manejo para la producción de semilla de alta calidad, valoración de su uso y difusión.

METODOLOGIA

Teniendo en cuenta que, en organismos como el INTA, la misión principal es la de inducir el cambio tecnológico, a través de la transferencia y adopción de tecnología, es que se promovió la formación e integración de un grupo interdisciplinario. Esto se constituyó como una manera operativa de lograr la consolidación de un proceso de generación y extensión al sector agropecuario frente a la dinámica de los cambios y las múltiples interacciones de factores que sobre él actúan. En investigación, se desarrollaron líneas de trabajo, englobadas en dos temáticas principales, mejoramiento y tecnología. El mejoramiento incluyó: 1) Introducción: selección de líneas superiores y progenitores, provenientes de viveros internacionales de CIAT; 2) Hibridación: selección de poblaciones y líneas superiores en un programa conjunto para los tipos tradicionales, blanco, rojo y negro; con el INTA de Leales, Provincia de Tucumán, con cruzas en ambos sitios y selección sucesiva y complementaria.

Bajo la metodología de interacción genotipo-ambiente, en las distintas zonas agroecológicas, se realizó la selección de germoplasma en base a: 1) Alto potencial de rendimiento, adaptación y estabilidad; 2) Calidad comercial en tamaño, color, forma y brillo del grano; 3) Tolerancia a las enfermedades limitantes de bacteriosis, hongos y virosis, de acuerdo a la zona agroecológica; 4) Ideotipo de planta para cosecha directa, erecta, ramificación compacta, inserción alta de vainas, vainas cortas, indehiscencia de vainas y resistencia al vuelco; con maduración uniforme; y 5) Calidad culinaria e industrial: tiempo de remojo y cocción.

La tecnología de cultivo incluyó: 1) Manejo de cultivo; 2) Siembra de ensayos bioecológicos de época y densidad en línea de preinscripción; 3) Caracterización productiva de líneas promisorias: fenología de los estados reproductivos; 4) Protección vegetal incluyendo, control de malezas, enfermedades y plagas; 5) Sistema de cosecha directa incluyendo, adaptación de maquinaria, y reducción del daño mecánico en trilla; y 6) Tecnología de semilla, la cual incluye rotaciones, calendario de riego, tratamientos fitosanitarios, fisiología y calidad, manejo de cosecha y acondicionamiento.

En experimentación se utilizó, como complemento de la evaluación estandarizada en microparcelas, la metodología de macroparcelas en finca de agricultores. Esto permite confirmar en un nivel más cercano a la realidad productiva, las ventajas de las líneas promisorias por adaptación local en días de campo. La difusión se constituyó en el último eslabón de la labor,

Digitized by Google

realizándose días de campo, jornadas de actualización, conferencias, cursos y la utilización con periodicidad, de medios masivos de comunicación como revistas, radio, televisión, tanto de alcance regional como nacional. En determinados temas, se trabajó en forma conjunta con universidades nacionales y organismos internacionales.

RESULTADOS

A lo largo de esta década se inscribieron once cultivares, de los cuales ocho provienen del programa de introducción y selección de líneas avanzadas, mientras que los tres últimos de los tipos blanco y negro, son fruto de la hibridación y selección de poblaciones segregantes. En 1990 se liberan las cuatro primeras variedades, ABA 2 INTA, tipo alubia, XAN 112 INTA y NAG 12 INTA, tipo negro y CANELA INTA, tipo blanco pequeño. Atendiendo al objetivo de diversificación, se liberan en 1993, PAULINA INTA del tipo carioca; en 1994, CAMILO INTA en negro y CORAL INTA en el tipo rosado. Además PALOMA y PERLA INTA en el tipo alubia. En el último año, 1995, surgen CAMBA INTA en negro y OVERITO INTA en crema moteado. De todas estas variedades, nueve son las que están dentro del esquema de certificación de semilla, ya que tanto ABA 2 como XAN 112 fueron reemplazadas por nuevos cultivares dentro de su tipo comercial.

Otro de los logros alcanzados fue desarrollar normas de manejo de cultivo que permiten la expresión óptima de estas variedades, con mínimo impacto ambiental y menor riesgo productivo. Dentro de éstas se pueden mencionar ajuste de época y densidad de siembra, manejo integral de los factores limitantes y conocimiento de los estados fenológicos de cada cultivar.

Debido a la acción conjunta con el mejoramiento, se lograron ideotipos aptos para trilla directa en blancos y negros. Paralelamente se elaboraron pautas de manejo del cultivo apropiado para este sistema, especialmente en control de malezas y se diseñó el prototipo para la modificación de la plataforma y otras partes de la cosechadora. Se desarrolló la tecnología de cultivo para la producción de semilla, tanto para la producción propia como así también para contribuir a la difusión de los nuevos cultivares dentro de un esquema legal de certificación.

CONCLUSIONES

El avance producido permitió revertir la situación anterior, siendo en la actualidad la oferta tecnológica más amplia que la demanda. Se aportó conocimiento agronómico para un sistema extensivo adaptado al NOA, posibilitando la expansión del área de producción a través de la diversidad genética; se disminuyeron los costos de producción por aumento de la sanidad y rusticidad de las nuevas variedades y la implementación de la cosecha directa, llevando por fin a un aumento de la productividad del cultivo en un 25 % promedio, en los últimos cuatro años.

Hoy, en poroto negro, las variedades de INTA ocupan un 87 % del área de producción de ese tipo comercial y a tan sólo un año de su liberación las de poroto blanco han llegado a ocupar un 5 % del área correspondiente. En "carioca", "blanco pequeño", "rosado" y "crema moteado" las únicas variedades comerciales son también fruto de este Programa. Esto ha sido posible gracias al aumento del uso de semilla certificada pasando de una oferta de 50 TM de una sola variedad hasta 1990, a 750 TM en la campaña 1996, de nueve cultivares.

Por fin, en la actualidad INTA posee la aptitud de solucionar los problemas inmediatos del sector porotero, al proporcionar una amplia diversidad varietal, prácticas agronómicas, semilla en

Digitized by Google

cantidad y calidad suficiente y tecnología para la recolección directa. Además ha generado alternativas originales que se enderezan a mantener e incrementar el área de producción y el mercado externo, como lo son: la diversificación de los tipos comerciales y el mejoramiento de la calidad del producto (nutricionales, aptitud para la industrialización) consecuentes con las exigencias de los mercados actuales y potenciales, confiriendo a la producción argentina la capacidad de competir en el mercado externo.

Digitized by Google

...787
20 ENE ...

TUC 390 Y TUC 500, Dos Nuevas Variedades de Poroto Negro para el Noroeste Argentino

Oscar Vizgarra
Estación Experimental Agro-Industrial "Obispo Colombres", Tucumán, Argentina

RESUMEN

En el noroeste argentino (NOA) se registró, a partir de 1976, una expansión del área cultivada de poroto negro (*Phaseolus vulgaris* L.). Entre los diversos problemas de producción de poroto en Argentina, están las enfermedades virales, como el mosaico dorado (VMD) y el mosaico enano, principales limitantes en el oeste de Santiago del Estero, este de Tucumán y este de Salta, que son transmitidas por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El uso de variedades tolerantes constituye una de las principales medidas de control. Sin embargo, las variedades de poroto negros cultivadas hasta el presente, deben ser protegidas intensivamente en la zona donde se hace el poroto y soja, ya que las altas poblaciones de mosca blanca vectores del virus, inciden negativamente en el rendimiento. El objetivo del presente trabajo fue la identificación de nuevas variedades con altos niveles de tolerancia a las virosis, que reemplazarán a las variedades comerciales de poroto negro difundidas en una región con alta incidencia de mosca blanca. La metodología utilizada fue la introducción de nuevas líneas y cultivares de poroto negro, y su evaluación en tres localidades del NOA. Los datos que se registraron fueron: reacción a las virosis, adaptación y rendimiento. Los resultados obtenidos indican que TUC 390 y TUC 500 fueron sobresalientes por su alta tolerancia a las virosis en zonas cálidas, reduciendo el número de pulverizaciones y su costo, resistencia al desgrane, ciclo de 90 días, buen rendimiento, vainas pequeñas y adaptadas a trilla directa, situación ésta que abaratará aún más los costos de producción.

La República Argentina caracterizada por ser un país netamente exportador de poroto blanco tipo alubia (Vizgarra, 1991), comenzó a expandir el área de siembra con poroto negro a partir de 1976. La única variedad sembrada en ese momento era una población denominada negro común, que posibilitó a los productores una alternativa de producción con menores costos al tener la misma menores problemas sanitarios que el alubia. En los años 1994 y 1995, el área sembrada con poroto negro se incrementó alcanzando las 100,000 has motivadas por la demanda brasilera, hecho que se espera será una constante y con factibilidad de expansión con la integración del Mercosur y las necesidades internas del Brasil de un alimento popular básico.

La carencia de variedades adaptadas para las diferentes áreas ecológicas hizo sentir sus efectos (Gargiulo, 1986). A los problemas ya existentes con el alubia se sumaron los propios del negro común reflejados en ataques de antracnosis, mosaico dorado, el mosaico común, el mosaico clorótico, los que juntos a otros como bacteriosis común y mancha angular deprimieron fuertemente los rendimientos.

Las limitantes fitosanitarias del poroto negro se subsanaron, en parte, con la introducción de nuevos cultivares del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que fueron seleccionados e inscritos por la Estación Experimental AgroIndustrial "Obispo Colombres" (EEAOC), asegurando un mayor rendimiento, tolerancia a plagas y enfermedades y mejor calidad de semilla. Entre las nuevas variedades liberadas, DOR 41 inscrita en 1982 fue el primer poroto negro inscrito en el país (9), material que alcanzó su máxima difusión en 1988. Posteriormente, se inscribieron DOR 157 y BAT 304 (Gargiulo, 1986). Estas tres variedades ocuparon el 80% del área sembrada en el NOA hasta 1990. A pesar de su tolerancia, deben ser protegidas intensamente en aquella zonas donde el

Digitized by Google

cultivo del poroto convive con soja, ya que las altas poblaciones de mosca blanca (*Bemisa tabaci*), procedentes de la soja, inciden negativamente en el rendimiento por ser vectores de los virus del mosaico dorado y mosaico enano, antes denominado moteado clorótico. Estas virosis no se transmiten por semillas y constituyen las principales limitantes en los primeros estadios del cultivo en las regiones cálidas del oeste santiagueño, este de Tucumán y sureste salteño, donde se encuentra la mayor superficie cultivada de poroto negro.

Entre las medidas de control recomendadas figuran ciertas prácticas culturales y el uso de insecticidas para disminuir las poblaciones del insecto vector (Ramalho et al., 1993; Vizgarra et al., 1993). Sin embargo, el empleo de variedades tolerantes constituye la mejor opción al disminuir el costo de producción y el riesgo operativo. El objetivo del presente trabajo es la presentación de nuevas variedades de poroto negro, con altos niveles de tolerancia a las principales virosis, y capaces de reemplazar a las variedades comerciales difundidas en la región con elevada incidencia de mosca blanca.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó el esquema de evaluación de poroto de la EEAOC, teniendo en cuenta la metodología propuesta por el CIAT (CIAT, 1982; Vizgarra et al., 1987, 1991) para la evaluación y caracterización de las líneas de poroto.

En el año 1991, la EEAOC, a través de su Programa Legumbres Secas, incorporó del CIAT líneas experimentales de poroto negro con elevada tolerancia a virosis, que se encontraban en las últimas fases de selección. Estas fueron comparadas con variedades comerciales liberadas por la EEAOC DOR 41, DOR 157 y BAT 304, las que fueron usadas como testigos locales. Los principales parámetros de evaluación de los materiales de poroto negro fueron: reacción a las virosis, adaptación y rendimiento. En 1992, las líneas evaluadas en Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR) en tres localidades: Taco Ralo y Monte Redondo (Tucumán) y 7 de abril (Santiago del Estero) agregándose a partir de 1994 la localidad de Campichuelo (Salta). Se utilizó el diseño de Bloques Completos Aleatorios con tres repeticiones por variedad/línea en cada localidad/año. Cada parcela estuvo formada por cuatro hileras de 7 m de largo, distanciados a 0.70 m (distancia interlínea comercial) y con una densidad de 18 semilla/m (densidad comercial). Las parcelas fueron tratadas con insecticidas sistémicos preventivos a los 15-20 días de la siembra para evitar la infección en los estadios tempranos y se controlaron las malezas en forma manual. Las prácticas agronómicas fueron las comunes al cultivo y suficientes para asegurar el buen desarrollo del mismo. Se tomaron registros de grado de infección por virosis (escala 1 a 9, CIAT) siendo 1= síntomas ausentes y 9= planta muerta. En madurez se cosecharon las plantas de las dos líneas centrales, se registró el peso y se estimaron los rendimiento equivalentes en kg/ha. Cabe destacar que en el presente trabajo se efectúa el análisis de dos localidades con los datos correspondientes a tres años, complementando las exigencias del Instituto Nacional de Semillas (INASE) para la inscripción de nuevos cultivares. Para determinar los estimativos de los parámetros de estabilidad ambiental se utilizó la metodología de Eberhart y Russel (1966).

Digitized by Google

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento y Estabilidad Varietal

El análisis de la varianza de los rendimiento de semilla/grano limpio procesado (kg/ha) se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen del análisis de la varianza de la producción de grano (kg/ha), obtenidos en los experimentos de evaluación de los cultivares de poroto negro en dos localidades (Tucumán) durante 1992, 1993, y 1994.

Variable	gl	Cuadrado medio
Repetición	2	247928,63**
Cultivares (C)	12	323520,25**
Año (A)	2	12671302,99**
C x A	24	66155,08
Localidades (L)	1	17220984,62
C x L	12	140351,52
A x L	2	6041208,97
C x A x L	24	56736,98
Error	154	10239,24
Promedio		1371
C.V. (%)		7,4

** Significativo al $\underline{P} < 0.01$.

De la lectura de la Tabla 1 se destaca la buena precisión experimental del conjunto de materiales, observándose un bajo cv % (7,4%); valor indicativo de la confiabilidad de los resultados.

Excepto localidades, las pruebas estadísticas fueron significativas para las restantes fuentes de variación contempladas ($\underline{P}<0,01$). Las interacciones no fueron significativas; pero las discrepancias marcadas para cultivares resultado un indicador del comportamiento diferencial de los materiales frente a las localidades de evaluación (ambientes). Por esta razón, a pesar que el número de ambientes es limitado, se optó por estimar los parámetros de estabilidad (Tabla 2).

De la Tabla 2, se desprende el aceptable comportamiento de TUC 390 y TUC 500, con rendimiento medios significativos superiores a los testigos locales. Ambos cultivares registraron un coeficiente de regresión igual a 1, hecho que denota una adaptación mayor al promedio del ensayo

Digitized by Google

para las localidades seleccionadas; mientras que aquellos con valores inferiores a 1 denotan una carencia de plasticidad para dichos ambientes. Esto favorece su respuesta productiva en ambientes favorables, elevando sus rendimiento. Los rendimientos anuales obtenidos y promedios de las evaluaciones se observan en la Tabla 3.

Tabla 2. Estimativas de los parámetros de estabilidad, utilizando la metodología de Eberhart y Russel.

Variedades	Media (kg/ha)	b	R^2
DOR 157	1386*	1,15	97,5
NAG 12	1396	1,01	97,0
BAT 304	1344	0,90	98,9
Porrillo	1291	1,14	94,6
NAG 299	1213	0,70	91,43
NAB 14	1455	1,04	92,41
DOR 442	1356	1,00	93,61
DOR 445	1300	0,99	96,79
TUC 390	1651	1,26	95,11
TUC 500	1616	1,22	92,8
NAB 7	1266	0,76	89,4
JEO	1289	1,00	98,8
DOR 41	1252	0,78	89,2

b, Coeficiente de regresión.
R^2, Coeficiente de determinación.

De la lectura de la Tabla 3, sin considerar las localidades, se destaca la capacidad productiva de TUC 390 y TUC 500. Cuando se contemplan las localidades, en Monte Redondo se registra una productividad mayor (44%) que Taco Ralo. Como así también existen fluctuaciones anuales, consecuencia de las precipitaciones registradas durante el cultivo, resaltando los rendimientos de 1994 con una media superior (85%) a 1993 y este año mejor (16%) que 1992.

TUC 390 y TUC 500 en Monte Redondo rindieron alrededor de 2100 kg/ha, lo que significa un 28% más que DOR 157 (1640 kg/ha); 32,7% más que BAT 304 (1582 kg/ha) y 39,5% más

Digitized by Google

respecto a DOR 41 (1505 kg/ha). Para Taco Ralo, si bien los rendimiento medios generales fueron menores dado el déficit hídrico apuntado, TUC 390 y TUC 500 rindieron en promedio 1190 kg/ha, lo que redituó 5%; 7,7% y 19% respecto a DOR 157, BAT 304 y DOR 41, respectivamente.

Tabla 3. Rendimiento en kg/ha y media general de 13 variedades de poroto negro evaluadas en dos localidades de Tucumán: Monte Redondo y Taco Ralo, durante los años 1992, 1993 y 1994.

	Monte Redondo				Taco Ralo			
Variedades	1992	1993	1994	X	1992	1993	1994	X
DOR 157	2200	850	1866	1639	783	900	1717	1133
NAG 12	2000	1000	2033	1677	966	814	1566	1115
BAT 304	1998	1016	1733	1582	983	800	1533	1105
Porrillo	2298	850	1600	1582	800	700	1500	1000
NAG 299	1600	916	1533	1350	917	751	1566	1077
NAB 14	1950	1016	2200	1722	900	900	1710	1170
DOR 442	2150	900	1616	1555	953	800	1716	1156
DOR 445	2116	874	1617	1535	860	800	1533	1064
TUC 390	2533	1450	2333	2105	900	944	1750	1197
TUC 500	2430	1300	2434	2055	950	100	1584	1177
NAB 7	1584	1016	1800	1466	850	800	1550	1066
JEO	2000	974	1733	1568	700	814	1516	1010
DOR 41	2016	1033	1466	1505	900	850	1250	1000

Comportamiento Sanitario

La reacción de los distintos cultivares evaluados ante mosaico dorado y su adaptación productiva se presenta en la Tabla 4. Las lecturas de adaptación y tolerancia al VMP indican como materiales sobresalientes a TUC 390 y TUC 500. Esta característica constituye una ventaja productiva para los ambientes evaluados dado que implica un menor número potencial de aplicaciones de protección con insecticidas, reduciendo los costos de producción y disminuyendo los riesgos operativos (intoxicaciones) y ambientales.

Digitized by Google

Tabla 4. Reacción de las variedades de poroto negro al virus del mosaico dorado (VMD) y su adaptación en dos localidades de Tucumán: Monte Redondo y Taco Ralo, durante los años 1992, 1993 y 1994.

Variedades	Monte Redondo						Taco Ralo					
	1992		1993		1994		1992		1993		1994	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
DOR 157	5	5	6	6	5	6	5	5	5	5	6	5
NAG 12	5	5	6	6	6	6	5	5	5	6	5	5
BAT 304	5	6	6	7	6	7	5	6	6	5	5	5
Porrillo	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5
NAG 299	6	6	5	5	4	4	5	5	5	6	6	6
NAB 14	5	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4
DOR 442	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4
DOR 445	3	4	4	4	4	4	3	4	4	5	6	6
TUC 390	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	4	3
TUC 500	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	4	3
NAB 7	4	4	5	4	4	4	6	5	5	5	6	5
JEO	6	5	6	7	5	6	5	6	6	6	6	5
DOR 41	6	6	6	7	6	5	5	6	6	6	6	6

* Reacción al virus del mosaico dorado del poroto, basado en una escala del CIAT (1 a 9), donde 1= síntomas ausentes y 9= muete de la planta.

** Adaptación de las variedades en cada una de las localidades, basado en una escala de 1 a 9, donde 1= excelente y 9= muy malo.

Características de los Cultivares

Los materiales TUC 390 y TUC 500 a pesar de poseer el mismo hábito de crecimiento, se diferencian de DOR 157 en su capacidad de permanecer erectos al momento de cosecha. El tamaño de vainas es más pequeño y poseen una buena tolerancia al desgrane, siendo superiores a DOR 157. Hechos que favorecen la trilla directa y una mejor calidad de semilla. El color negro opaco del grano les confiere una calidad comercial superior respecto a DOR 157. Tabla 5.

Digitized by Google

Tabla 5. Características agronómicas de las nuevas variedades de poroto negro TUC 390 y TUC 500 y del testigo local DOR 157.

	TUC 390	TUC 500	DOR 157
Hábito de crecimiento	Indeterminado IIb	Indeterminado IIa	Indeterminado IIb
Ciclo (días)	85-87	87-90	100
Germinación	Vigorosa	Vigorosa	Intermedia
Días a floración	42	43	42
Color de flor	Lila	Lila	Lila
Forma del follaje	Abierta	Compacta	Semiabierta
Vainas a cosecha	Crema	Crema	Crema oscura
Tamaño de vaina	5,5 cm	6,0 cm	7,3 cm
Color de grano	Opaco	Opaco	Semiopaco
Extremo seminal	Lig. redondeado	Redondeado	Lig. redondeado
Tolerancia al desgrane	Buena	Buena	Intermedia
Cosecha mecánica	Adaptado	Adaptado	Semiadaptado
Peso 100 semillas (g)	24	23	25
Genealogía	(DOR 364 x G 1821) x	(DOR 365 x IN 100)	G 11491 x DOR 24

CONCLUSIONES

Del conjunto de datos presentados y analizados anteriormente, se concluye que los materiales TUC 390 y TUC 500 demostraron en esta experiencia una elevada tolerancia al mosaico dorado en las zonas evaluadas, con lo que se incrementa la seguridad de producción en estas áreas y se reducirán las aplicaciones de agroquímicos con fuerte disminución de un importante impacto ambiental. A esta gran adaptación de los materiales descritos se le agrega características de precocidad, tolerancia al desgrane y adaptación a la trilla directa. Todo ello avaló su inscripción ante el Registro Nacional de Cultivares como dos nuevas variedades de poroto negro obtenidas por el Programa Legumbres Secas de la EEAOC.

Digitized by Google

AGRADECIMIENTOS

Vaya mi reconocimiento al Dr. Magno P. Ramalho por sus sugerencias en la corrección del trabajo y a los Ings. Agrs. Jorge R. Toll Vera y Gustavo Barcala por el análisis de los resultados y colaboración en la redacción del trabajo. Como así también al personal obrero del Programa Legumbres Secas (EEAOC), Sres. Atilio Ferreyra y Sergio Alvarez por el apoyo brindado en los trabajos de campo.

REFERENCIAS

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Guía de Estudio: Morfología de la Planta de Frijol Común. 20 pp.

Eberhart, S.A., y W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. Vol. 6:36-40.

Gargiulo, C.A. 1986. El cultivo del poroto negro en el NOA. Avance AgroIndustrial Año 6 (25): 2-6.

Ramalho, M.A.P., J.B. Dos Santos, y M.J. Zimmermann. 1993. Genética Quantitativa em Plantas Autógamas: Aplicaçoes ao Melhoramento do Feijoeiro. Universidade Federal de Goiás. Brasil. 78 pp.

Vizgarra, O.N. 1991. Capacidade de combinaçao de algumos cultivares do feijao (*Phaseolsu vulgaris* L.) com diferentes mecanismos de resistencia ao virus de Mosaico Dorado (BGMV). Tesis de Maestría. Universidad Federal de Lavras, M. G. Brasil. 78 pp.

Vizgarra, O.N., y N.C. Dantur. 1987. PVAD 1101 y 1111: Dos nuevas variedades de poroto rojo para el NOA. R.I.A.T. 64(1):157-177.

Vizgarra, O.N., y N.C. Dantur. 1991. TUC Rojo 180: Una nueva variedad de poroto rojo para el NOA. R.I.A.T. 68(1-2):13-21.

Vizgarra, O.N., y L.D. Ploper. 1993. Identificación de cultivares de poroto negro con altos nuiveles de tolerancia al mosaico dorado (BGMV). Avance agroIndustrial Año 13(53):5-7.

Zamudio, N., y O.N. Vizgarra. 1982. DOR 41: Una nueva variedad de poroto negro para el NOA. Avance AgroIndustrial Año 3(11):21-24.

Digitized by Google

SECCION V. NUEVOS ENFOQUES EN EL MEJORAMIENTO DEL FRIJOL

Digitized by Google

Digitized by Google

Mejoramiento de Calidad Culinaria y Nutricional del Frijol: Posibilidades y Perspectivas

S. Beebe
CIAT, Cali, Colombia

788
30 ENE 1998

RESUMEN

El mejoramiento genético para calidad culinaria o nutricional debe inducir cambios en la composición del grano. Tales cambios podrían alterar la aceptabilidad del grano como alimento, o su calidad como semilla. Sin embargo, experiencias en otros cultivos sugieren que este no es un problema, y que generalmente no hay obstáculos insuperables a dicho mejoramiento. En los casos documentados, los limitantes al mejoramiento de calidad parecen ser los mismos limitantes con cualquier otro objetivo genético: tamaño de población adecuada, y rompimientos En el caso del frijol, han habido un gran número de estudios genéticos para elucidar la posibilidad de mejorar la calidad, especialmente con respeto a cantidad y calidad de proteína varios estudios indican una correlación negativa entre estos parámetros y la capacidad de rendimiento, también posible superar estas correlaciones a través de la selección dirigida. También hay variabilidad genética para contenido de antinutricionales como taninos y fitatos, aunque estos últimos son necesarios como fuente de fósforo para la germinación de la semilla y no pueden ser eliminados del grano. Aunque varios programas de mejoramiento practican un monitoreo de líneas para eliminar materiales de calidad inferior, actualmente hay pocos esfuerzos para mejorar calidad por selección dirigida. En Michigan, EE.UU., hay un programa para utilizar los marcadores moleculares para recuperar calidad para enlatados. En CIAT hay una iniciativa para mejorar el frijol como fuente de hierro y zinc, investigando la posibilidad de: aumentar el contenido de minerales en el grano; aumentar el contenido de los amino ácidos azufrados que sirven de promotores de absorción; y reducir la actividad de taninos como anti-nutricional. Sin embargo, normalmente falta una demanda para este tipo de trabajo dentro de los círculos donde los mejoradores mueven tradicionalmente, aunque puede haber interés en otros círculos. Esta demanda es necesario para asegurar su continuidad, y encontrar una demanda consistente respaldado por recursos es el desafío mayor para poder sostener esta línea de trabajo.

Este artículo pretende ofrecer una revisión breve de trabajos en el frijol conducientes al mejoramiento de calidad culinaria y nutricional. En este contexto busca examinar las posibles avenidas para tal mejoramiento, y los obstáculos del progreso. Pero más que una revisión de literatura, trata de plantear unas preguntas que los investigadores deben enfrentar para que el mejoramiento de calidad llegue a ser una realidad, y que tenga un impacto en la vida del consumidor.

ES EL MEJORAMIENTO DE CALIDAD FACTIBLE? Y A QUE COSTO?

La selección de cualquier carácter adicional en un programa de mejoramiento implica costos mayores. En gran parte estos se deben al crecimiento exponencial del tamaño de población para recuperar cada gen adicional de una población segregante. Caracteres de herencia sencilla pueden ser manipulados con mayor facilidad que caracteres cuantitativos. Otro costo adicional puede ser los métodos de selección para los parámetros de calidad. Estos pueden ser desconocidos al mejorador al principio, y muchas veces no han sido adaptados para evaluar grandes números de progenies.

Digitized by Google

Aparte de estas limitaciones que en algún grado aplican a cualquier "nuevo" carácter en un programa de mejoramiento, el mejoramiento de calidad puede tener algunos "costos" específicos, ya que implica cambios en el grano, que es el producto primario. Es el producto que el consumidor tiene que comprar, cocinar, saborear y aprobar. También es el ente que tiene que servir, en calidad de semilla, como puente entre las generaciones del especie. Así que cualquier cambio en su constitución que conduce a mayor calidad, no puede tener efectos secundarios que perjudican cualquier de estas dos funciones indispensables.

Es el mejoramiento en la calidad compatible con el mejoramiento agronómico del cultivo, en cuanto a toda la gama de caracteres que resultan ser provechosos para un buen rendimiento? Es el mejoramiento nutricional compatible con aspectos de acceptabilidad por el consumidor? Es difícil responder a estas preguntas con plena seguridad en el caso del frijol, debido a una experiencia aún limitada, así que es interesante referirnos a otros cultivos donde la combinación de caracteres agronómicos y calidad tiene una historia mas larga.

En el caso del trigo, la calidad para la elaboración de pan es un carácter indispensable para cualquier nueva variedad de trigo duro. En varios estudios se ha notado una correlación negativa entre parámetros de calidad y caracteres agronómicos (Costa y Kronstad, 1994; Delzer et al, 1995; Wang et al, 1994). Por ejemplo la introgresión del gen Glu-D1d para calidad de pan tuvo un efecto negativo sobre la mayoría de líneas avanzadas en un programa de retrocruzamientos (Nakata et al, 1994). Sin embargo, estas correlaciones negativas normalmente no son fuertes, y ha sido posible producir variedades con mejor rendimiento, resistentes a enfermedades y de buena calidad (ej: Crop Sci 35:1512-13; 35:5, 1513). Estudios sobre los efectos al largo plazo de la selección de nuevas variedades muestran que en Finlandia, el rendimiento ha aumentado en 20% desde los años 30 sin cambios consistentes en calidad (Peltonen-Sairno y Peltonen, 1994). En la misma época en Sudáfrica rendimiento ha aumentado en 87% y la calidad en 20% (Lill y Purchase, 1995). En Italia el mejoramiento varietal también ha resultado en mejoras simultaneas de calidad y rendimiento (Canavera et al, 1994). Así en el caso de trigo, la calidad no es necesariamente incompatible con el valor agronómico, y si hay correlaciones negativas, estas pueden ser superadas a través de un trabajo concienzudo de selección dirigida.

Una mayor calidad protéica en el maíz opaco fue acompañada por caracteres indeseables de mal rendimiento y mayor susceptibilidad a insectos del grano (Bjarnason y Vasal, 1992), aunque al largo de los años variedades de maíz de alta calidad protéica fueron desarrollados con 14% mejor rendimiento (Pixley y Bjarnason, 1993). Pero cuidado! una mejora en la calidad de proteína del frijol podría ser beneficiosa para los brúchidos también!

Reducción de la actividad de antinutricionales como taninos o fitatos ha sido citado como otra avenida para mejorar nutrición. Sin embargo, taninos podrían ser involucrados en factores de sabor o en mecanismos de resistencia a enfermedades. Los fitatos son la principal fuente de fósforo para la plántula durante germinación y no pueden ser eliminados de la semilla. Tales posibilidades deben ser investigado antes de embarcar en un programa de mejoramiento.

Pero por otro lado, una mejora en el contenido de zinc en el grano de trigo, que supuestamente podría tener beneficios nutricionales, tuvo un efecto muy provechoso para el desarrollo del cultivo, su resistencia a enfermedades, y su rendimiento.

En resumen, mejoramiento para calidad no parece muy diferente que mejoramiento para cualquier otro carácter. Es posible que se encuentren problemas de ligamiento, pero como con

Digitized by Google

otros tipos de caracteres, frecuentemente se pueden romper estas asociaciones. Hasta ahora no se ha visto un caso claro en el cual la calidad fue contario al comportamiento agronómico.

PARAMETROS DE CALIDAD EN FRIJOL Y SU VARIABILIDAD GENETICA

Específicamente en cuanto a la calidad del frijol, hace muchos años se ha descrito variabilidad genética y se han realizado estudios genéticos para determinar si es factible alterar la calidad nutricional en varios aspectos.

Cantidad de proteína: En los años de los 70, cuando los nutricionistas creían que la deficiencia protéica fue un problema serio en los países en desarrollo, hubo interés en subir el contenido de proteína. Varios autores notaron una correlación negativa entre contenido de proteína (como % de la harina de frijol) y la capacidad de rendimiento, mientras otros sugerieron que la magnitud de estas correlaciones no fue grande y que debería ser posible superar esta relación negativa. Estudios de selección confirmaron que fue posible recuperar genotipos con mayor contenido protéico y buen rendimiento.

Calidad de proteína: En la década de los 70 hubo mucha discusión sobre el tema de mejorar la calidad de proteína de los leguminosas también, ya que estas son deficientes en los amino ácidos azufrados (Milner, 1973). Estas discusiones incluían, por supuesto, el frijol como candidato para mejoramiento. El cultivar 'Bush Blue Lake', una habichuela, presentó un alto contenido de metionino, aproximadamente 30% encima de otros genotipos. Se determinó la heredabilidad del contenido de los azufrados y de metionino en particular (Kelly y Bliss, 1975a, b). Hubo debate sobre la sabiduría de subir los azufrados a lo máximo ya que se había observado una correlación negativa entre contenido de azufrados y rendimiento. Adams sugirió que sería aconsejable de mantener los niveles de azufrados un poco encima del medio y concentrar en subir el rendimiento.

Taninos: Taninos son cadenas polifenólicas de una alta reactividad química, teniendo la capacidad de ligar a muchos otros compuestos. Su relevancia nutricional nace del hecho que los complejos formados con proteínas o minerales hacen que estos nutrientes ya no son disponibles al organismo. Variabilidad genética fue demostrado para el contenido de taninos en el grano del frijol (Ma y Bliss, 1978). Genotipos con el mismo color de grano presentaron diferentes cantidades de tanino en la testa, según la prueba de vanillina.

Minerales: Los leguminosas en general y el frijol en particular son excelentes fuentes de minerales, especialmente hierro (Pennington y Young, 1990). También es una de las mejores fuentes vegetales de zinc. Aunque su contenido de estos minerales es en general alto, la biodisponibilidad de las fuentes vegetales es normalmete bajo. Se ha evaluado la colección núcleo (core) para su contenido, en colaboración con Adelaide University en Australia, revelando que hay variabilidad genética en su contenido también (Tabla 1).

Calidad para enlatar: Criterios de calidad para enlatar dependen de varios parámetros que reflejan las apreciaciones subjetivos de consumidores. El producto final debe tener apariencia visual agradable, alto peso drenado y lavado, y buena textura (Walters et al, 1996). Aunque hay efectos ambientales para estos factores, el efecto genético es importante también.

Digitized by Google

Tabla 1. Contenido de mineral (ppm) de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) criollo y cultivado common bean.

	Criollo (n=119)			Cultivatedo (n=1031)		
	Ave	SD	Alto	Ave	SD	Alto
B	18	5.9	58	10	1.8	18
Ca	3207	1327	6450	1466	412	3152
Cu	6	2	12	9	1.8	14
Fe	60	10.2	96	55	8.3	89
K	16271	1629	20055	14782	2481	21255
Mg	2151	231	2705	1874	207	2510
Mn	23	9	74	15	4.4	29
Na	16	7.1	38	12	4	50
P	6044	705	7782	3684	696	7095
S	2354	314	3073	2120	259	3078
Zn	29	4.5	43	35	5	54

TRABAJOS ACTUALES Y PROGRESO HASTA LA FECHA

Varios programas trabajando en mejoramiento genético han practicado un monitoreo de factores de calidad en sus líneas avanzadas. Estos factores frecuentemente incluyen tiempo de cocción, pero otros factores como tendencia a fermentar han sido monitoreado también, según las percepciones de las demandas de los consumidores en cada región. Sin embargo, el monitoreo para practicar una selección negativa y así asegurar una calidad aceptable no es mejoramiento genético en el sentido pleno de la palabra.

Si revisamos los trabajos actuales que involucran estudios genéticos y su ***aplicación*** en el desarrollo de variedades mejoradas, son muy pocos los ejemplos de esfuerzos activos en este sentido. En el estado de Michigan, EE.UU., se ha identificado marcadores moleculares ligados a genes que confieren calidad de grano para enlatados (Walters et al, 1996). Ya que calidad para enlatar es un requisito indispensable para variedades de la clase navy, selección para este factor es obligatoria en algún momento, sea temprano o tarde en el desarrollo de variedades. Seguramente los marcadores permitirán una estrategia más activa en la recuperación de calidad, en vez de esperar de hacer una prueba de enlatado en líneas avanzadas.

Digitized by Google

En el CIAT nos hemos involucrado en un proyecto con otros centros internacionales para mejorar la calidad nutricional de frijol, yuca, arroz, trigo y maíz para micronutrientes. En el caso de los granos la meta es mejorarlos como fuentes de hierro y zinc. Deficiencia de hierro es la deficiencia más común en el mundo (mas que deficiencias calóricas o protéicas), y es bastante prevalente en el sur de Asia, en Africa, y aún en Mesoamérica. Mujeres y niños tienden a ser particularmente susceptibles a deficiencia de hierro. Deficiencia de zinc aparece frecuentemente cuando se busca, pero su identificación es difícil y muy costosa, y por tanto hay poca información sobre su distribución y severidad.

El problema de minerales es complejo, ya que su absorción en suficientes cantidades depende de: 1) el contenido del hierro o zinc en el grano; 2) la presencia de promotores de absorción, como los amino ácidos metionina y cistina, o la vitamina C; 3) la ausencia de anti-nutricionales como taninos o fitatos que precipiten los minerales. Por tanto, el proyecto contempla tres posibles líneas de acción. Primero, aumentar el contenido; segundo, aumentar los promotores; y tercero, minimizar los antinutricionales. Nuestro plan es llevar a cabo un ensayo de biodisponibilidad con ratas en la Universidad de Cornell, para determinar la importancia relativa de los tres factores. Con esta información será posible concentrar nuestros esfuerzos en los factores determinantes, pero mientras tanto estamos investigando la variabilidad genética de los tres.

a) Variabilidad en contenido de minerales:

Hasta ahora hemos evaluado la colección-núcleo (core) para el contenido de minerales incluyendo hierro y zinc, y hemos identificado genotipos posiblemente contrastantes. Se han sembrado un conjunto de estos para ver la estabilidad de su contenido de minerales a través de ambientes.

El frijol cultivado presentó un promedio de 55 ppm hierro, un valor alto de 80 ppm. Así podría ser factible aumentar el contenido en un 60%. Accesiones de la zona andina mostraron cierta tendencia de presentar mayores valores de contenido de hierro que los del acervo mesoamericano. También, algunos materiales de la zona templada presentaron valores altos. Por tanto, unos 220 accesiones adicionales fueron sembrados para evaluar su contenido de hierro. La mayoría originaron en Perú y otras de la zona templada, especialmente de la antigua Unión Soviética.

En el caso de zinc, el rango de contenido fue de 21 a 54 ppm, y el promedio fue de 35 ppm. Variedades criollas de Guatemala presentaron valores altos de Zn, y también de los amino ácidos azufrados. Otros 200 accesiones de Guatemala y de Costa Rica fueron obtenidos para sembrar y evaluar.

Aunque unos pocos frijoles silvestres presentan contenidos de hierro encima de los cultivados, esta ventaja no es amplia, y la mayoría de los silvestres no difieren de los cultivados. En el caso de zinc, los cultivados tienen un mayor contenido que los silvestres. Así que no hay justificación para usar los silvestres para este propósito. Sin embargo, el hecho que no hay mucha diferencia entre los silvestres y los cultivados implica que el proceso de domesticación tampoco ha disminuido el contenido de minerales. Es decir, la selección ejercido por los consumidores no ha bajado los minerales. Esto sugiere que el contenido de minerales es neutro en cuanto a aceptabilidad del grano, y variedades con alto contenido pueden tener buena

Digitized by Google

aceptabilidad.

Hay correlaciones significativas entre los contenidos de varios minerales. Aunque los elementos Cu y Zn presentan unas correlaciones negativas, todas las correlaciones entre hierro, zinc y azufre son positivas (Tabla 2). Así debe ser posible aumentar la concentración de los tres elementos simultáneamente. Estas correlaciones evidentemente no eran el resultado de un efecto de tamaño de semilla, ya que el tamaño no fue un factor importante para determinar el contenido de los minerales.

Tabla 2. Correlaciones entre contenido de minerales en frijol común.

	Fe	Zn	S
Fe	1.0	0.52***	0.23**
Zn		1.0	0.30***
S			1.0

b) Variabilidad en amino ácidos azufrados

El contenido de azufre fue utilizado como un primer estimativo del contenido de los azufrados. Sin embargo, aún es necesario medir los azufrados directamente. Por tanto, muestras de harina de 39 accesiones fueron evaluados por HPLC para determinar su contenido de metionino y cistina. La correlación de contenido de azufre con los azufrados fue de 0.80. El valor más alto de azufrados en la harina fue de 0.74% en base de peso/peso. No se evaluó el core entero para amino ácidos, pero los materiales con valores promedios de azufre presentaron valores de azufrados alrededor de 0.55%. Basado en esta lógica, podría ser factible subir el contenido de azufrados mas o menos 25% sobre el promedio.

c) Análisis de taninos

Un método para medir la interacción entre taninos y proteínas ha sido adaptado para usar con los minerales. Los taninos son extraídos de la testa del frijol y pesados para determinar su contenido absoluto en la testa. Para medir su capacidad de interactuar con hierro, una cantidad conocida se coloca en un pozo abierto en medio de una caja de agar en el cual se ha disuelto sales de los minerales. Los taninos precipiten los minerales creando un anillo visible que se puede medir, como índice de la actividad de los taninos. Un anillo amplio sugiere que el tanino ha podido difundir con cierta mobilidad a través del agar, y por tanto puede tener menos afinidad para hierro. Haremos la extracción de taninos de accesiones en el core que tienen un color comercial, ya que los taninos están relacionados con los pigmentos de color. Aún si se encuentra un tanino que es menos activo en precipitar minerales, hay que asegurar que es compatible con un color aceptable.

Digitized by Google

EL FUTURO

La literatura da testimonio de un gran número de estudios genéticos sobre diferentes parámetros nutricionales, como calidad y cantidad de proteína, antinutricionales, etc. El número pequeño de programas trabajando activamente en mejoramiento de calidad nos debe dar causa de reflexionar y preguntar por qué unos trabajan en calidad y otros no. La respuesta es sencilla, y es que nadie exige que trabajemos en esto! Es decir, no hay demanda para calidad, o si lo hay, no llega hasta nosotros como exigencia. Las excepciones demuestran este hecho. En Michigan, donde hay exigencias por parte de la industria de enlatados, los mejoradores hacen el esfuerzo para responder. Este es muy parecido al caso de calidad de trigo, pues es la industria que pone las reglas del juego. El caso de mejoramiento para micronutrientes es un caso no-típico: la única razón que podemos trabajar en este tema actualmente es porque un donante altruista ve que es una buena idea. Pero si no hubiera plata, pues tampoco habría demanda para frijol con mayor valor nutritivo. Y dicho sea de paso, la única forma de asegurar la adopción de tales variedades es introducir el carácter nutritivo en una variedad superior agronómicamente, (posiblemente usando marcadores moleculares).

La pregunta esencial es, entonces, qué es la perspectiva para la demanda para calidad en nuestros países?

Es interesante fijar en la situación actual en algunas universidades en los EE.UU. donde la base de la economía dejó de ser agricultura hace muchos años, ni hay una población significativa en las áreas rurales. Allá el apoyo financiero y político para investigación en la agricultura tradicional (es decir, investigación para mejor producción) está mal. Las escuelas de agricultura necesitan algo mas para justificar su existencia, y algunas están volviendo hacía los intereses del consumidor, incluyendo la nutrición.

Será que los países de Latinoamérica llegarán a esta etapa? Personalmente, no lo veo pronto, por lo menos no por las mismas razones! Mientras tanto estamos sufriendo lo peor de los dos mundos: fondos reducidos para investigación en producción, ni interés en nutrición!

Veo dos opciones que podemos tratar de explotar. Primero, creo que una de nuestras oportunidades perdidas o no-explotadas es el tiempo de cocción. Todos hemos oído de encuestas con consumidores que prefieren frijol de rápida cocción. La razón que no hemos dado seguimiento a esta preferencia (que no es una demanda ya que las amas de casa no tienen forma de hacérsela sentir!) es que no nos ha tocado hacerlo, ni nos ha faltado otras cosas que hacer. Pero creo que es una mejora que sería bienvenida por las amas de casa, y en unos casos de granos rojo pequeños (que son frecuentemente más distintivos en tono de color), creo que las amas de casa llegarían a reconocer una variedad de rápida cocción para exigirla. Esto ya ha sucedido en la República Dominicana con los tipos Pinto.

La otra opción para permitir un trabajo en nutrición es estrechar los lasos con investigadores en nutrición, ya que los fondos dedicados anualmente a la salud y la nutrición humana son varias veces los fondos dedicados a la agricultura, y se supone (desde nuestro lado por lo menos) que no les haría falta unos centavos para financiar el desarrollo de cultivos más nutritivos. Sin embargo, son altas las barreras entre disciplinas y entre oficinas de donantes que atienden a ciertas disciplinas. Mientras líneas de comunicación se están fortaleciendo entre mejoradores y nutricionistas, queda mucho terreno para recorrer para que esta se traduzca en dólares para investigación.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Bjarnason, M.S., and K. Vasal. 1992. Breeding of quality protein maize - QPM. Plant Breed. Rev. 9:181-216.

Canevara, M.G., M. Romani, M. Corbellini, M. Perenzin, and B. Borghi. 1994. Evolutionary trends in morphological, physiological, agronomical and qualitative traits of Triticum aestivum L. cultivars bred in Italy since 1900. Europ. J. Agron. 3:175-185.

Costa, J.M., and W.E. Kronstad. 1994. Association of grain protein concentration and selected traits in hard red winter wheat populations in the Pacific Northwest. Crop Sci. 34:1234-1239.

Delzer, B.W., R.H. Busch, and G.A. Hareland. 1995. Recurrent selection for grain protein in hard red spring wheat. Crop Sci. 35:730-735.

Graham, R.D. 1991. Breeding wheats fro tolerance to micronutrient deficient soil: Present status and priorities. p. 315-332. *In* Wheat fot the nontraditional warm areas. D.A. Saunders (ed.). CIMMYT, Mexico.

Kelly, J.D., and F.A. Bliss. 1975a. Heritability estimates of percentage seed protein and available methionine and correlations with yield in dry beans. Crop Sci. 15(6):753-757.

Kelly, J.D., F.A. and Bliss. 1975b. Quality factors affecting the nutritive value of bean seed protein. Crop Sci. 15(6):757-760.

Lill D van, J.L. Purchase, and D. Van Lill. 1995. Directions in breeding for winter wheat yield and quality in South Africa from 1930 to 1990. Euphytica 82:79-87.

Ma, Y., and F. Bliss. 1978. Tannin content and heritability in common bean. Crop Sci. 18-201-204.

Pennington, J.A.T., and B. Young. 1990. Iron, zinc, copper, manganese, selenium, and iodine in foods from the United States total diet study. J. Food Compos. Anal.3:166-184.

Nakata, N, O. Kinoshita, Y. Tsuji, M. Tomita, T. Yamada, and Y. Yasumuro. 1994. Effect of the Glu-D1d gene for high bread-making quality on expression of other agronomic characters in Japanese common wheat cultivars. J. Fac. Agric., Tottori Univ. 30:7-15.

Peltonen-Sainio, P., and J. Peltonen. 1994. Progress since the 1930s in breeding for yield, its components, and quality traits of spring wheat in Finland. Plant Breed. 113:177-186.

Pixley, K.V., and M.S. Bjarnason. 1993. Combining ability for yield and protein quality among modified-endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. Crop Sci. 33:1229-1234.

Walters, K.J., G.L. Hosfield, M.A. Uebersax, and J.D. Kelly. 1996. The genetics of canning qualtiy in navy bean. Annual Rept. Bean Improve. Coop. 39:114-115.

Wang J.S., G.T. Liu, and Y.G. Wang. 1994. Inheritance of grain quality characters in Triticum aestivum and the effect of early generation selection. I. Correlations among quality characters and the relation between yield components in various populations. Acta Agric. Univ. Pekinensis 20:239-245.

Digitized by Google

Estimación del Contenido de Metionina en Frijol Común Usando Espectroscopia de Reflectancia del Infrarrojo Cercano (NIRS)

A. V. González, J. Rengifo y S. Beebe
CIAT, Cali, Colombia

30 ENE 1998

RESUMEN

En el pasado el contenido de aminoácidos azufrados como la metionina (MET) fue motivo de interés para determinar la calidad nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). La deficiencia de MET tiene implicaciones posiblemente en la absorción de hierro (Fe) motivo por el cual se hace necesario un método rápido, confiable y poco costoso para la determinación del contenido de dicho aminoácido. Datos de contenido de aminoácidos fueron obtenidos del análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) por su sigla en inglés, y estos fueron utilizados para estandarizar la lectura por medio de espectroscopía de reflectancia del infrarrojo cercano (NIRS) por su sigla en inglés. El NIRS predice el contenido de MET en la semilla de frijol explicando un porcentaje muy alto de la variabilidad en los datos de los 59 genotipos analizados. Podemos concluir que el contenido de MET puede ser estimado por medio de dicha metodología para posteriores aplicaciones en mejoramiento de frijol común.

El frijol común como fuente de proteína es deficiente en aminoácidos azufrados como la MET. Ha sido de gran interés aumentar la concentración de este aminoácido por su importancia al incrementar la absorción de minerales como el hierro (Fe) y el zinc (Zn) esenciales en la nutrición humana. Para encontrar una estrategia para incrementar el contenido de estos aminoácidos se requiere de una metodología que los calcule con alta precisión. Esfuerzos para incrementar la calidad a través del mejoramiento, aumentando la proteína y mejorando el balance de aminoácidos deben coincidir con el esfuerzo en incrementar el rendimiento por mejoramiento (Meiners et al., 1973).

NIRS es un método rápido, poco costoso, no destructivo y preciso para la predicción de constituyentes vegetales (Norris et al., 1976). Este ha sido exitosamente usado para estimar constituyentes químicos de leguminosas y pastos (Marten et al., 1984; Brink and Marten, 1986). Nuestro objetivo fue comparar la determinación de MET por HPLC y NIRS con el fin de obtener una técnica precisa para la estimación de este aminoácido.

MATERIALES Y METODOS

Muestras

Se analizaron 59 genotipos de la colección central de frijol común cultivado. La selección de las muestras se realizó en su mayoría por presentar un alto contenido de azufre (S) y los restantes por representar el rango total de concentración del mismo, que se encuentra entre (1391 - 3078) ppm, según HPLC.

De cada genotipo se molieron aproximadamente 5 g de semilla, en un molino de balines (Restsch tipo MM2) de tal forma que la harina quedara pulverizada y homogénea. Un gramo de harina de cada genotipo se envió para el análisis por HPLC a la Unidad de ácidos nucléicos y

Digitized by Google

química de proteínas en la Universidad de Adelaide en Australia. La harina restante se utilizó para determinar los aminoácidos en el NIRS en el CIAT.

Calibración

Los espectros fueron leídos en el NIR Systems (Silver Spring, MD) modelo 6500, el software Infrasoft International (ISI) Versión 3.1 fue el utilizado para la calibración de las muestras. Para medir los espectros, la harina de frijol se empaca en el recipiente ideal para este tipo de muestras, en forma de copa, asegurándose que la harina quede lo más compacta posible para iniciar la lectura de las muestras.

En la obtención de la ecuación para el NIRS se emplearon opciones permitidas por el software ISI tales como: modificación parcial de mínimos cuadrados (mpls) como método de regresión y dos pasos para eliminar puntos dispersos. El tratamiento matemático escogido fue 3,5,4,1, por presentar la mejor predicción. El 3 corresponde a la tercera derivada, el 5 corresponde al intervalo sobre el cual la derivada ha sido calculada, el 4 y el 1 corresponden a la primera y segunda etapa de refinamiento respectivamente. Para la corrección de la dispersión que es una función que puede distorsionar la relación entre el espectro del NIR y el valor de referencia se usó "SNV and detrend", en cada espectro la escala SNV debe tener una desviación estándar de 1.0 para ayudar a reducir los efectos del tamaño de la partícula (Halsey, 1994). El número de longitudes de onda 171 con un rango de 1110 - 2488.8 nm. Como datos de referencia se emplearon los análisis realizados en el HPLC.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los 59 genotipos analizados se realizaron 2 repeticiones en la medición con HPLC para 8 genotipos, presentando una alta correlación con la predicción hecha en el NIRS como se observa en la Tabla 1 y Figura 1. Después de realizar varias calibraciones con diferentes tratamientos matemáticos la que mejor predicción presentó fue con 3.5.4.1 donde se obtuvo un $r^2 = 0.84$, un error estándar de calibración SEC=0.02 y un error estándar de predicción SEP = 0.02 esto nos explica que los errores que se tienen no han incrementado significativamente en los nuevos datos calculados. Todo lo anterior nos dice que con la ecuación seleccionada el NIRS nos predice el %w/w de metionina con un porcentaje alto de precisión como se muestra en la Tabla 2 y Figura 2 para el total de genotipos analizados. Teniendo en cuenta que la repetibilidad de los análisis de laboratorio que se utilicen para estandarizar son un factor importante para la obtención de una buena ecuación.

La explicación del porque los valores de MET tienden a ser altos se debe a que la mayoría de los materiales presentaron contenido de Salto.

Digitized by Google

Tabla 1. Comparación de la estimación del contenido de MET por HPLC y NIRS en 8 genotipos.

	HPLC			
No. G	Rep I	Rep II	Promedio	NIRS
G 18124	0.36	0.38	0.37	0.37
G 12405	0.30	0.32	0.31	0.32
G 18372	0.30	0.32	0.31	0.30
G 13220	0.26	0.30	0.28	0.28
G 15137	0.24	0.25	0.24	0.26
G 16267	0.34	0.37	0.35	0.35
G 4459	0.35	0.38	0.36	0.37
G 18811	0.33	0.35	0.34	0.31

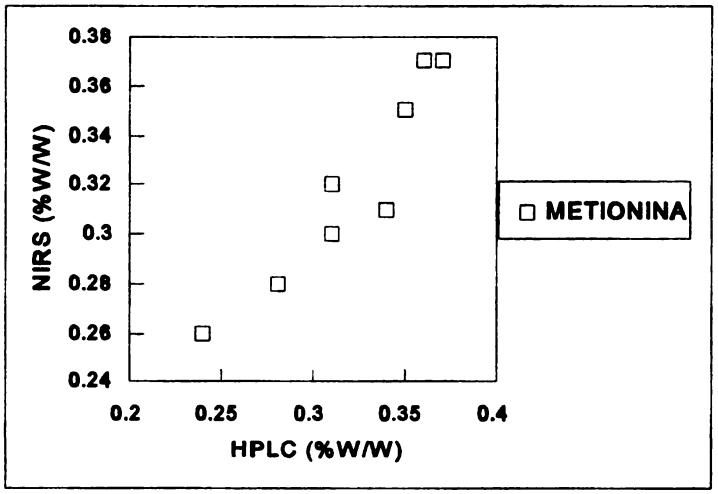


Figura 1. Relación entre el promedio de metionina determinado por HPLC Y NIRS para 8 genotipos.

Digitized by Google

Tabla 2. Comparación de %W/W de MET calculado por HPLC y NIRS para 59 accesiones de frijol común.

No. G	HPLC	NIRS	S (ppm)	No. G	HPLC	NIRS	S (ppm)
G 734	0.38	0.37	2844	G 4459	0.38	0.36	2836
G 19447	0.34	0.34	2785	G 8115	0.29	0.32	1849
G 2572	0.32	0.35	2400	G 13813A	0.27	0.27	1632
G 19142	0.37	0.38	2900	G 13764	0.29	0.28	1662
G 11350	0.36	0.37	3025	G 3815	0.29	0.29	1541
G 8465	0.37	0.35	2556	G 4681	0.32	0.27	1777
G 18124	0.38	0.37	2746	G 18135	0.31	0.30	1465
G 23063	0.38	0.38	2793	LRK 31	0.35	0.34	1803
G 3096	0.40	0.31	3078	G 8047	0.26	0.24	1391
G 12405	0.32	0.31	3030	G 11921	0.31	0.31	2008
G 21725	0.38	0.37	2816	G 16104E	0.39	0.36	2454
G 12610	0.30	0.31	2030	G 22169	0.29	0.28	2360
G 11419	0.28	0.28	1609	G 19953A	0.30	0.28	1875
G 19022	0.32	0.33	2235	G 19876	0.32	0.31	1795
G 21242	0.41	0.38	2801	G 11982	0.32	0.28	1945
G 1678	0.37	0.36	2192	G 14027	0.35	0.30	2259
G 19621	0.35	0.37	2784	G 18811	0.35	0.34	2190
G 14519	0.36	0.35	2279	BAT 477	0.39	0.39	2620
G 8157	0.34	0.36	2746	G 9855	0.31	0.29	1842
G 18372	0.32	0.31	1913	MUHONDOII	0.24	0.27	2231
G 16072	0.29	0.29	1979	G 19142	0.37	0.38	2900
G 5706	0.34	0.37	2687	G 803	0.30	0.37	2546
G 13220	0.30	0.28	1683	G 3185	0.35	0.33	2838
G 22247	0.32	0.34	2076	G 23768E	0.29	0.32	2058
G 4790	0.34	0.33	2397	G 2494	0.32	0.30	1526
G 15137	0.25	0.24	1439	G 6133	0.33	0.31	2730
G 23815	0.33	0.34	2822	G 1844	0.36	0.34	2601
G 87	0.34	0.34	2160	G 16267	0.37	0.35	2448
G 14737	0.39	0.31	2746	G 22564	0.33	0.35	2704
G 4825	0.27	0.27	1917				

Digitized by Google

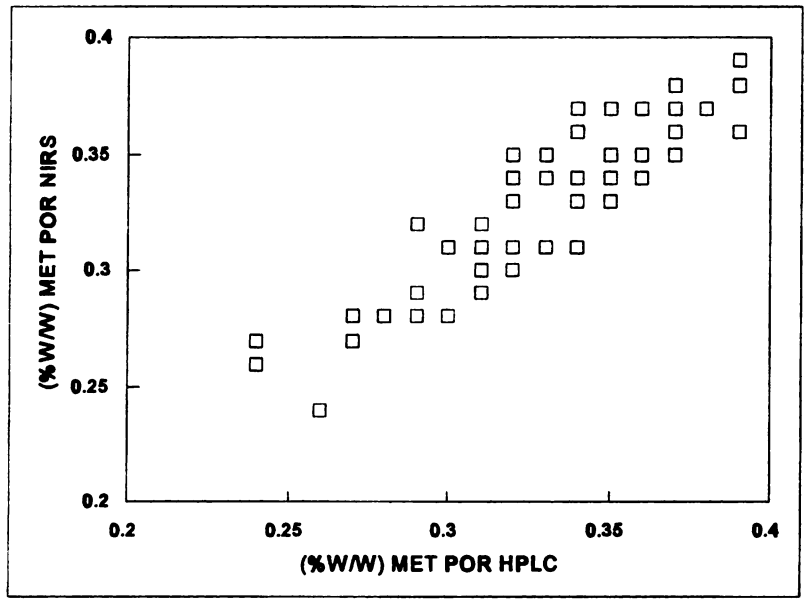


Figura 2. Relación entre el contenido de MET calculado por HPLC y NIRS en los genotipos analizados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por la Unidad de ácidos nucléicos y química de proteínas de la Universidad de Adelaide en Australia con los análisis por HPLC y al M.Sc. Rolando Barahona por su orientación en el proceso de calibración.

REFERENCIAS

Brink, G.E., and G.C. Marten. 1986. Analysis of alfalfa root carbohydrate concentration by near infrared reflectance spectroscopy. Crop Sci. 26:159-161.

Halsey, S.A. 1994. Quantitative NIR calibration protocol. NIRSystems.

Marten, G.C., G.E. Brink, D.R. Buxtun, J L. Halgerson, and J.S. Horntein. 1984. Near infrered reflectance spectroscopy analysis forage quality in four legume species. Crop Sci. 24:1179-1182.

Meiners, J.P., and S.C. Litzenberger. 1973. Beeding for nutritional improvement. p. 131-140. *In* N. Milner (ed.). Nutritional improvement of food legumes by breeding: proceedings. United Nations Protein Advisory Group, New York, NY, USA.

Norris, K.H., R.F. Barnes, J.E. Moore, and J.S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. J. Anim. Sci. 43:889-897.

Digitized by Google

The Role of Molecular Markers in Breeding for Qualitative and Quantitative Traits of Common Bean

J.D. Kelly and P. N. Miklas
Michigan State University, East Lansing (MI), USA
USDA-ARS-IAREC, Prosser (WA), USA

ABSTRACT

Improving selection efficiency through indirect selection is an attractive alternative to plant breeders working to improve qualitative and quantitative traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L). For the successful application of indirect selection, tight linkages must be developed between simple selectable genetic markers and an economically important gene or quantitative trait loci (QTL) controlling a complex trait. Although indirect selection for qualitative traits appears most promising, direct selection for major gene traits may in certain cases be easier, faster and more cost effective. However, indirect selection of race-specific disease resistance genes offers breeders a viable alternative to ensure that favorable gene combinations are present in new cultivars. Simplifying the selection of complex traits using QTL analysis with linked markers would permit selection in the absence of the pathogen or in locations where trait expression is variable. Combining different mechanisms for resistance is only possible using markers when the phenotypic expression is similar after disease inoculation. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers tightly linked to individual race-specific resistance genes forms the basis for effective indirect selection for durable genetic resistance. Over 30 RAPD markers linked to 17 major genes which condition resistance to four pathogens of common bean have been found. In addition, markers associated with QTL conditioning resistance to the three diseases (bean golden mosaic virus, common bacterial blight and web blight) of major importance in the tropics have been identified. These tightly linked RAPD markers have potential to facilitate the efficient selection of complex traits and pyramiding of epistatic resistance genes against different pathogens of common bean. Limitations to marker-assisted selection and the value of genetic mapping and QTL analysis in improving the efficiency of bean breeding programs are discussed.

RESUMEN

Mejorar la eficiencia de selección de caracteres cualitativos y cuantitativos del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de la selección indirecta es una opción atractiva para los mejoradores. Para la aplicación exitosa de la selección indirecta, debe desarrollarse los ligamentos estrechos entre los marcadores genéticos simples seleccionables y un gen económicamente importante o un locus de caracter cuantitativo (QTL). Aunque la selección indirecta de caracteres cualitativos parece ser más prometedora, la selección directa de caracteres cualitativos en algunos casos puede ser más fácil, más rápida y más barata. Sin embargo, la selección indirecta de genes de resistencia específica a las razas de un patógeno variable ofrecen a los mejoradores una alternativa viable para asegurar que las combinaciónes favorables de genes esten presentes en los nuevos cultivares. Simplificando la selección de caracteres complejos usando marcadores ligados a QTL permitirá la selección en ausencia del patógeno o en localidades donde la expresión del caracter de expresión es variable. La combinación de diferentes mecanismos de resistencia es sólo posible usando marcadores cuando la expresión fenotípica es similar a la obtenida después de la inoculación con el patógeno. Los marcadores RAPDs (Random amplified polymorphic DNA) estrechamente ligados a genes individuales de resistencia a razas especificas de un patógeno, forman la base para la selección indirecta y efectiva de una resistencia genética durable. Más de 30 marcadores RAPD ligados a 17 genes principales que controlan la resistencia a cuatro patógenos de frijol común han sido identificados. Además, marcadores asociados con QTL que controlan la resistencia a tres enfermedades (virus de mosaico dorado, bacteriosis común y mustia hilachosa) de gran importancia en los trópicos también han sido identificados. Estos marcadores RAPD estrechamente ligados, pueden ser utilizados en la selección eficiente de caracteres complejos y en la acumulación (piramidar) de genes de resistencia epistática contra diferentes patógenos del frijol común. Las limitaciones de selección con marcadores moleculares, el valor del mapeo genético y del análisis de QTL para mejorar la eficiencia de selección en frijol son discutidos.

Digitized by Google

The concept of indirect selection is attractive to plant breeders working to improve complex traits. For the successful application of indirect selection, a high level of correlation and/or linkage must exist between the trait of agronomic interest and the trait being directly selected. The selectable trait must be under simpler genetic control than the trait of interest and methodologies must be available that would favor its selection. Indirect selection for yield has been practiced by breeders using selection based on yield components.

With the discovery of simply inherited, structural variation present in seed storage proteins (phaseolin in *Phaseolus vulgaris* L.) and isozymes, the potential for using this variability as a genetic marker became a reality. The relative ease of determination (starch gel electrophoresis), immediatedly offered the opportunity to use these genetic markers for indirect selection, provided associations and/or linkages with economic traits existed and could be established.

Unlike other crops, isozymatic variability in common bean was limited and expressed primarily at the gene pool (Andean, Middle American) level and not at the genotype level (Singh et al., 1991a,b). Storage protein markers displayed a similar pattern and proved useful in the classification of both cultivated and wild germplasm into gene pools. In addition, seed storage proteins have been used to indirectly select for insect resistance and increased protein content of common bean. A unique seed storage protein, Arcelin, proved to be very valuable as an insecticide protein effective against the storage weevil, *Zabrotes subfasciatus*. Using artifical seeds containing the purified arcelin protein, Osborn et al. (1988) demonstrated that arcelin produced valuable insecticidal properties without any negative effects on mammals. Since the arcelin protein was simply inherited (Romero-Andreas et al., 1986) and possessed a distinct electrophoretic pattern as compared to other storage proteins, indirect selection based on its banding pattern became a reality and rapid progress was made introducing arcelin genes into a range of germplasm. This technique will continue to be useful in breeding beans for resistance to specific storage weevils. In a similar study, Delaney and Bliss (1991) demonstrated that one cycle of selection based on specific electrophoretic bands i.e. alleles for the seed storage protein, phaseolin, was as effective as three cycles of direct selection for increasing phaseolin protein levels in the seed of common bean.

With the advent of technologies of recombinant DNA and restriction endonucleases, different types of molecular markers became available to breeders, geneticists, and germplasm specialists (Staub et al., 1996). Codominant restriction fragment length polymorphisms (RFLPs), discovered first, proved to be abundant and became valuable as genetic markers. Dominant, random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers proved easier to generate, but were less reproducible across labs and were less informative as markers in segregating populations. Scientists immediately saw the potential for these highly abundant markers and used them extensively to expand the genetic linkage maps for most commodities. Many of these maps had previously been limited to either morphological traits or protein markers. Maps proved valuable in positioning traits in relation to each other but were limited to the traits segregating in the specific mapping population. Since RFLPs were more informative due to their codominant nature in early generation populations (for discrimination of the heterozygotes), they became the marker of choice among geneticists interested in genetic mapping. The application to breeders, however, was restricted by the costly and sophisticated techniques required in the generation of RFLPs. Germplasm specialists likewise used RFLPs to assist in the classification of related and wild germplasm, but costs have limited their extensive deployment. In certain instances these maps are being used as a basis for the cloning of specific genes into crops for which an efficient regeneration and transformation system is available.

Digitized by Google

Random amplified polymorphic DNA markers proved to be cheaper but more variable technology with regard to problems of reproducibility between labs (Weeden et al., 1992). Variability has been attributed to differences in the polymerase chain reaction (PCR) protocols, equipment, and the type of heat labile polymerase, all of which can be controlled. Breeders immediately saw the advantage of RAPD markers as a rapid, cost effective tool for the indirect selection of traits once linkages between the marker and the trait have been identified. In addition to their value and extensive deployment in germplasm classification (Skroch et al., 1992), RAPDs are being utilitized in mapping and gene 'tagging' studies.

Certain labs have adopted RAPDs as a replacement for RFLP markers in mapping studies while others have chosen to use them in marker assisted selection for traits of agronomic and economic importance. This major difference in approach has influenced the type of result. The findings of the mapping research are restricted to a specific population, usually inbred, where few tight linkages (<5cM) between markers and traits are generated. Methods to improve on the use of loosely linked markers as selectable markers are available, but those with linkage distance in excess of 10 cM are unlikely to be useful as markers in a breeding program. Attempts are being made to combine maps in *Phaseolus* (Freyre et al., 1996; Skroch et al., 1996) developed from different parental populations (to generate potentially more useful infomation). For many mapping populations, however, the choice of parents was not based on agronomic data but on genetic distance information. As a result, many of these populations lack important disease and/or agronomic traits which are of vital importance to breeders. Despite the absence of the *bc-3* gene in the BAT93 x Jalo EEP558 mapping population, Johnson et al. (1997) were, by inference, able to map the gene to linkage group D6, since the parents were polymorphic for markers (Haley et al., 1994a) linked to the *bc-3* gene. Similarly the *Ur-4* gene for rust resistance was mapped to D4 (Gepts et al., 1993).

As an alternative to mapping, RAPD markers are also being used to tag economically important qualitative traits such as disease resistance. As an extension of single gene tagging, linkages between RAPD markers and quantitative trait loci (QTL) controlling complex traits such as yield and stress tolerance have also been identified (Schneider et al., 1997). To facilitate the identification of linked markers, mapping populations and methods have been developed which include near isogenic lines (NILs) and bulked segregant analysis (BSA). Markers identified using these methods have been used by breeders to incorporate new resistance genes or combine genes from different sources, espcially in cases where normal screening techniques are laborious and expensive. To improve the reproducibility of previously identified RAPD markers, allele specific associated primers (ASAP) and/or sequence characterized amplified region (SCAR) markers, derived from corresponding RAPD bands have become the basis for the indirect selection of economically valuable traits in common bean.

Although indirect selection for qualitative traits appears promising (Kelly, 1995), the comparative efficiency of direct versus indirect selection for major gene traits comes into question. Generally, such traits are easier, faster and more cost effective to select for directly rather than indirectly. In the case of agronomic traits controlling plant growth habit, height and structure, flowering and maturity, indirect selection will likely not improve efficiency over routine field selection. However, improvement of other traits such as disease and pest resistance could be accelerated using indirect selection. Disease and pest resistance present a set of challanges different from those involved with agronomic traits. One major difference is that disease resistance is evasive and breeders must work with two biological organisms and have expertise in handling both. The

Digitized by Google

limitation in disease screening methods becomes apparent when the breeder is challanged with mixed races of a pathogen or by the presence of many resistance genes in the host. When screening conditions are not ideal, escapes can occur and other disease causing organisms can and do interfere with the successful detection of resistant individuals. Indirect selection of race-specific genes offers breeders a viable alternative to ensure that favorable gene combinations are present in new breeding lines. RAPD markers tightly linked to individual race-specific resistance genes forms the basis for effective indirect selection of major gene resistance. A list of available RAPD markers linked to different resistance genes in common bean is shown in Table 1. The use of linked RAPD markers and their potential role in marker-assisted selection (MAS) for disease resistance to facilitate the efficient pyramiding of epistatic resistance genes for different pathogens of common bean will be addressed.

PYRAMIDING RESISTANCE GENES USING RAPD MARKERS

Breeding for durable pest resistance has challenged both plant breeders and pathologists. Monogenic resistance genes are attractive to the breeder because they are easy to manipulate and can be rapidly introgressed into susceptible materials through simple backcrossing. These same race-specific genes are recognized as the least durable source of genetic resistance to highly variable plant pathogens and pests. Duvick (1996) states that even though major resistance genes have only short useful lifetimes when used one at a time, the opportunity to pyramid genes (using MAS) with some knowledge of their complementarity will make major gene resistance more useful. In common bean, the coevoluction of host and pathogen has been shown with the angular leaf spot (ALS, caused by *Phaeoisariopisi griseola*) pathogen and suggested for the bean antrhacnose (caused by *Colletotrichum lindemuthianum*) pathogen. Bean breeders have a unique opportunity to utilize resistance genes from the two major gene pools to develop complementary resistance to a range of bean pathogens. Stavely (1984) demonstrated that the Andean *Ur-4* gene conditions resistance to different races of the bean rust (caused by *Uromyces appendiculatus*) than those controlled by the Middle American *Ur-3* and *Ur-5* genes. Kelly and Young (1996) showed that the Andean *Co-1* gene has a different resistance spectrum from the Middle American *Co-2* gene against races of bean anthracnose (caused by *Colletotrichum lindemuthianum*).

Non-specific resistance has been reported to offer more durable resistance but its deployment creates a major challenge for the breeder since this type of resistance is often masked by epistatic major gene resistance. Compounded by complex inheritance, non-specific resistance is not easily transmitted or identified in the progeny. Improving the durability of major gene resistance would be a more attractive alternative for plant breeders since genetic manipulations are easier to accomplish and outcomes are more predictable.

Digitized by Google

Table 1. Rapd markers linked to major disease resistance genes in common bean.

Resistance genes	Germplasm source	Gene pool †	Pathogen‡	RAPD marker	Size (bp)	Linkage distance (cM) & orientation§
Ur-3	NEP-II	MA	Rust	OK14	620	2.23 coupling-phase
	Sierra	MA		OG15	1600	7.9 coupling-phase
				OL16	1000	
Ur-3[2]	PI 181996	MA	Rust	OAC20	490	No recombinants
				OAE19	890	6.2 repulsion-phase
Ur-4	Early Gallatin	Andean	Rust	OA14	1100	No recombinants
Ur-5	Mexico 309	MA	Rust	OF10	970	2.15 coupling-phase
				OI19	460	No recombinants
Ur-6	Olathe	Andean	Rust	OV12	950	10.4 coupling-phase*
Ur-9	Pompadour Checa	Andean	Rust	OJ13	1800	5.0 coupling-phase*
Co-1	Michigan DR K	Andean	Anthracnose	OF10	530	1.9 repulsion-phase
Co-2	Cornell 49-242	MA	Anthracnose	OQ4	1440	2.0 - 5.5 coupling-phase
				B355	1000	5.4 - 7.7 flanking marker
				OH20	450	Co-dominant SCAR
Co-5	TU, G2333	MA	Anthracnose	OAB3	450	5.9 coupling-phase
	SEL 1360					
Co-6	AB136, Catrachita	MA	Anthracnose	OAH1	780	12.3 flanking & co-dominant
				OAK20	890	7.3 repulsion-phase
I	Seafarer	MA	BCMV	OW13	690	1.3 - 5.0 coupling-phase
	Montcalm	Andean				Dominant SCAR
bc-3	B85009	MA	BCMV	OAD19	690	1.9 repulsion-phase
	MCM3031	MA		OS13	660	7.1 coupling-phase
	MCR2205	Andean		OC20	460	No recombinants, repulsion
				OC11	350	
				OC11	420	No recombinants, co-dominant, SCAR
bc-1[2]	Olathe	MA	BCMV	OY6	1200	26.8 coupling-phase*
				OH19	1000	16.3 flanking markers
bc-u	Olathe	MA	BCMV	OG15	1600	29.4 coupling-phase*
				OC4	1300	31.6 flanking markers
bgm-1	Garrapato,	MA	BGMV	OR2	530	4.2 repulsion-phase
	A429			OR2	570	coupling & co-dominant
Mp-1	BAT 477	MA	*Macrophomina*	B386	900	coupling-phase
Mp-2	BAT 477	MA		B459	1600	repulsion-phase

* Recombination within a RIL mapping population, all other represent linkage distances with F_2 segregating populations.
† MA, Middle American; ‡ BCMV, bean common mosaic virus; BGMV, bean golden mosaic virus;
§ SCAR, sequence characterized amplified region.

Digitized by Google

Pyramiding race-specific genes has been highly effective in controlling stem rust of wheat for 40 years in Canada and the north-central USA. Epidemics of stem rust have greatly reduced the yield of wheat cultivars lacking pyramided resistance genes in this region (Schafer and Roelfs, 1985). Similar observations have been made in common bean. Pastor-Corrales et al. (1994) showed that the bean cultivar G2333 (Colorado de Teopisca) which possessed two independent dominant genes, was resistant to 380 isolates of *C. lindemuthianum*. More recently, Young and Kelly (1996b) confirmed the presence of an additional third independent gene in G2333. Traditional gene pyramiding requires the incorporation of several different resistance genes into a single cultivar. Due to the race specificity of many of these genes, screening nurseries have to be systematically inoculated with different races of the pathogen in an attempt to ensure that gene combinations are being maintained. In the absence of effective selection due to a lack of informative (differentiating) races, epistatic interactions between many resistance genes prevent the identification of hypostatic genes resulting in their potential loss from breeding populations. Testcrossing to susceptible genotypes needs to be conducted each cycle to detect the presence (or absence) of the masked genes. As breeders continue to identify and incorporate more broadly-based resistance genes into their breeding populations, valuable hypostatic genes will continue to be lost. Two situations where markers are most likely to have the greatest impact in combining disease resistance genes are with epistatic and hypostatic genes.

EPISTATIC GENES

In the situation where a new broadly based resistance gene is being backcrossed into susceptible germplasm, the breeder may be reluctant to work with a more virulent race of the pathogen to detect the presence of the new gene in segregating populations. Direct screening may not be desirable for other reasons such as lack of routine screening methods and informative races for discriminating new resistances, quarantine, host escapes, or field inoculations may not permit the precise identification of a specific gene or gene combination since mixtures (contamination) from endemic races may occur. Markers linked to the new sources of resistance would allow the breeder to effectively introgress the new resistance gene in the absence of the pathogen. In North America the incorporation of the *Co-5* and *Co-6* anthracnose resistance genes into germplasm that possesses the *Co-1* and *Co-2* genes is not possible using the common races of anthracnose (races 7, 65, 73). Discrimination between *Co* genes is not effective since the local races are avirulent to different combinations of these four *Co* genes. The use of new virulent race(s) from Central America that would effectively discriminate between these resistance genes is not an attractive solution either for reasons of risk or escape. Use of the OAB3/450 marker linked to the *Co-5* gene (5.9 cM) and also present in germplasm possessing the same *Co-5* gene derived from a distinct genetic source, is a viable alternative. Two markers (OAH1/780, OAK20/890) which flank the *Co-6* gene could be used as a codominant pair in the selection of the *Co-6* anthracnose resistance gene (Young and Kelly, 1997). Markers linked to the *bgm-1* gene for resistance to bean golden mosaic virus (BGMV) and the *bc-3* gene for resistance to bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) would also be useful since the breeder may not want to import strains of BGMV or BCMNV for purposes of testing.

Digitized by Google

HYPOSTATIC GENES

In the above situation the breeder may wish to maintain a defeated or hypostatic gene that may have value in gene pyramiding. Despite being defeated by a new race(s) of a pathogen, the same gene may offer resistance to other potential new races of a pathogen. Pathogen populations are never static and may change annually based on migration, competition between races, fitness, and genetic composition of the host. Such factors influence the longevity of new races, so a previously defeated resistance gene may regain utility in the future. If screening for resistance is based on the most virulent race present, the hypostatic gene will not be selected and could be lost from the breeding populations. Marker-assisted selection of hypostatic genes would facilitate their maintenance in breeding populations.

The value of defeated genes has been observed with the *Ur-4* and *Ur-5* (bean rust) and *Co-1* (bean anthracnose) genes in Central America. Lines containing only the broadly effective *Ur-3*(2) resistance gene derived from PI 181996 (Stavely, 1990) were infected by a newly identified rust pathotype in Honduras whereas lines possessing either the hypostatic *Ur-4* or *Ur-5* resistance gene in addition to *Ur-3*(2) were not infected (Mmbaga et al., 1996). The strategies of incorporating genes that lack resistance to all races or incorporating the most broad resistance sources have resulted in the omission of defeated resistance genes in the past or the under estimation of their potential in future cultivars. In the case of anthracnose, Pastor-Corrales et al. (1995) reported that the Andean *Co-1* gene from Michigan DRK, conferred resistance to certain highly virulent races (1473 and 1572) from Central America. The *Co-1* gene has been ignored in breeding for resistance because it does not have the broad based resistance of certain Middle American genes and is often masked by these other genes. Combining the Andean *Co-1* gene with other Middle American resistance genes has been suggested as a viable strategy for improving the durability of anthracnose resistance genes in Central America (Young and Kelly, 1997).

BEAN COMMON MOSAIC AND NECROSIS VIRUS (BCMV AND BCMNV)

In the breeding for resistance to BCMV and BCMNV, the combination of dominant and recessive resistance genes which have distinctly different mechanisms of resistance should offer durability over a single gene for resistance (Kelly et al., 1995). The dominant *I* gene is masked by the recessive *bc-3* gene so as efforts to incorporate the *bc-3* gene into new germplasm proceed, the risk of loosing the *I* gene increases. Linked markers offer the only realistic opportunity to maintain and continue to utilize the *I* gene in future varieties. A marker OW13/690, tightly linked to the *I* gene, has been reported (Haley et al., 1994b) and has been demonstrated to be effective across a wide range of germplasm in both gene pools.

Conversely, selection against the *I* gene may be advantageous in East Africa where strains of BCMNV exist (Silbernagel et al., 1986) or in Central America where strains of bean severe mosaic virus (BSMV) occur (Morales and Castaño, 1992). Since the *I* gene has been incorporated into a broad array of germplasm and is highly sensitive (resulting in plant death) to both BCMNV and BSMV, it poses an unacceptable risk to producers in both regions. Morales and Kornegay (1996) suggest detecting the *I* gene in the presence of *bc-3* gene using a strain of BSMV. However this method has not yet become routine or available for general use by plant breeders who may be reluctant to import BSMV for testing. Markers linked to the *I* gene could be utilized to select against

Digitized by Google

the *I* gene while maintaining the BCMV resistance afforded by the *bc-3* gene in regions where the I gene is undesirable.

BEAN RUST CAUSED BY *Uromyces appendiculatus*

The pyramiding of different resistance genes and mechanisms (specific, adult plant, slow rusting, reduced pustule size) will likely prolong the life of a cultivar by creating a more durable resistance complex. Since screening for specific rust resistance in the field or greenhouse is relatively easy, use of an informative race for detection of the hypostatic gene would be more efficient, but often discriminating races are unavailable or are too risky to use. Alternatively, RAPD markers have been useful for maintaining hypostatic rust resistance genes in the presence of epistatic resistance genes. For instance in development of the navy bean line BelMiDak-RR-7 (Stavely et al., 1994), the RAPD marker OA14/1100 reported by Miklas et al. (1993), was used to detect *Ur-4* in the presence of the *Ur-3*(2) gene, whereas previous progeny testing had failed (Kelly et al., 1993).

In addition to the *Ur-4* gene, four other rust resistance genes, *Ur-3*, *Ur-3*(2), *Ur-5* and *Ur-9* (Haley et al., 1994c; Johnson et al., 1995; Haley et al., 1993; Kelly et al., 1996; Jung et al., 1996b), have been tagged with tightly linked RAPD markers (Table 1). The *Ur-3* and *Ur-6* genes have been mapped by McClean et al. (1994) in an Olathe x Sierra recombinant inbred line population; however, the linked RAPD markers may be too far (7.9 to 10.7 cM) from the resistance gene loci to be useful for indirect selection. The RAPD markers for *Ur-3* and *Ur-3*(2) can be difficult to reproduce; therefore, will require further refinement, such as development of ASAPs (Gu et al., 1995; Kessili et al., 1992), before they become useful to plant breeders in different laboratories.

Using traditional approaches, rust resistance from the PIs 181996 (MA), 190078 (MA), 151385 (A), and 151395 (A) was incoporated into some North American dry and snap bean market classes in combination with, and for protection of, other widely used sources of resistance like the *Ur-3, Ur-4, Ur-5*, and *Ur-6* genes. For more rapid development of durable rust resistance in other market classes, RAPD markers could be used to pyramid the *Ur-3, Ur-3*(2), *Ur-4, Ur-5*, and *Ur-9* genes with the broadly effective epistatic resistance genes found in the PI collection (Stavely et al., 1992). The most efficient use of markers linked with rust resistance will probably be realized in later generations for detection of hypostatic genes in advanced lines which already possess the epistatic resistance gene as determined by routine greenhouse screening.

BEAN GOLDEN MOSAIC VIRUS (BGMV)

Many different types and sources of genetic resistance and/or tolerance have been identified and used, in combination, to breed BGMV resistant cultivars (Beebe, 1994; Morales and Singh, 1991). Because of epistatic interactions among the different resistance sources, it becomes difficult to know exactly which sources are combined in improved lines.

A partial resistance source conditioned by the recessive *bgm-1* gene derived from 'Garrapato' is characterized by a lack of mosaic symptom development (Blair and Beaver, 1993), but pod deformation and reduced yield will occur under moderate to severe disease pressure. To counter the loss of yield, the recessive *bgm-1* gene should be combined with other resistance genes that condition high yield (Beebe, 1994). 'Dorado', has quantitative resistance to BGMV expressed as a reduction in yellow mosaic symptoms and superior yield, but this resistance source tends to be masked in the

Digitized by Google

presence of *bgm-1*.

A codominant RAPD marker OR2/570/530 tightly linked to the recessive resistance gene, *bgm-1*, was recently identified by Urrea et al. (1996). The 530 bp fragment was linked in repulsion (resistance allele linked) with *bgm-1* and the other 570 bp fragment was linked in coupling (susceptible allele linked). No recombinants between OR2/570/530 and *bgm-1* were observed among 91 F_2 progeny from one dry bean population, and there were two recombinants (4.2 cM) observed among 48 F_2 progeny combined across four snap bean populations. Since higher recombination frequencies were observed for snap bean germplasm between the marker and gene loci, it is recommended that separate and distinct F_1-derived populations or lines be maintained throughout any MAS backcrossing program using OR2/570/530 in snap beans. The codominant RAPD marker (OR2/570/530) is independent of gene pools and is easy to score, and has already been used by Stavely (personal communication) to rapidly incorporate the *bgm-1* resistance gene into the 'Macaslan' pole bean market class. The OR2/570/530 RAPD can also be used to pyramid *bgm-1* with any other source of BGMV resistance since it is a codominant marker linked to a recessive resistance gene.

ASHY STEM BLIGHT CAUSED BY *Macrophomina phaseolina*

Genetic resistance to *Macrophomina* was shown by Miklas and Beaver (1994) to be quantitatively inherited in field studies with advanced lines from the cross of Dorado x XAN 176 grown in Puerto Rico. More recently Olaya et al. (1996) identified two complementary dominant genes (*Mp-1*, *Mp-2*) as conditioning resistance to a Colombian isolate (Mp#50) of *Macrophomina* in the BAT-477 parent. The greenhouse screening technique used was effective in categorizing progeny of the cross BAT 477 x A70 into discrete resistant and/or susceptible (9:7) categories. Using BSA, Olaya et al (1996) identified two independent markers: B386/900 present in the resistant bulk and B459/1600 present in the susceptible bulk. The use of these markers in breeding for resistance to *Macrophomina* is speculative since their presence (or absence) was not surveyed in susceptible germplasm or in other sources of resistance to *Macrophomina*.

RAPD MARKERS AND QUANTITATIVE RESISTANCE

Quantitative traits appear to have the most potential for MAS, because selection for them is confounded by environmental effects. Since the cost to evaluate these complex traits with low to moderate heritability is high, MAS would be more likely to show the greatest gain. However, for the very reasons given: complex inheritance, low heritability, and confounding environmental effects; markers associated with QTL have been difficult to find, and once found have exhibited limited usefulness across a range of genetic backgrounds or environments. Efforts to utilize MAS for the improvement of quantitative traits have been limited, but may improve as better quantitative data is generated and denser linkage maps become available from map co-integration across laboratories (Freyre et al., 1996; Skroch et al., 1996).

In a population of 79 recombinant inbred lines (RILs) derived from the BGMV resistant variety Dorado x XAN 176, two independent QTL on linkage groups PR7 and PR8 were identified as having major influence on the reduced mosaic resistance trait of Dorado (Miklas et al., 1996b). Together these two QTL explained 60% of the phenotypic variation (R2) in BGMV reaction for one

Digitized by Google

environment, and were consistently expressed across three separate field environments where the pathogen was present. Analyses of the informative markers across BGMV resistance sources revealed the progenitor Porrillo Sintetico as a potential source of the QTL on linkage groups PR7 and PR8. Since the reduced mosaic resistance of Dorado is conditioned by few QTL, with intermediate to major effect, a backcrossing program may be the most effective way to transfer these resistance traits via MAS. To date, indirect selection of the QTLs conditioning reduced mosaic resistance has not been examined outside of the original mapping population, and some of the QTL-linked RAPDs would require the development of ASAPs or SCARs before they could be examined further.

COMMON BACTERIAL BLIGHT CAUSED BY *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*

Genetic studies have shown resistance to common bacterial blight (CBB) to be quantitatively inherited, but involving a few major genes (Beebe, 1989). Breeding for resistance is also complicated by pathogen variability (Schuster, 1983), linkage of resistance with undesirable traits (Beebe, 1989), and different genes conditioning resistance in leaves, pods, and seeds (Arnaud-Santana et al., 1994). These phenotypic observations of complex resistance have been supported by QTL data. Bai et al. (1996) identified in interspecific populations two independent QTL that explained 81% of the variation in CBB resistance (screening procedure unknown) derived from PI 440795 (*P. acutifolius*). Nodari et al. (1993) identified four QTL which together explained 75% of the variation in greenhouse seedling (1st trifoliolate) reaction to CBB in a BAT 93 X Jalo-EEP 558 (RIL) population. One major-effect QTL explained 35% of the variation in reaction. The CBB resistance of BAT 93 was ultimately derived from tepary bean through GN #1 sel. 27 (Honma, 1956). Three QTL explaining 77% of the variation in greenhouse-leaf reaction (first trifoliate) were identified for the same resistance source segregating in a different RIL population (Dorado x XAN 176). One major-effect QTL explaining 60% of the variation (Miklas et al., 1996b). Most lines with CBB resistance derived from Nebraska GN No.1 sel. 27 possessed the RAPD marker OAP6/820 which is linked to the major effect QTL (60%). This observation suggests that this marker may be useful for indirect selection of CBB resistance.

Jung et al. (1994) identified 3, 2, and 1 QTL which explained 35%, 25%, and 18% of the phenotypic variation in CBB resistance for leaf, pod and seed reactions, respectively in a PC-50 x XAN 159 RIL population. One genomic region possessed a factor(s) which influenced resistance in all three tissues (organs), while another QTL only influenced resistance within a single plant organ. In a BAC 6 x HT 7719 RIL population, Jung et al. (1996a) observed that different QTL conditioned resistance to different strains of the pathogen, and that different QTL conditioning resistance were expressed in young and adult tissues. Similarly, Miklas et al. (1996b) observed independent QTL and others with common effects on the expression of leaf and pod reaction in both greenhouse (young plants) and field (mature plants) resistance. Given the highly heritable CBB resistance of the 1st to 3rd trifoliolate leaves and the availability of routine greenhouse screening, MAS would best be focused on selection of QTL conditioning the low heritable field resistance to CBB.

The two QTL identified for CBB resistance in the BAC 6 x HT 7719 and PC-50 x XAN 159 populations mapped to different regions in a map integration study (Skroch et al., 1996). This finding suggests that these diverse sources of CBB resistance in BAC 6 and XAN 159 could be

Digitized by Google

combined in an attempt to obtain superior resistant lines. Using traditional breeding, the resistance of GN #1 sel. 27 and PI 207262 were combined in the superior resistant line XAN 112. Although, these QTL studies have supported our understanding of the complex inheritance of CBB resistance, the successful use of QTL-linked markers in breeding for CBB resistance has not yet occurred. The identification of QTL with major to moderate influence on resistance to CBB combined with phenotypic data implying few genes involved, suggests that MAS may be useful in combining resistance sources to CBB in common bean. A potentially interesting use for markers would be in the introgression of resistance genes across species of *Phaseolus*. Markers linked to a block of monogenically inherited CBB resistance genes segregating in a tepary bean population have been identified (Park et al., 1996) and may facilitate the recovery of CBB resistant plants from interspecific populations.

WEB BLIGHT CAUSED BY *Rhizoctonia solani*

Five QTL which explained 34% of the variation in foliar reaction to web blight in the field was observed in the same BAC 6 x HT 7719 RIL population (Jung et al., 1996a). The author (PNM) has observed a single QTL in the Dorado x XAN 176 population that explains 23% of the variation in greenhouse-leaf resistance to web blight using a droplet inoculation technique (Polanco, 1993). Indirect selection of these relatively minor-effect QTL are unlikely to improve upon traditional field selection for resistance to web blight. Field resistance to web blight, like its temperate counterpart, white mold, is confounded by expression of both physiological and morphological avoidance mechanisms. Jung et al. (1996a) suggested that an association observed between QTL for web blight resistance and plant architecture (branch density) may be partially explained by disease avoidance due to the upright architecture.

LINKAGES BETWEEN DISEASE RESISTANCE TRAITS

Since linkages between traits are not uncommon, both coupling and repulsion linkages have been reported between markers associated with disease resistance traits. A repulsion linkage between QTL affecting BGMV and CBB resistance were observed on two separate linkage groups, PR1 and PR7, which partially explained the low, but consistent, negative phenotypic correlation (r = -0.23) observed between those two traits in a Dorado x XAN 176 population (Miklas et al., 1996b). In the same population (unpublished results), the *Ur-5* marker OF10/1000 was linked in repulsion to a QTL on PR8 which explained 33% of the phenotypic variation in resistance to BGMV. Recombination between the QTL will probably be necessary to combine parental levels of resistance to BGMV and CBB resistance whereas selecting for or against *Ur-5* resistance may be useful for indirect selection of either CBB or BGMV resistance. The *Ur-9* gene mapped to linkage group 1 in a region common for factors influencing web blight resistance (Jung et al., 1996a) in the BAC 6 x HT 7719 population. Another association between web blight and CBB resistance with the RAPD marker BC409/1250 was reported by Jung et al. (1996a), but the marker was not mapped in the same population.

Digitized by Google

SELECTION EFFICIENCY AMONG DIFFERENT TYPES OF RAPD MARKERS

Indirect selection efficiency can be influenced by the number, linkage distance and orientation of RAPD marker linkages and the breeding method used, so consideration should be given to employing one of the following strategies to improve efficiency.

1) With dominant RAPD markers directly linked (on same sister chromatid) to the susceptible allele at a locus, selection against susceptibility is possible. The increased efficiency results from the ability to select against the heterozygote and is particularly useful when selecting for recessive resistance genes. Since RAPD markers are dominant, when linked to a recessive allele - whether it conditions resistance or susceptibility, the linkage orientation is repulsion phase; conversely, when linked to a dominant allele, regardless of its expression (resistance/susceptible), the linkage is in coupling-phase. Susceptibility-linked markers for the *bc-3* BCMNV resistance gene, the *Co-1* and Co-6 anthracnose resistance genes, the *Ur-3*(2) rust resistance gene, and the *Mp-1* ashy stem blight resistance gene have been identified. For the identification of homozygous resistant *bc-3/bc-3* individuals, Haley et al. (1994a) demonstrated an 82% selection efficiency by selecting against a susceptibility-linked marker versus 26% efficiency in selecting for the resistance-linked marker. It is noteworthy that selection against a marker linked to the susceptible allele is restricted to the F_2 and later generation populations. For rapid backcross introgression of dominant traits, resistance-linked RAPD markers are required, since they can be used to identify heterozygous $BCnF_1$'s for subsequent backcross cycles (Johnson et al., 1995). Resistance-linked markers may also be more useful in gametic selection programs (Singh et al., 1996) for identifying superior F_1's.

2) Markers flanking the resistance gene significantly increase selection efficiency of resistant individuals when loosely linked (>5 cM) markers are utilized. Young and Kelly (1996a) showed that selection efficiency was increased from 94% to 99% when two flanking markers were used to select for the *Co-2* gene for anthracnose resistance in common bean.

3) The information generated by a pair of markers, one linked in coupling and the other in repulsion to the targeted locus, is genetically equivalent to that obtained from a codominant marker. Johnson et al. (1995) observed 19% selection efficiency of homozygous resistant *Ur-3*(2)/*Ur-3*(2) individuals using a coupling marker, 77% using a repulsion marker, and 83% using both markers as a codominant pair.

4) A codominant pair of flanking markers further increase selection efficiency since they combine the advantages of flanking markers with the ability to identify heterozygotes. This marker combination allows the identification of double recombinants not possible with flanking markers alone. Young and Kelly (1996b) demonstrated an increase in selection efficiency from 33% for the coupling-phase marker to 92% for the repulsion-phase marker to 95% for the codominant flanking markers in the selection of *Co-6/Co-6* homozygote individuals conferring resistance to anthracnose in common bean.

Digitized by Google

5) Whereas, each dominant RAPD marker forming a codominant pair is amplified by a different primer, single primers do give rise to natural codominant RAPD markers at the relatively low frequency of about 1 out of every 20 RAPDs detected (unreported results from author PNM for a RIL mapping population). The identification of a codominant RAPD marker linked to a resistance gene is due strictly to chance. However, when using BSA to screen for linked polymorphisms, the identification of a linked codominant RAPD marker is enhanced if lines within the resistant and susceptible bulks are completely homozygous for the corresponding allele at the targeted locus. True-breeding DNA bulks enabled Urrea et al. (1996) to identify a codominant RAPD marker linked to the *bgm-1* gene conditioning resistance to BGMV. A codominant marker (or codominant pair) is advantageous because when linked to a recessive resistance gene that exhibits epistasis it can be used to facilitate gene pyramiding (Urrea et al., 1996). For example, advanced lines are phenotypically selected for the reduced mosaic resistance to BGMV derived from Dorado, while simultaneously maintaining heterozygosity (*Bgm-1/bgm-1*) at the "non-mosaic" resistance gene locus by indirect selection of both alleles of the linked codominant RAPD marker OR2/570/530. Upon selfing these lines and then selecting individual plants expressing the non-mosaic resistance of *bgm-1*, both resistances can be effectively pyramided.

6) Allele specific associated primers (ASAPs; Gu et al., 1995) and sequence characterized amplified regions (SCARs; Paran and Michelmore, 1993) offer an additional refinement over RAPD markers. Generally both produce a single polymorphic band that is more reproducible across labs and is easier to score and applicable to use with low-quality DNA obtained through speedy DNA extraction procedures. Their development can be a laborious undertaking, however. A SCAR for the OH20 RAPD marker linked to the *Co-2* anthracnose resistance gene has been developed but it requires splicing with a restriction endonuclease to demonstrate polymorphism between resistant and susceptible genotypes (Adam-Blondon et al., 1994). The restricted fragment differed in size from the original RAPD fragment and demonstrated codominance which would be useful for the detection of heterozygotes. A SCAR developed for the *I* gene RAPD marker OW13/690 has proven to be more robust. The single polymorphic band can be amplified using different thermal cyclers and heat stable polymerases in resistant lines from different gene pools (Melotto et al., 1997). However in other crops (Paran and Michelmore, 1993) certain SCARs did not demonstrate the same polymorphism as did the RAPD marker. A similar observation was made by the author (JDK) in the development of a SCAR for the RAPD marker OAD19/690 linked to the *bc-3* gene (Haley et al., 1994a) and by Johnson et al. (1997) for the SCAR markers for OS13/660 and OC11/350 RAPD markers, whereas the SCAR for OC11/420 marker did amplify a single band polymorphism equivalent to the original RAPD. In those cases where SCARs are not polymorphic, the only hope is that additional linkages of easy to use RAPD markers can be identified.

Other limitations of certain SCARs is that they generate a second monomorphic band which requires the use of gel electrophoresis to separate out the polymorphic band. In order to overcome some of the limitations of SCARs, ASAPs were developed using primers of different lengths which would only amplify the polymorphic RAPD band. Gu et al. (1995) demonstrated the use of 18mer

Digitized by Google

ASAPs to selectively amplify a fragment linked to the *Ppd* (photoperiod) gene in common bean. Combining ASAPs of different lengths (18mer with a 15mer), Gu et al. (1995) successfully amplified a single polymorphic band linked to the recessive epistatic *hr* gene which interacts with the photoperiod *Ppd* gene in common bean. Tailoring primers to specifically amplify a single fragment enables the use of alternative detection techniques. The amplified DNA is stained directly with ethidium bromide in microtiter plates eliminating the need for gel electrophoresis. This modification is a considerable saving in time and money. These refinements are still dependent on tight linkages between the original RAPD marker and resistance gene and selection efficiency could still be improved by deploying flanking markers or those linked to the susceptible allele.

LIMITATIONS OF RAPD MARKERS

In some instances the application of dominant RAPD markers for indirect selection has been restricted to specific *Phaseolus* gene pools because of the presence in susceptible germplasm of DNA fragments of equal size (kb) to the markers linked to the resistance genes. This was the case with respect to the application of the dominant RAPD marker OA14/1100, tightly linked to the *Ur-4* rust resistance gene (no recombinants observed), which limited the use of the marker to the Middle American gene pool (Miklas et al., 1993). Other markers showed similar limitations. The OF10/970 marker linked to the *Ur-5* gene can only be used for indirect selection in the Andean gene pool (Haley et al., 1993), and the OAD19/690 marker linked to the *bc-3* gene can only be used in the Mesoamerican race within the Middle American gene pool (Haley et al., 1994a). Indirect selection across a broad range of germplasm is possible with gene pool non-specific RAPD markers such as OW13/690 for the *I* gene, OK14/420 for the *Ur-3* gene, OI19/460 for the *Ur-5* gene, OR2/570/530 for the *bgm-1* gene, and OF10/530 for the Co-1 gene because in susceptible germplasm these RAPDs do not result in same-sized fragments. To overcome gene pool specificity of a RAPD marker, Miklas et al. (1996a) showed that recombinant individuals, resistant but without the linked marker, could be crossed with susceptible germplasm containing the marker. This recombination-facilitated MAS strategy overcomes gene pool specificity of a dominant RAPD genetic marker by significantly broadening its range of application across gene pools. This strategy can also be used in the presence or absence of gene pool specificity to reverse the linkage orientation of a RAPD marker to fit a particular breeding program.

SUMMARY

With the identification of over 30 RAPD markers linked to 17 different resistance genes in *P. vulgaris*, the feasibility and potential for MAS in disease resistance breeding in common bean is clearly possible. When costs are balanced against applications, breeders may choose MAS as an alternative to direct selection. As additional markers are detected for other genes, the value of the technology will increase since MAS for more than one trait can be practiced in breeding populations. The value of MAS of quantitative traits will become more important and useful as phenotypic data and the technology for the detection of QTL improves. The direct incorporation of single gene resistance to the prevalent races of a pathogen within a particular area is currently the breeding method of choice, but this resistance is often short-lived, forcing breeders to continuously incorporate new resistance genes into their programs. Combining different genes with resistance to

Digitized by Google

the prevalent races, although more difficult and expensive to achieve initially, should provide a more durable resistance for long term protection. Marker-assisted selection provides opportunites to pyramid genes not feasible with traditional breeding methods. Genetic markers will likely be used in the development of future bean cultivars possessing durable disease resistance.

REFERENCES

Adam-Blondon, A.F., M. Sevignac, H. Bannerot, and M. Dron. 1994. SCAR, RAPD, and RFLP markers linked to dominant gene (*Are*) conferring resistance to anthracnose in common bean. Theor. Appl. Genet. 88:865-870.

Arnaud-Santana, E., D.P. Coyne, K.M. Eskridge, and A.K. Vidaver. 1994. Inheritance; low correlations of leaf, pod, and seed reactions to common blight disease in common beans; and implications for selection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:116-121.

Bai, Y., T.E. Michaels, and K.P. Pauls. 1996. Identification of RAPD markers linked to bacterial blight resistance genes in *Phaseolus vulgaris* L. Annu Rep. Bean Improv. Coop. 39:164-165.

Beebe, S. 1989. Quantitative genetics in *Phaseolus vulgaris*: The example of resistance to *Xanthomonas campestris pv. phaseoli*. p.213-238. *In* S. Beebe (ed.). Current topics in breeding of common bean. Working Document No. 47. Proceedings of the Interantional Bean Breeding Workshop, 7-12 Nov. 1988. CIAT, Cali, Colombia.

Beebe, S. 1994. Breeding for resistance to bean golden mosaic virus: history and perspectives. p. 148-150. *In* F. Morales (ed.). Bean Golden Mosaic: Research advances. Proc. Workshop PROFRIJOL and CIAT, Guatemala City 9-13, Nov. 1992. CIAT, Cali, Colombia.

Blair, M.W., and J.S. Beaver. 1993. Inheritance of BGMV resistance from bean genotype A 429. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 36:143.

Delaney, D.E., and F.A. Bliss. 1991. Selection for increased percentage protein in common bean. 1. Comparison of selection for seed protein alleles and S_1 family recurrent selection. Theor. Appl. Genet. 81:301-305.

Duvick, D.N. 1996. Plant breeding, an evolutionary concept. Crop Sci. 36:539-548.

Freyre, R., W.C. Johnson, A. Shirmohamadali, V. Llaca, S.M. Tsai, P.A. Pereira, P. Skroch, J. Nienhuis, A.F. Adam-Blondon, M. Dron, J. Tohme, and P. Gepts. 1996. Correlation among RFLP maps in common bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39: 231-232.

Gepts, P., R. Nodari, S.M. Tsai, E.M.K. Koinange, V. Llaca, R. Gilbertson, and P. Guzman. 1993. Linkage mapping in common bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 36: xxiv-xxxviii.

Gu, W.K., N.F. Weeden, J. Yu, and D.H. Wallace. 1995. Large-scale, cost-effective screening of PCR products in marker-assisted selection applications. Theor. Appl. Genet. 91:465-470.

Haley, S.D., P.N. Miklas, J.R. Stavely, J. Byrum, and J.D. Kelly. 1993. Identification of RAPD markers linked to a major rust resistance gene block in common bean. Theor. Appl. Genet. 86:505-512.

Haley, S.D., L.K. Afanador, and J.D. Kelly. 1994a. Selection for monogenic resistance traits with coupling- and repulsion-phase RAPD markers. Crop Sci. 34:1061-1066.

Haley, S.D., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1994b. Identification and application of a Random Amplified Polymorphic DNA marker for the *I* gene (Potyvirus resistance) in common bean. Phytopathology 84:157-160.

Digitized by Google

Haley, S.D., L.K. Afanador, P.N. Miklas, J.R. Stavely, and J.D. Kelly. 1994c. Heterogeneous inbred populations are useful as sources of near-isogenic lines from RAPD marker localization. Theor. Appl. Genet. 88:337-342.

Honma, S. 1956. A bean interspecific hybrid. J. Hered. 47:217-220.

Johnson, W.C., P. Guzman, D. Mandala, A.B.C. Mkandawire, S. Temple, R.L. Gilbertson, and P. Gepts. 1997. Molecular tagging of the bc-3 gene for introgression into Andean common bean. Crop Sci. 36:254-284

Johnson, E., P.N. Miklas, J.R. Stavely, and J.C. Martinez-Cruzado. 1995. Coupling and repulsion RAPD markers for marker-assisted selection of a rust resistance gene in common bean. Theor. Appl. Genet. 90:659-664.

Jung, G., D.P. Coyne, P.W. Skroch, J. Nienhuis, E. Arnaud-Santana, J. Bokosi, S.M. Kaeppler, and J.R. Steadman. 1994. Construction of a genetic linkage map and locations of common blight, rust resistance and pubescence loci in *Phaseolus vulgaris* L. using RAPD markers. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:37-38.

Jung, G., D.P. Coyne, P.W. Skroch, J. Nienhuis, E. Arnaud-Santana, J. Bokosi, H.M. Ariyarathne, J.R. Steadman, J.S. Beaver, and S.M. Kaeppler. 1996a. Molecular markers associated with plant architecture and resistance to common blight, web blight and rust in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:794-803.

Jung, G., D.P. Coyne, P. Skroch, J. Nienhuis, J.M. Bokosi, and J.R. Steadman. 1996b. RAPD marker linked to a gene for specific rust resistance in common bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:59-60.

Kelly, J.D. 1995. Use of Random Amplified Polymorphic DNA markers in breeding for major gene resistance to plant pathogens. HortScience 30:461-465.

Kelly, J.D., L. Afanador, and S.D. Haley. 1995. Pyramiding genes for resistance to bean common mosaic virus. Euphytica 82:207-212.

Kelly, J.D., J.R. Stavely, P. Miklas, L. Afanador, and S.D. Haley. 1993. Pyramiding rust resistance genes using RAPD markers. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 36:166-167.

Kelly, J.D., J.R. Stavely, and P.N. Miklas. 1996. Proposed symbols for rust resistance genes. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:25-31.

Kelly, J.D., and R.A. Young. 1996. Proposed symbols for anthracnose resistance genes. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:20-24.

Kesseli, R.V., I. Paran, and R.W. Michelmore. 1992. Efficient mapping of specifically targeted genomic regions and the tagging of these regions with reliable PCR-based genetic markers. CSSA-ASHS-AGA Joint Plant Breeding Symp. Ser., Minneapolis. Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wis. p. 31-36.

McClean, P., J. Ewing, M. Lince, and K. Grafton. 1994. Development of a RAPD map of *Phaseolus vulgaris* L. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:79-80.

Melotto, M., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1996. Development of a SCAR marker linked to the *I* gene in common bean. Genome 39:1216-1219.

Miklas, P.N., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1996a. Recombination-facilitated RAPD marker-assisted selection for disease resistance in common bean. Crop Sci. 36:86-90.

Miklas, P.N., and J.S. Beaver. 1994. Inheritance of field resistance to ashy stem blight in dry bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:233-234.

Digitized by Google

Miklas, P.N., E. Johnson, V. Stone, J.S. Beaver, C. Montoya, and M. Zapata. 1996b. Selective mapping of QTL conditioning disease resistance in common bean. Crop Sci. 36:1344-1351.

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.

Mmbaga, M, J.R. Steadman, and J.R. Stavely. 1996. The use of host resistance in disease management of rust in common bean. ntergrated Pest Mgt. Rev. 1:191-200.

Morales, F.J., and M. Castaño. 1992. Increased disease severity induced by some comoviruses in bean genotypes possessing monogenic dominant resistance to bean common mosaic potyvirus. Plant Dis. 76:570-573.

Morales, F.J., and J. Kornegay. 1996. The use of plant viruses as markers to detect geees for resistance to bean common mosaic and bean common mosaic necrosis viruses. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:272-273.

Morales, F.J., and S.P. Singh. 1991. Genetics of the resistance to bean golden mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* L. Euphytica 52:113-117.

Nodari, R.O., S.M. Tsai, P. Guzman, R.L. Gilbertson, and P. Gepts. 1993. Towards an integrated linkage map of common bean. III. Mapping genetic factors controlling host-bacteria interactions. Genetics 134:341-350.

Olaya, G., G.S. Abawi, and N.F. Weeden. 1996. Genetic basis of resistance to *Macrophomina phaseolina* in *Phaseolus vulgaris* line BAT 477. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:55-56.

Osborn, T.C., D.C. Alexander, S.S.M. Sun, C. Cardona, and F.A. Bliss. 1988. Insecticidal activity and lectin homology of arcelin seed protein. Science. 240:207-210.

Paran, I., and R.W. Michelmore. 1993. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. Theor. Appl. Genet. 85:985-993.

Park, S.O., A. Dursun, D.P. Coyne, and G. Jung. 1996. Identification of RAPD markers linked to major genes for common bacterial blight resistance using bulk segregant analysis in a tepary bean cross. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:128-129.

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.

Pastor-Corrales, M.A., M.M. Otoya, A. Molina, and S.P. Singh. 1995. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. Plant Dis. 79:63-67.

Polanco, T. 1993. Desarrollo de una metodologia para la indentificacion de genotipos de habichuela resistentes a la mustia hilachosa. M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico. 82 pp.

Romero-Andreas, J., B.S. Yandell, and F.A. Bliss. 1986. Bean arcelin. 1. Inheritance of a novel seed protein of *Phaseolus vulgaris* L. and its effect on seed composition. Theor. Appl. Genet. 72:123-128.

Schafer, F.R., and A.P. Roelfs. 1985. Estimated relation between numbers of urediniospores of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and rates of occurrence of virulence. Phytopathology 75:749-750.

Schneider, K.A., M.E. Brothers, and J.D. Kelly. 1997. Marker assisted selection to improve drought resistance in common bean. Crop Sci. 37:51-60.

Schuster, M.L. 1983. Variability in virulence of Dominican Republic *Xanthomonas phaseoli* in CIAT *Phaseolus vulgaris* cultivars. Fitopatol. Bras. 8:339-345.

Digitized by Google

Silbernagel, M.J., L.J. Mills, and W.Y. Wang. 1986. Tanzanian strain of bean commmon mosaic virus. Plant Dis. 70:839-841.

Singh, S.P., C. Cardona, F.J. Morales, M.A. Pastor-Corrales, and O. Voysest. 1996. Gamete selection for upright carioca beans with resistance to leafhopper and four diseases. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39: 86-87.

Singh, S.P., R. Nodari, and P. Gepts. 1991a. Genetic diversity in cultivated common bean. I. Allozymes. Crop Sci. 31:19-23.

Singh, S.P., R. Nodari, and P. Gepts. 1991b. Genetic diversity in cultivated common bean. II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Sci. 31:23-29.

Skroch, P., G. Jung, J. Nienhuis, and D. Coyne. 1996. Integration of RAPD marker linkage maps and common mapping of QTL for disease resistance in common bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:48-49.

Skroch, P., J. Tivang, and J. Nienhuis. 1992. Analysis of genetic relationships using RAPD marker data. CSSA-ASHS-AGA Joint Plant Breeding Symp. Ser., Minneapolis. Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wis. p. 26-30.

Staub, J.E., F.C. Serquen, and M. Gupta. 1996. Genetic markers, map construction, and their application in plant breeding. HortScience 31:729-741.

Stavely, J.R. 1984. Genetics of resistance to *Uromyces phaseoli* in a *Phaseolus vulgaris* line resistant to most races of the pathogen. Phytopathology 74:339-344.

Stavely, J.R. 1990. Genetics of rust resistance in *Phaseolus vulgaris* plant introduction PI 181996. Phytopathology 80:1056 (abstract).

Stavely, J.R., J.D. Kelly, and K.J. Grafton. 1994. BelMiDak-rust-resistant navy dry beans germplasm lines. HortScience 29:709-710.

Stavely, J.R., J. Steinke, R.T. McMillan Jr., K.F. Grafton, J.R. Steadman, J.D. Kelly, D.P. Coyne, D.T. Lindgren, and M.J. Silbernagel. 1992. Rust resistant bean germplasm releases. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 35:228-229.

Urrea, C.A., P.N. Miklas, J.S. Beaver, and R.H. Riley. 1996. A codominant randomly amplified polymorphic DNA marker useful for indirect selection of bean golden mosaic virus resistance in common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:1035-1039.

Weeden, N.F., G.M. Timmerman, M. Hemmat, B.E. Kneen, and M.A. Lodhi. 1992. Inheritance and reliability of RAPD markers. CSSA-ASHS-AGA Joint Plant Breeding Symp. Ser., Minneapolis. Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wis. p. 12-17

Young, R.A., and J.D. Kelly. 1996a. RAPD markers flanking the *Are* gene for anthracnose resistance in common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:37-41.

Young, R.A., and J.D. Kelly. 1996b. Characterization of the genetic resistance to *Colletrotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. Plant Dis. 80:650-654.

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.

Digitized by Google

Digitized by Google

SECCION VI. MEJORAMIENTO DE CULTIVARES: FRIJOLES MESOAMERICANOS

Digitized by Google

Digitized by Google

Achievements, Problems and Prospects for Breeding Pinto Beans in North America

Mark A. Brick
Colorado State University, Ft. Collins (Colorado), USA

91
30 ENE 1998

RESUMEN

La producción de frijol pinto en los Estados Unidos (EEUU) varía entre 450,000 y 650,000 toneladas cada año y constituye 40 a 50% de toda la producción de frijol seco. Los pintos y los "great northerns" (blanco mediano) de la raza Durango del acervo genético mesoamericano (MA) eran cultivados en la región oeste y central de los EEUU desde antes de la llegada de los colonos europeos. Los colonos extendieron el cultivo hacia el oeste de los EEUU por la medio de la introducción y selección de los cultivares criollos. Los cultivares criollos fueron seleccionados por la insensibilidad a fotoperíodo y cultivados en áreas pequeñas hasta que los gobiernos federales y estatales de Idaho y Michigan iniciaron programas de mejoramiento durante los años de 1800. Aquellos programas introdujeron germoplasma nuevo para la producción comercial y determinaron que las semillas producidas en la región oeste y semiárida de los EEUU no tenían patógenos transmitidos por semillas, específicamente el virus del mosaico común (VMC) y bacteriosis común (causada por *Xanthomonas campestris pv. phaseoli).* En 1917, la producción de semillas fue trasladada de la región central y oriental de los EEUU a la región occidental semiárida, donde hoy se producen la mayoría de la semillas comerciales de frijoles. En 1906, el "Michigan Agricultural College" (Michigan State University) se constituyó en la primera institución en los EEUU en emplear un fitomejorador de frijol de tiempo completo. Subsiguientemente, otras universidades y la USDA iniciaron programas de mejoramiento; los esfuerzos iniciales se concentraron en el mejoramiento de resistencia a enfermedades por selección en criollos y en la introducción de cultivares/germoplasma de otras regiones. Hoy los programas públicos y privados de investigación y los de el USDA están involucrados activamente en el mejoramiento del pinto en los EEUU y Canadá. En el sector público, los programas de mejoramiento para frijoles pinto continúan en Colorado State University, University of Idaho, North Dakota State University , Michigan State University, University of Nebraska, University of Saskatchewan y el USDA en Prosser, Washington. Estos programas desarrollaron cultivares con resistencia a muchas enfermedades usando genes identificados dentro y fuera de la raza Durango, tal como los genes recesivos *bc-1* y *bc-2* para resistencia a VMC, genes dominantes encontrado en el frijol tepari (*Phaseolus acutifolius* Gray) por resistencia a la bacteriosis común, genes que confieren resistencia a roya *(Uromyces appendiculatus pv. appendiculatus)*, y para resistencia a pudriciones radicales. El rendimiento promedio de grano aumentó 10.4 kg/ha cada año desde 1940 a 1944, debido a la introducción de nuevos cultivares y mejor manejo agronómico. La introducción de cultivares nuevos durante esos años ha sido estimada como responsable del 70% del aumento anual de rendimiento. Los actuales programas de mejoramiento utilizan germoplasma con una base genética amplia y continúan mejorando la resistencia a enfermedades con el gene *bc-3* para resistencia a VMC, piramidando los genes *Ur-3* y *Ur-5* (B 190) para resistencia a razas múltiples de roya, genes para resistencia a antracnosis *(Colletotrichum lindemuthianum)*, creando plantas de arquitectura de tipo II, la que reduce la incidencia del moho blanco *(Sclerotinia sclerotiorum)* y facilita la cosecha directa, mejorando resistencia fisiológica a moho blanco, usando marcadores moleculares para ayudar en la selección, y usando germoplasma diferente de la raza Durango y de las otras especies tal como *P. acutifolius* y *P. coccineus.* En el futuro, programas de mejoramiento probablemente ampliarán la base genética del pinto, aumentarán el uso de marcadores moleculares, mejorarán las características culinarias para enlatar y desarrollarán variedades de frijol para nuevas demandas del consumidor. La falta de un sistema regenerativo de células somáticas que tenga aplicación extensa continuará a limitar la transformación del frijol común a sistemas que no se basan en *Agrobacterium* para introducir en el genoma DNA extraño. En todo caso, la tecnología de "particle gun" y otras técnicas nuevas continuarán desarrollándose. Los programas de mejoramiento enfocarán la atención en nuevas estrategias para resistencia a enfermedades y en factores de la calidad de alimento, demandado por los consumidores.

Digitized by Google

PRODUCTION AND CONSUMPTION

Production of pinto beans in the US varies from 450,000 to 650,000 mt annually and pinto beans constitute 40 to 50% of the total 1.1 to 1.3 million mt dry bean crop. More than 80% of the pinto beans sold in the US are sold in dry packages with the remainder sold as canned or processed products. Domestic consumption of dry beans has increased since 1980 to 3.5 kg /person/year, primarily due to the recognition that dry beans in the diet lowers blood cholesterol content and the increased consumption of ethnic food from Latin America. Today, consumption of pinto beans accounts for about half of the total domestic consumption.

Production of pinto beans is concentrated in North Dakota, Colorado, Nebraska and Idaho, however, other states such as California, Michigan, Minnesota, Kansas, New Mexico, Texas, Washington and Wyoming contribute to the total. Almost 250,000 ha of pinto beans were planted in North Dakota and Colorado in 1996. The average yield of pinto bean ranges from 1200 kg/ha in rainfed production areas of North Dakota to more than 2000 kg/ha under irrigated production in the western US. Seasonally, production is limited by many factors including: environmental stresses such as heat, drought and frost; cultural problems such as soil compaction, restricted use of fertilizer and use of poor quality seed; disease problems such as rust, common bacterial blight, bacterial brown spot, halo blight, white mold, and soil borne fungi that cause root rots. This paper will review past and present breeding strategies to reduce damage caused by some of these problems and propose opportunities to increase yield in pinto beans.

HISTORY OF PINTO BEAN CULTIVATION AND IMPROVEMENT IN THE US

Pinto and great northern beans (medium white) from the Durango race of the Middle American (MA) gene pool were cultivated in the southwestern and central portions of the US prior to the arrival of European settlers. Kaplan (1965) reported that beans found at an archeological site in southwestern US were cultivated 2,300 years ago and that they likely originated from Middle America. New world settlers cultivated dry beans in the western US with the selection and introduction of land races of small red, pink, pinto and great northern beans from the arid highlands of central Mexico. Many of the introduced land races that had indeterminate growth habit were photoperiod sensitive and could not be grown in the northern latitudes, consequently most had type I growth habit. The early land races were grown on small acreage until state and federal governments initiated improvement programs during the late 1800's. During the early 20th century, research programs introduced new germplasm and determined that seed stocks produced in the semiarid western US had lower seed borne pathogens, notably bean common mosaic virus (BCMV) and anthracnose (caused by *Colletotrichum lindemuthianum*). By 1917, seed production shifted from the central and eastern US to the semiarid western US, where most commercial bean seed is produced today. In 1906, the Michigan Agricultural College (Michigan State University) was the first institution in the US to employ a full time bean breeder. Subsequently, other universities and the USDA initiated breeding programs and efforts were concentrated on improving disease resistance. Early breeding efforts relied primarily on introduction of germplasm and selection of resistant plants in heterogeneous cultivars and land races.

Today, public, commercial and USDA research programs are actively involved in pinto bean improvement in the US and Canada. In the public sector, pinto breeding programs are ongoing at

Digitized by Google

Colorado State University, University of Idaho, North Dakota State University, Michigan State University, University of Nebraska, University of Saskatchewan, and the USDA at Prosser, WA. These programs have released many new cultivars with resistance to pathogens by using alleles found within and outside of the Durango race.

Current breeding programs are using broad based parental material to improve disease resistance and agronomic performance. The categorization of *Phaseolus* germplasm into six races within two primary centers of origin has contributed immensely to our knowledge about the genetic diversity in *Phaseolus* germplasm (Singh et al., 1991). This categorization provided us with a better understanding of genetic incompatibility factors between germplasm from different center of origin that can result in lethality of F_1 hybrids and differences in combining ability among races. The amount of genetic diversity in dry bean cultivars grown in the US was evaluated by McClean et al. (1993) using cluster analysis on the coefficient of parentage data from pedigrees. They found that among 143 genotypes evaluated, three major clusters occurred, corresponding to small, medium and large seeded cultivars. The medium-seeded cluster was composed of genotypes from the Durango race, including, pinto, great northern, small red and pink seeded types. They further reported that among the three major cluster groups, the medium-sized seed group had the largest amount of genetic diversity both within and among cluster groups. Much of the diversity seen in the medium seed size group was accounted for by the introgression of resistance genes from the Andean gene pool for rust and BCMV. Introgression of genes for resistance to other pathogens and upright plant architecture have also contributed to diversity in this group.

BREEDING FOR RESISTANCE TO PATHOGENS

Bean Common Mosaic Virus

BCMV is a serious disease of beans that can reduce crop yield by up to 80% (Kaiser et al., 1968). BCMV has been controlled for many years in the US through resistant cultivars and seed certification programs. BCMV was first reported in 1916 as a disease of bean in New York state (Stewart and Reddick, 1917). This strain was labeled 'virus 1', now termed the 'Type' strain assigned to pathogroup I, according to Drijfhout (1978). Reddick and Stewart (1919) were the first to report that the virus was transmitted through the seed. Resistance to virus 1 was found in 1918 in the small white seeded variety 'Robust', from the Mesoamerica race of the MA gene pool. Resistance was conditioned by a recessive allele known today as the *bc-2* allele (Drijfhout, 1978; Forster et al., 1994). The *bc-2* allele conferred resistance to BCMV until 1943, when a new strain of mosaic appeared in both New York and Idaho (Richards and Burkholder, 1943). The new strain was termed New York 15 (NY-15), later assigned to pathogroup 5 by Drijfhout (1978). Resistance to NY-15 was found in progeny from a cross between a small red and a great northern cultivar. The gene provided resistance to both the Type and NY-15 strains and it was later determined that either the *bc-2*^{2} or *bc-1*^{2} allele conferred resistance to both strains. Since 1943, several more strains have been identified in the western US. Silbernagel (1969) reported the western strain (pathogroup IV) in 1969 and since 1980, strain NL 8 in pathogroup 3 and strain US 10 in pathogroup 7 have been reported in Idaho and Washington. The appearance of strains in pathogroup 3 and 7 cause concern because strain 3 causes black root at moderate temperatures in varieties possessing unprotected *I* gene and pathogroup 7 was not known to occur in the US and cultivars do not have resistant to

Digitized by Google

strains in that pathogroup (Forster et al., 1994). The occurrence of these new strains of BCMV have prompted breeders to look for new sources of resistance. The dominant *I* gene confers resistance to all strains but causes black root due to the hypersensitive reaction depending on the environment and host-strain combination. Recessive *bc* genes confer resistance to one or more strains and do not cause black root. Many breeding programs are combining the recessive *bc* alleles with *I* gene, termed "protected I gene", to provide resistance to all known strains of BCMV. The *bc-3* allele, reportedly found in the cultivar 'Don Timoteo' and the line IVT 7214 by Drijfhout (1978), has been used to confer resistance to all known strains of BCMV. This allele has also been introgressed into adapted pinto germplasm. Many pinto breeding programs are presently incorporating the *bc-3* allele alone or in combination with the *I* gene for commercial cultivar development. Because the *bc-3* allele masks the activity of the other recessive *bc* alleles, molecular markers have been proposed to combine the I gene with *bc-3*, *bc-2* and *bc-1* alleles to provide a more durable form of resistance (Kelly et al., 1995). Markers that are linked to the *I* and *bc-3* alleles are available (Haley el al., 1994; Miklas et al., 1996).

Rust

Rust, caused by *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger var. *appendiculatus,* is one of the most damaging fungal disease in the US. Damage by rust, on susceptible cultivars, can reduce yield by 40 to 100% (Stavely and Pastor-Corrales, 1989) depending on time of infection, environmental conditions and race and severity of the pathogen. The pathogen is among the most variable of all plant pathogens with more than 100 races identified in the US (Stavely, personal communication; Stavely et al., 1989; Steadman et al., 1995). Unique sources of resistance are available in both the Andean and Middle American gene pools (Gonzáles-García and Grafton, 1996).

Dr. William Zaumeyer, a USDA scientist, was among the first to study resistance and evaluate sources of resistance to rust in bean (Zaumeyer and Harter, 1941). He was active from 1930 until his retirement in 1969 (Dean, 1994). In 1979, the cultivar 'Olathe' (Wood et al., 1982) was the first pinto released with resistance to the prevalent rust strains in the western US. Resistance genes in Olathe were obtained from a dark red kidney cultivar from the Nueva Granada race. Since then, thousands of bean lines have been evaluated for reactions to different races of rust (Stavely, 1988 and 1989). Resistance genes may condition reactions to one or more pathogen-races (Kelly,1995). Resistance is race specific and controlled by several dominant genes (Stavely and Grafton, 1989; Zaumeyer and Harter 1941). The gene nomenclature system uses a series of *Ur-* numbers to identify genes. In the US, the *Ur-3* gene is the most widely used source of resistance in pinto germplasm. Many pinto lines and cultivars have been released that possess *Ur-3* (Coyne et al., 1994; Stavely and Grafton, 1989; Stavely et al., 1992). To date the *Ur-3* allele has provided stable resistance in the western and central US, however breeders are also using other genes from both the Andean and Middle American gene pools (Kelly et al., 1996). To provide stable rust resistance, breeders have combined two or more resistance genes. Combining three rust resistance genes could provide resistance to 63 of the races of rust that have been characterized in the US (Kelly et al., 1994). Several lines that possess multiple genes for rust resistance have been released as germplasm (Stavely et al., 1992 and 1994). To facilitate selection and pyramiding genes for resistance to rust, molecular markers such as RAPD's have been used (Kelly et al., 1994; Haley et al., 1993; Miklas et al., 1993). The use of molecular markers (e.g. RAPD, SCAR) allows the identification of progeny

Digitized by Google

that possess specific resistance genes tightly-linked. Molecular markers also enable breeders to combine multiple resistance genes without the need to use multiple inoculations with different rust races or test-crossing back to susceptible genotypes to select genotypes that carry all desired genes.

Common Bacterial Blight

Common bacterial blight, caused by *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (XCP), is an important disease of dry beans worldwide (Saettler, 1989; Zaumeyer and Thomas ,1957). Because XCP is a seed-borne pathogen, the most important control method is to plant clean seed from either a reputable seed company or certified seed. Cultural practices such as crop rotation and deep-plowing are also effective. Sources of genetic resistance to XCP have been identified (Arnaud-Santana et al., 1993; Coyne and Schuster, 1969 and 1983). Resistance to XCP has been reported to be quantitative in some cases, with pod and leaf susceptibility controlled by different genes (Arnaud-Santana et al., 1994) or qualitative in sources of resistance from tepary bean (*Phaseolus accutifolius* Gray) (Dursun et al., 1995; Park et al. 1996). The primary source of resistance used in pinto beans today was obtained from interspecific hybridization between common and tepary beans (Honma, 1956) The original cross was between 'Tepary 4' and a susceptible great northern line. Subsequently, this source of resistance was released as 'Nebraska #1 Selection 27', and used in the parentage of many great northern cultivars (Coyne and Schuster, 1969, 1970, 1974). This source of resistance is still being used to develop resistant pinto cultivars, such as Chase a new variety released in Nebraska (Coyne et al., 1994). New sources of resistance are being found in both tepary (Miklas et al., 1994b) and *Phaseolus coccineus* (Miklas et al. 1994a). Molecular markers linked to resistance genes in tepary beans have been found to assist in selection of segregating progeny (Nodari et al.; Park et al., 1996) and offer a unique opportunity to incorporate both quantitative and qualitative forms of resistance in the future.

Plant Architecture

Breeding for upright Type I or II architecture has also been an important component of pinto breeding. Upright growth habit provides disease avoidance for white mold caused by (*Sclerotinia sclerotiorum*) by creating an open canopy that slows the development of the pathogen in semi-arid environments. Upright architecture also enables the crop to be direct harvested with a combine, thus reducing seed loss during cutting and field curing. The varieties 'Ouray' and 'Topaz' released by Colorado State University and Rogers/Sandoz Co., respectively, were among the first pinto cultivars to combine upright architecture and early maturity. Adams (1982) proposed the concept of using plant architecture to develop the ideal type of plant structure, and Kelly and Adams (1987) proposed the use of recurrent selection to develop pinto bean varieties with Type II architecture. The variety 'Sierra' (Kelly et al., 1990) was released by Michigan State University as a result of recurrent selection for upright architecture. Heritability of upright growth habit has been estimated to be high. Brothers and Kelly (1993) reported that narrow sense heritability ranged from 0.42 to 0.62 and indicated that genes controlling plant architecture and seed weight were not linked.

Today many new pinto varieties possess Type II architecture such as 'Vision' released by Asgrow Seed Co. and 'Maverick' from North Dakota State University. These varieties combine Type II growth habit with resistance to rust and other foliar pathogens. Breeding lines have already

Digitized by Google

been developed that combine Type II architecture, rust resistance and the *bc-3* allele for resistance to BCMV. Breeding for upright architecture will continue to be an important objective in most dry bean breeding programs in the US. Upright growth habit reduces dependence on fungicides to control white mold and improves the efficiency of pesticide application thereby reducing the amount that is required to control disease outbreaks.

Breeding for Yield

Yield levels of dry beans have increased linearly in the past 50 years. From 1940 to 1994, mean seed yield of dry beans increased an average of 10.4 kg/ha per year due to the introduction of new varieties and technological changes in commercial bean production (Nuland and Taylor, 1996). The introduction of new cultivars during this period accounted for 70% of the annual yield increase. The yield increases have been accomplished by incorporating new genes for resistance to pathogens and yield increases *per se* in the absence of plant pathogens. In Colorado, a yield increase of almost 300 kg/ha since 1980 can be attributed to the release of the varieties Olathe and Bill Z.

Today, many programs have begun to use exotic germplasm into their programs to both broaden the genetic base of the crop and obtain yield enhancing genes from other sources. Most of the success in broadening the genetic base of pinto beans has come as a result of combining genes from races within the Middle American gene pool. It has been demonstrated that population bulks and lines that result from crosses between parents of different races within the MA gene pool have higher mean seed yield than those that result from crosses between parents from the Andean and MA gene pools. Furthermore, mean seed yield of progeny that resulted from crosses between races in the MA gene pool were higher than those that resulted from parents within races. They suggested that the higher yield potential in intra racial crosses was due to more favorable epistatic interactions. These results suggest that breeders should continue to broaden the genetic base of pinto beans by crossing to the Mesoamerican and Jalisco races, but must use caution when crossing to Andean races for direct seed yield gains.

PINTO BREEDING ACTIVITIES AT PUBLIC INSTITUTIONS

Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge, Canada

The provinces of Manitoba and Alberta produce pinto, great northern, small red and pink beans. Annual production for these market classes is about 5,000 ha in Manitoba and 12,000 ha in Alberta. Dr. Gilles Saindon was hired by Agriculture and Agri-Food Canada in 1989 as a bean breeder. He recently moved out of this position and Dr. Henning Muendel has taken over the bean breeding program. The objectives of this program are early maturity combined with suitability for direct harvest systems.

Colorado State University, Ft. Collins, Colorado

Colorado ranks second in pinto production nationally with approximately 80,000 ha. The breeding program at Colorado State University was initiated in 1947 to develop pinto varieties for commercial production. Today, the program has activities in breeding varieties for both nonirrigated

Digitized by Google

and irrigated areas of the western US. Early breeding efforts were placed on resistance to BCMV, bacterial pathogens and increased yield. Dr. Don Wood released 'Ouray', in 1975, the first upright type I pinto variety and 'Olathe' in 1979 , the first pinto variety with rust resistance, now known to posses the *Ur-6* allele obtained from Anedean germplasm. Since then, several pinto varieties adapted to irrigated and nonirrigated production have been released. The current emphasis is to incorporate resistance to rust, BCMV and XCP with early maturity using broad sources of germplasm. In addition, resistance to halo blight, bacterial brown spot and *Fusarium* wilt are being identified and incorporated into advanced lines. Several rust resistance genes are being incorporated into adapted pinto lines singly and in combination to develop stable resistance. Breeding for BCMV has focused on the use of *bc-3* and other recessive alleles. Sources of resistance to XCP include those that carry the Neb #1 source and sources obtained from CIAT. Breeding procedures include pedigree, backcross and single pod descent methods.

Michigan State University, East Lansing, Michigan

The breeding program at Michigan State University was the first public breeding program in the US and released the navy bean variety 'Robust', in 1915. Since then many varieties have been released by MSU. Michigan produces less than 2500 ha of pinto and great northern beans annually. Breeding efforts are conducted in 10 market classes, however, pinto, great northern, navy and black beans receive the most emphasis. The emphasis of current breeding efforts include, improved disease resistance, especially for anthracnose, rust, BCMV, and bacterial pathogens, developing varieties with Type II plant architecture; improving seed quality traits for cooking and canning, and increasing yield potential. This program has extensively developed and uses molecular markers to aid in indirect selection and pyramiding alleles for resistance to diseases. The program also utilizes a winter nursery in Puerto Rico for evaluation and seed increase.

North Dakota State University, Fargo, North Dakota

North Dakota is the largest producer of pinto beans in the US. In 1996, more than 180,000 ha of pinto beans were planted. The primary production problems include; damage caused by rust, white mold, bacterial pathogens, and viruses. The breeding program was initiated in 1981 when Dr. Ken Grafton was hired as the breeder. This program is investigating molecular markers to assist selection for resistance to rust, BCMV and white mold. Breeding procedures include, single seed descent, backcross and recurrent selection. This program utilizes a winter nursery in Puerto Rico and has recently released two pinto and one navy variety for the region.

University of Idaho, Kimberly, Idaho

There are approximately 20,000 ha of pinto beans grown in Idaho annually as well as large areas of pink, small red and great northern varieties grown. The breeding program was initiated in the 1920's to develop disease resistant varieties for the western US and has released numerous pinto, great northern, pink, small red and small white varieties since its initiation. Dr. Jim Myers, the most recent breeder at Idaho, moved to Oregon State University in 1996. His breeding activities included, incorporating protected *I* gene resistance into pinto, great northern, small red and pink market

Digitized by Google

classes, improving the cooking qualities of commercial varieties, breeding for Type I and II architecture, and improved disease resistance, primarily for rust. The breeding program primarily uses single seed descent and the overall direction of the program is to breed for general adaptation and stability. Dr. Myers is also working on genes that condition seed coat color and basic genetic studies in the BCMV subgroup of potyviruses.

University of Nebraska, Lincoln, Nebraska

Great northern and pinto beans are produced in Nebraska, with approximately 45,000 and 38,000 ha grown in each class, respectively. Dr. Dermot Coyne has worked on breeding beans at Nebraska since 1961. He released numerous great northern varieties with multiple disease resistance, especially to bacterial pathogens. Recently, the pinto cultivar 'Chase', was released by Dr. Coyne, which is the first pinto cultivar to combine disease resistance to white mold, rust, XCP, and halo blight. Current research involves the genetics of resistance to rust, bacterial pathogens and white mold. Research on molecular markers linked to important traits continue, especially for those genes conditioning, resistance to XCP, rust, and web blight, and upright plant architecture.

Crop Development Centre, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada

Approximately 2,000 ha of pinto and 1,000 ha of great northern, small reds and pink beans are produced in Saskatchewan. A breeding program was initiated at the Crop Development Centre, University of Saskatchewan, at Saskatoon in 1991, when Dr. Bert Vandenberg was hired. The current emphasis of the breeding program is to develop early maturity with suitability for direct harvest systems by incorporating Type I and II architecture, adaptation to local environments, and reduction of shattering. The program is using F_2-derived family, pedigree and gamete selection methods. Winter nurseries in Chile and Arizona are used for seed increase. This program has released three varieties including a black, pinto and great northern type, all with Type I growth habit for direct harvest.

USDA-ARS, Prosser, WA

The USDA breeding program at Prosser, WA was initiated in 1957 by Dr. Doug Burke. Emphasis in this program has been on developing pinto, pink, red and great northern varieties with improved resistance to *Fusarium* root rot, BCMV, and curly top virus. In the early 1980's Dr. Matt Silbernagel assumed responsibility for the project and introgressed genes from the line A 55 to obtain resistance to BCMV (*I* gene) and root rot pathogens, and Type II architecture in the pinto, pink and small red classes. In 1996, Dr. Phil Miklas assumed responsibility with emphasis on developing broad based germplasm with resistance to one or more pathogens. He has obtained new sources of resistance to white mold, XCP, and rust by crossing to *P. coccineus* (Miklas et al., 1994a). He is also moving the *bc-3* allele into small red beans, improving XCP and white mold resistance in pinto beans, looking for new sources of resistance to soil-borne fungal pathogens and searching for molecular markers linked to specific genes to assist in selection. This program utilizes a winter nursery in Puerto Rico.

Digitized by Google

FUTURE DIRECTION OF PINTO IMPROVEMENT IN THE US

The ideal pinto variety will have early maturity to enable producers to avoid damage by early freeze, an upright growth habit to facilitate direct mechanical harvest and provide avoidance to white mold disease, resistance to the prevalent pathogens to reduce the reliance on pesticides, and increased seed yield with excellent quality. Breeders will continue to emphasize traits that reduce the cost of production, enhaced seed yield and improve seed quality.

Breeding programs in the future will improve breeding methods and broaden the genetic base of pinto varieties. The use of molecular marker assisted selection will increase due to the availability of markers linked to important disease and pest resistance alleles. Molecular marker facilitated selection will become easier to use with improved technology, especially if they can be used in conjunction with less purified DNA and without the need to amplify regions of the genome using the polymerase chain reaction. Markers will continue to be used to improve quantitatively inherited traits (QTL) and pyramid gene combinations that cannot or are not easily identified using conventional screening techniques. The genetic base of pinto varieties will continue to expand with the introgression of genetic sources outside the Durango race and from other species. Programs at CIAT, the USDA and elsewhere have already developed material by hybridizing common bean with *P. coccineus*, *P. accutifolius* and *P. lunatus* to improve resistance to pathogens. The cooking and digestibility of beans will be enhanced to address consumer demands for faster cooking, higher digestibility and new food products.

The lack of a widely applicable somatic cell regeneration system will continue to limit transformation of common bean to particle gun technology. Therefore, transformation systems will likely be used to introduce commercially important traits that are not available in the primary and secondary *Phaseolus* gene pools and can be patented to ensure a return on investment. Particle gun techology should be pursued very intensly by a few programs, but the cost benfit ratio of the technology at this time is very high.

REFERENCES

Adams, M.W. 1982. Plant architecture and yield breeding. Iowa State J. Res. 56:225-54.

Arnaud-Santana, M.T., T. Mmbaga, D.P. Coyne, and J.R. Steadman. 1993. Sources of resistance to common bacterial blight and rust in elite *Phaseolus vulgaris* L. Germplasm. HortSci. 28:644-646.

Brothers, M.E., and J.D. Kelly. 1993. Interrelationship of plant architecture and yield components in the pinto bean ideotype. Crop Sci. 33:1234-1238.

Coyne, D.P., D.S. Nuland, D.T. Lindgren, and J.R. Steadman. 1994. 'Chase' pinto dry bean. HortSci. 29:44-45.

Coyne, D.P., and M.L. Schuster. 1969. 'Tara' a new great northern dry bean tolerant to common blight bacterial disease. Univ of Nebraska Agr. Exp. Sta. Bull. 506.

Coyne, D.P., and M L. Schuster. 1970. 'Jules' a great northern dry bean variety tolerant to common blight bacterial disease. SB 506. Agric. Esp. Sta., College of Agric and Home Econ, University of Nebraska, Lincoln, NE.

Coyne, D.P., and M.L. Schuster. 1974. 'Great Northern Star' dry bean tolerant to bacterial diseases. HortSci. 11:621.

Digitized by Google

Dean, L.L. 1994. Seventy years of bean research. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:9-11.

Drijfhout, E. 1978. Genetic interaction between *Phaseolus vulgaris* and bean common mosaic virus, with implications for strain identification and breeding for resistance. Agric. Res. Rep. 872 (Wageningen).

Dursun, A. , D.P. Coyne, M.F. Mohamed, and G. Jung. 1995. Inheritance of resistance to common bacterial blight in tepary beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 38:162-63.

Forster, R. L., C.A. Strausbaugh, K. Stewart-Williams, and J.R. Myers. 1994. Determination of resistance to BCMV in dry edible bean cultivars and breeding lines. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:1-5.

Gonzáles-García, V.F., and K.F. Grafton. 1996. Inheritance of rust resistance in common bean of diverse origin. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:174-175.

Haley, S.D., L. Afanador and J.D. Kelly. 1994. Identification and amplification of a random amplified polymorphic DNA marker for the *I* gene in common bean. Phytopathology 84:157-160.

Haley, S.D., P.N. Miklas, J.R. Stavely, J. Byrum, and J.D. Kelly. 1993. Identification of RAPD markers linked to major rust resistance gene block in common bean. Theor. Appl. Genet. 86:505-512.

Kaiser, W.J., D. Danesh, M. Okhovat, and H. Mossahebi. 1968. Diseases of pulse crops in Iran. Plant Dis. Rep. 52:687-691.

Kaplan, L. 1965. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). Econ. Bot. 19:(4) 358-368.

Kelly, J. D. 1995. Use of RAPD markers in breeding for major gene resistance to plant pathogens. HortSci. 30:461-465

Kelly, J.D., and M.W. Adams. 1987. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of pinto beans. Euphytica 36:69-80.

Kelly, J.D., M.W. Adams, A.W. Saettler, G.L. Hosfield, G.V. Varner, M.A. Uebersax, and J. Taylor. 1990. Registration of 'Sierra' pinto bean. Crop Sci. 30:745-746.

Kelly , J.D., L Afanador, and S.D. Haley. 1995. Pyramiding genes for resistance to bean common mosaic virus. Euphytica 82:207-212.

Kelly, J.D., S. Haley, L Afanador, P.N. Miklas, and J.R. Stavely. 1994. Application of RAPD markers for disease resistance breeding in beans. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 37:15-16.

McClean, P.E., J.R. Myers, and J.H. Hammond. 1993. Coefficient of parentage and cluster analysis of north American dry bean cultivars. Crop Sci. 33:190-197.

Miklas, P.N., L. Afanador, and J.D. Kelly. 1996. Recombination facilitated marker-assisted selection for disease resistance in common bean. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:54.

Miklas, P.N., J.S. Beaver, K.F. Grafton, and G.F. Freytag. 1994a. Registration of TARS VC1-4B multiple disease resistant dry bean germplasm. Crop Sci. 34:1415.

Miklas, P.N., J.C. Rosas, J.S. Beaver, J.S. Telek, and G.F. Freytag. 1994b. Field performance of selected tepary bean germplasm for the tropics. Crop Sci. 34:1639-1644.

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.

Nuland, D.S., and G. Taylor. 1996. Technological progress in dry bean yields. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:50-51.

Digitized by Google

Park. S.O., A. Dursun, D.P. Coyne, and G. Jung. 1996. Identification of RAPD markers linked to major genes for common bacterial blight resistance using bulked segregant analysis in a tepary bean cross. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39:128-129.

Reddick, D., and V.B. Stewart. 1919. Transmission of the virus of bean mosaic in seed and observations of thermal death point of seed and virus. Phytopathology 9:445-450.

Richards, B.L., and W.H. Burkholder. 1943. A new mosaic disease of beans. Phytopathology 33:1215-16.

Saettler, A.W. 1989. Common bacterial blight. p. 261-283. *In* H. F. Schwartz and M. A. Pastor-Corrales (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Silbernagel, M.J. 1969.Mexican strain of bean common mosaic virus. Phytopathology 59: 1809-1812.

Singh, S.P., P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* , *Fabaceae*). Econ. Bot. 45:379-396.

Stavely, J. R. 1988. Identification of rust resistance in *Phaseolus vulgaris* plant introductions 90758 through 194333. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 31:128-129.

Stavely, J. R. 1989. Occurrence of rust resistance in *Phaseolus vulgaris* plant introductions 194333 through 28948. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 31:128-129.

Stavely, J.R., and K.F. Grafton. 1989. Registration of BelDak Rust resistant-1 and -2 pinto dry bean germplasm. Crop Sci. 29:834-835.

Stavely, J.R., J.D. Kelly, and K.F. Grafton. 1992. Release of four erect short-vine pinto bean germplasm lines, BelDakMi-rust resistant-1,-2,-3, and -4 USDA, North Dakota and Michigan Agric. Exp. Sta. Germplasm Release Notice. 3p

Stavely, J.R., J.D. Kelly, and K.F. Grafton. 1994. BelMiDak-rust resistant navy dry bean germplasm lines. HortSci. 29:709-711.

Stavely, J.R., and M.A. Pastor-Corrales. 1989. Rust. p.159-194. *In* H. F. Schwartz and M. A. Pastor-Corrales (eds.) Bean Production Problems in the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Stavely, J.R., J.R. Steadman, and R. McMillan. 1989. New pathogenic variability in *Uromyces appendiculatus* in North America. Plant Dis. 73:428-432.

Stavely, J.R., J. Steinkle, R.T. McMillan, K.F. Grafton, J.R. Steadman, J.D. Kelly, D.P. Coyne, D.T. Lindgren, and M.J. Silbernagel. 1992. Rust resistant bean germplasm releases. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 35:228-229.

Steadman, J.R., J. Beaver, M. Boudreau, D.P. Coyne, J. Groth, J. Kelly, M. McMillan, R. McMillan, P. Miklas, M. Pastor-Corrales, H. Schwartz, and J. Stavely. 1995. Progress reported at the 2nd international bean rust workshop. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 28:1-10.

Stewart, V.B., and D. Reddick. 1917. Bean mosaic. Phytopathology. 7:61.

Wood, D.R., and J.G. Keenan. 1982. Registration of Olathe bean. Crop Sci. 22:1259-1260.

Zaumeyer, W.J., and L.L. Harter. 1941. Inheritance of resistance to six physiologic races of bean rusts. J. Agric. Res. 63:599-622.

Zaumeyer, W.J., and H.R. Thomas. 1957. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U.S. Dept. of Agr. Tech Bull. 868.

Digitized by Google

30 ENE 1998

Problemas, Logros y Posibilidades para el Mejoramiento del Frijol Negro

R. Rodríguez
ICTA, Guatemala

RESUMEN

Dentro de la problemática del cultivo del frijol de color negro tipo Mesoamericano, se encuentran básicamente limitantes debidas a enfermedades tales como mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis común, mustia hilachosa, antracnosis, mancha angular, pudriciones radicales, mosaico severo y plagas tales como picudo de la vaina, lorito verde y gorgojo del frijol. Asimismo se identifican problemas de tipo abiótico, tales como: falta de tolerancia a altas temperaturas, a bajo fósforo, a sequía y problemas de contaminación. En el transcurso de los años de investigación se ha logrado obtener un grupo significativo de variedades mejoradas que han venido a solucionar en parte muchos de los problemas mencionados. Otro logro es el mantenimiento de la producción así como la obtención de una gran gama de líneas experimentales promisorias. El sistema de producción artesanal de semilla de frijol ha sido medianamente exitoso. Dentro de las posibilidades para contrarrestar la problemática antes planteada, se reconocen el manejo integrado de (MIP) mosaico dorado, bacteriosis y mustia hilachosa, además de comenzar a considerar caracteres de calidad culinaria, colectas de germoplasma de diferentes orígenes, sin olvidar las ventajas del mejoramiento tradicional.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las principales leguminosas de grano originarias de América Latina, y es considerada una de las principales fuentes proteínicas para sus habitantes, especialmente para aquellos de escasos recursos económicos y de áreas rurales. A diferencia de las fuentes de proteínas animal, las de origen vegetal provenientes de leguminosas de grano tales como las del frijol, tienen un bajo costo. El contenido de proteínas de frijol varía con la variedad pero, en general, es de un 24%. El frijol posee un alto valor nutritivo y en los cotiledones se encuentra la mayoría de sus componentes químicos, tales como carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales (Gálvez, 1991) (Tabla 1). En América Central, México y El Caribe el promedio del consumo per cápita anual es de 11.6 kg. Sin embargo, esta cantidad está por debajo del requerimiento mínimo recomendado por el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP), que es de 18.7 kg (Rodríguez, 1994).

El área sembrada de frijol en la región oscila entre 3,160 hectáreas (en Panamá) hasta 1,850,000 (en México), siendo el rendimiento de 607.28 kg/ha, cantidad que puede considerarse baja, tomando en cuenta que existen sistemas de producción que según informes de diferentes países permiten rendimientos superiores a 1,500 kg/ha utilizando variedades mejoradas y un manejo agronómicos adecuado. El total de frijol importado en estos países asciende en los años recientes hasta 97,270 TM, cantidad significativa si consideramos que en nuestros países existe el potencial para cubrir esa demanda, pues bastaría aumentar la producción en un 6.6 % para evitar la fuga de divisas de los países que importan este grano. Esto implica que habrá que aumentar el rendimiento a 647.36 kg/ha manteniendo las mismas áreas de siembra (Rodríguez, 1994).

En las Tablas 2 y 2A se pueden encontrar datos relacionados con superficie, rendimiento, consumo, importación y exportación de frijol en Centro América, México y Haití, respecto a frijol de grano de color negro.

Digitized by Google

Tabla 1. Contenido promedio de proteína en algunas leguminosas y algunos cereales.

Cereales	% proteína	Leguminosas	% proteína
Trigo	12.3	Frijol	22.3
Arroz	8.3	Haba	25.1
Cebada	8.6	Arveja	24.1
Maíz	8.9	Garbanzo	24
Centeno	12.1	Caupí	24
Avena	11	Gandul	25
Sorgo	11	Lenteja	28
Millo	10	Soya	38

Fuente: FAO 1977.

Tabla 2. Superficie, rendimiento, consumo, importación y exportación de frijol en Centro América, México y Haití.

	México	Guatemala	El Salvador	Costa Rica	Haití
Superficie (miles/has)	1850.00	140.42	63.92	63.66	89.00
Producción (miles/ton)	1075.00	93.69	57.27	34.25	53.00
Rendimiento (kg/ha)	581.00	670.00	895.96	538.00	595.50
Consumo per capita (kg/año)	19.50	9.07	11.30	8.60	19.00
Importación (miles/ton)	82.00	2.25	2.17	1.50	2.00
Exportación (miles/ton)	0.00	0.005	0.00	8.00	0.00

El frijol se encuentra cultivado bajo las mas diversas condiciones, desde los 52° latitud norte a los 32° latitud sur, y desde el nivel del mar hasta más de 3000 msnm. Se estima que más del 90% de la producción mundial del frijol común se da bajo condiciones de estrés donde los rendimientos promedio son bajos (menos de 600 kg/ha). Estas regiones se encuentran en el trópico y el subtrópico de América Latina, donde las fincas son pequeñas, el frijol se cultiva asociado o intercalado, en muchos casos para autoconsumo, y los agricultores, debido a sus limitados recursos, aplican pocos insumos (o ninguno). El potencial de producción, sin embargo, es superior a 5,000 kg/ha. Esta

Digitized by Google

diferencia significativa entre la producción corriente y la potencial se atribuye principalmente al ataque severo de enfermedades, a los daños causados por insectos y a problemas de falta de disponibilidad adecuada de agua y nutrimientos del suelo (Cardona et al., 1994) .

Tabla 2A. Subregión Norte de América Latina y el Caribe. Consumo por habitante.

País	Consumo/persona/año (kg)
Costa Rica	9.4
El Salvador	12.7
Guatemala	9.3
Honduras	6.8
Nicaragua	15.4
Panamá	2
Cuba	11.2
Haití	8.7
República Dominicana	6
México	12.9

CEPAL 1996.

PROBLEMATICA DEL CULTIVO EN LA REGION

El frijol es afectado por un gran número de organismos fitopatógenos y sus aislamientos son más virulentos, en las regiones tropicales que en las templadas. La incidencia y el daño ocasionado por los patógenos varia significativamente entre estaciones y de un año a otro; por consiguiente, es difícil obtener la información económica necesaria para clasificarlos de acuerdo con un orden de prioridad. El complejo de enfermedades que con más frecuencia reduce los rendimientos del frijol en clima frío son el virus del mosaico común (VMC) del frijol, virus del mosaico dorado (VMD), roya, antracnosis, mancha angular, pudriciones radicales y añublos bacterianos. La merma en la producción de este cultivo en los climas templados a cálidos, relativamente secos, se debe a la combinación del VMC, VMD, roya, mancha angular, pudriciones radicales y añublo común bacteriano; y en los climas templados a cálidos relativamente húmedos, obedece al VMD, la mustia hilachosa, pudriciones de la raíz y añublo común bacteriano. Enfermedades tales como la mustia hilachosa, el añublo común bacteriano y el virus del mosaico dorado del frijol, han sido factores decisivos en el desarrollo de reglamentaciones sobre producción de frijol en toda América Latina.

Digitized by Google

La mustia hilachosa y el añublo común bacteriano son enfermedades muy importantes en las regiones relativamente cálidas y húmedas, en donde constituyen factores limitantes de la producción. El virus del mosaico dorado del frijol ha sido una enfermedad devastadora en algunas partes de Brasil, América Central, el Caribe y México.

Insectos tales como la conchuela del frijol y el picudo de la vaina son comunes principalmente en regiones de América Central, el Caribe y México. Los insectos de granos almacenados (o gorgojos), constituyen un problema económico de consideración.

La producción de frijol común también es afectada por muchos otros factores, además de los organismo fitopatogenos y los insectos. La fertilidad del suelo es sumamente variable en toda América Latina y otras regiones del mundo y la producción del frijol se ve severamente limitada por deficiencias y/o toxicidades de elementos indispensables para el desarrollo de la planta. Los productos químicos agrícolas, los contaminantes del aire, las condiciones climáticas variables o extremas y las anormalidades genéticas son responsables de diversos problemas de la producción. (Schwartz y Gálvez, 1980). En la Tabla 3 se puede encontrar un resumen de los problemas bióticos y abióticos en el cultivo del frijol en el área de influencia del PROFRIJOL. A manera de ejemplo, para el caso del virus del mosaico dorado, datos recientes de 1992, indican valores en porcentajes de perdidas debidas a la enfermedad en Centroamérica, de la magnitud mostrada en la Tabla 4.

Tabla 3. Problemas bióticos y abióticos en el cultivo del frijol en al área de influencia del PROFRIJOL.

Enfermedades	Plagas	Abióticos
Virus del mosaico común	Picudo de la vaina	Altas temperaturas
Virus del mosaico dorado	Lorito verde	Sequía
Virus del mosaico severo	Gorgojo común	FBN
Bacteriosis común	Gorgojo pintado	Bajo fósforo
Mustia hilachosa		Baja fertilidad
Antracnosis		Suelos ácidos
Mancha angular		Contaminación ambiental
Pudriciones radicales		
Roya		
Tizón de halo		
Mancha por ascochyta		

Digitized by Google

Tabla 4. Porcentajes de pérdida debidas al virus del mosaico dorado en Centroamérica.

País	% de pérdida
Guatemala	Hasta 90
El Salvador	39-46
Honduras	Hasta 70
Nicaragua	78-83
Costa Rica	Hasta 40

Fuente: Memoria del taller Centroamericano y del Caribe sobre mosca blanca. 3-5 agosto 1992. Luko Hilje y Orlando Arboleda, editores. Turrialba, Costa Rica.

LOGROS

En el transcurso de los años de investigación se ha logrado obtener un grupo significativo de variedades mejoradas que han venido a solucionar en parte muchos de los problemas del cultivo. Otro logro es la obtención de una gran gama de líneas experimentales promisorias. La producción artesanal de semilla, también ha sido de cierto éxito. Adicionalmente se ha logrado la generación y distribución horizontal de germoplasma, a través de un sistema de viveros llamado SISTEVER Centroamericano y SISTEVER Caribeño, ambos con sus modalidades de viveros y ensayos (VIDAC y ECAR). En la Tabla 5 se agrupan las variedades liberadas por el PROFRIJOL en la región, en cuanto a grano negro. Dentro de las líneas experimentales promisorias de grano de color negro que el proyecto regional ha logrado generar, se tiene además de las 198 líneas experimentales contenidas en el vivero de adaptación Centroamericano de grano negro VIDAC Negro, las líneas más avanzadas que aparecen en la Tabla 6 y que forman el ensayo centroamericano de adaptación y rendimiento de grano negro (ECAR Negro).

Otro logro del PROFRIJOL puede ser mostrado a través de la Figura 1 en donde puede observarse una tendencia hacia la sostenibilidad del área cosechada, la producción y el rendimiento, al menos para un período de 14 años. Obviamente, tal sostenibilidad esta sustentada principalmente en el incremento del uso de variedades mejoradas generadas por el proyecto, complementadas con un manejo agronómico aceptable.

En cuanto a validación de tecnología no varietal (agronomía), se han realizado esfuerzos en las áreas de fijación biológica de nitrógeno (FBN), manejo integrado de plagas en cuanto a mosaico dorado y mustia hilachosa, así como estudios en conservación y manejo de suelo y agua (Tabla 7).

Digitized by Google

Tabla 5. Liberación reciente de variedades de frijol de grano negro con la participación de productores.

Variedades	Característica	País	Código
ICTA Altense	Para zonas de altiplano; resistente a antracnosis	Guatemala	Ch89-10
ICTA Hunapú	Para zonas de altiplano; resistente a antracnosis	Guatemala	Ch89-2
ICTA Chapina	Tolerante a VMD	Guatemala	Ju-90-4
ICTA Sta. Gertrudis	Tolerante a VMD	Guatemala	DOR-446
Puricisi	Grano negro, tolerante a antracnosis - VMD - mustia	Costa Rica	BAT-76
Negro Tacaná	Tolerante a VMD y altas temperaturas	México	DOR-390

Fuente: PROFRIJOL, 1995. Informe regional autoevaluación, abril 1993 - marzo 1995.

POSIBILIDADES

Dentro de las posibilidades para contrarrestar la problemática anteriormente planteada, se reconoce el MIP-mosaico dorado, MIP-mustia hilachosa, MIP-bacteriosis común, además de comenzar a reconsiderar caracteres de calidad culinaria, colectas de germoplasma de diferentes orígenes, sin olvidar las ventajas del mejoramiento tradicional.

Manejo Integrado de Plagas por Virus del Mosaico Dorado

Entre las principales enfermedades transmitidas por *B. tabaci,* se encuentra el virus del mosaico dorado del frijol (VMD), causado por un virus del grupos géminis. Dicha enfermedad provoca pérdidas considerables en el cultivo del frijol en las áreas del trópico americano con temperatura mayor de 21 °C. Es la enfermedad viral más importante del frijol transmitida por mosca blanca. La incidencia de *B. tabaci* del frijol y las pérdidas causadas por el VMD al ser transmitido por ella, ha sido reportada en Centro América, República Dominicana, Cuba, Haití, Colombia, Jamaica y Panamá. El uso de insecticidas probablemente continuará siendo el método de combate para este insecto hasta tanto se desarrollen métodos alternativos de manejo de plagas. Técnicas que maximicen el aprovechamiento del control mediante tácticas de modificación del hábitat, deben ser desarrolladas para que sean integradas en un sistema de manejo racional de la plaga que sea ambientalmente seguro, de costo moderado y más sostenible que el método tradicional (PROFRIJOL, 1993). Como un componente importante del control integrado de Mosaico dorado (PROFRIJOL, 1991), el CENTA encontró que bifentrin 100 EC (Talstar) y FENPROPATRIN 375 EC (Herald) presentaron la mayor eficacia para el control de *Bemisia tabaci* Genn que es el vector del virus.

Digitized by Google

Tabla 6. Ensayo Centroamericano de Adaptación y Rendimiento ECAR - Grano negro - 1995-1996.

No.	Identificación	Programa	Padres
1	ICTA Costeña	ICTA Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
2	DOR 453	CIAT Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
3	ICTA Ostúa (T.U.)	ICTA Guatemala	DOR 42 x ICTA 7812
4	DOR 454	CIAT Guatemala	DR 14564-9-CM-CM-CM
5	JU 93-1	ICTA Guatemala	APN 92 x C324-13-1-CM(3)
6	JU 93-7	ICTA Guatemala	ICTA Ostúa x C 332-1
7	JU 93-4	ICTA Guatemala	C 3332-6- x C 3332-1
8	ICTA Achuapa	ICTA Guatemala	ICTA 82-13 x Garrapato
9	ICTA Santa Gertrudis	ICTA Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
10	ICTA Chapina	ICTA Guatemala	A 429 x XAN 112
11	DPR 448	CIAT Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
12	ICTA JU 93-5	CIAT Guatemala	Turbo I x C 1015-M-70-M-M
13	ICTA JU 90-7	ICTA Guatemala	A 429 x XAN 112
14	DOR 500	CIAT Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
15	DOR 445	CIAT Guatemala	(DOR 364 x G 18521) x (DOR 365 x L.M. 30630)
16	Testigo Local (T.L.)		

Digitized by Google

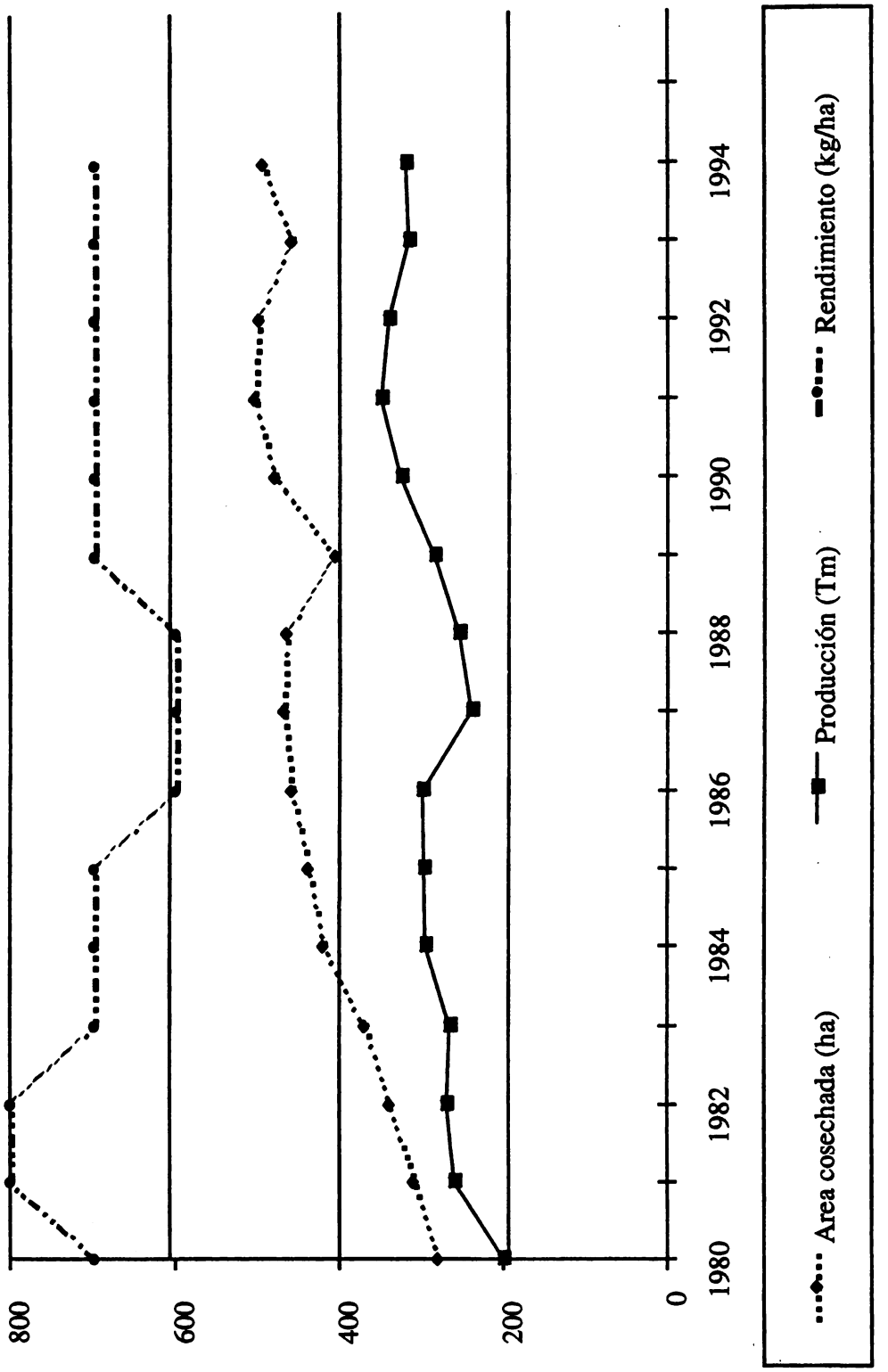


Figura 1. Area cosechada, producción y rendimiento. Istmo Centroamericano, 1980-1994.

Fuente: CEPAL 1996.

Digitized by Google

Tabla 7. Validación de tecnología no varietal.

• Fijación biologica de nitrógeno
• MIP dorado
• MIP mustia
• Conservación y manjeo de suelo y agua

Asimismo, se han hecho estudios (PROFRIJOL, 1995) sobre algunos componentes de la enfermedad causada por el virus del mosaico dorado. Hay muestras colectadas y evaluadas para presencia del virus y se han evaluado malezas hospederas tal como *Calopogonium*. También, se ha ensayado con insecticidas como tionil y tarsa.

Los trabajos sobre uso de barreras con sorgo y maíz no controlan la severidad del virus cuando existen poblaciones altas de mosca blanca. Las barreras verdes no funcionan con dicho insecto. Se ha encontrado que hay insecticidas que funcionan en un país y en otros no.

Aunque se ha confirmado a *Bemisia tabaci*, biotipo "B" como principal agente vector, se deben considerar las malezas hospederas del virus las cuales reaccionan en forma distinta según el método de análisis para detectar virus. Se han identificado productos químicos de cierta efectividad, los cuales, sin embargo, resultan bastante caros para los productores. Estudios de conteos de poblaciones de mosca blanca reiteran lo que ya se sabe respecto a que las poblaciones del insecto se incrementan en las épocas secas para luego disminuir en los períodos lluviosos con temperaturas bajas (PROFRIJOL, 1996).

Manejo Integrado de Plagas - Mustia hilachosa

La enfermedad conocida como "mustia hilachosa", es causada por el hongo *Rhizoctonia solani* (Kuhn), estado imperfecto de *Thanatephorus cucumeris* (Frank Donk Donk), y es una limitante en el cultivo de frijol común en el trópico húmedo. Se presenta en áreas con períodos prolongados de lluvias, temperatura y humedad relativa por encima de 24 °C y 80%, respectivamente, condiciones favorables para el desarrollo del patógeno. Las pérdidas económicas debido a esta enfermedad alcanzan niveles de hasta 90%. Causa la muerte de las plantas afectadas en una o dos semanas, en cualquiera de las etapas fenológicas del cultivo. La agresividad del patógeno en el cultivo bajo condiciones favorables es bastante severa y no existen medidas de control unilaterales que puedan evitar la enfermedad. El manejo de esta enfermedad requiere de la integración de diversos factores incluyendo prácticas culturales, resistencia genética y control químico mediante el uso racional de fungicidas.

El objetivo principal del MIP-Mustia es la identificación de diferentes prácticas y metodologías del manejo de la enfermedad que permitan lograr el manejo integrado efectivo del patógeno causante y de la manifestación de síntomas. El manejo de la enfermedad debe realizarse integrando prácticas tales como: siembra con cero labranza y utilización de coberturas naturales (malezas muertas), arreglos topológicos adecuados, cultivares con algún grado de resistencia y utilización discreta de fungicidas.

Digitized by Google

El estudio exhaustivo del patógeno, así como de cada una de las prácticas, permitirá formular esquemas de manejo integrado, con el propósito de reducir la incidencia y severidad de la enfermedad; y a través de ellas reducir las pérdidas de grano en los campos de producción de frijol (PROFRIJOL, 1993).

En ocasiones (PROFRIJOL, 1994) las actividades no han aportado información significativa debido a que están sujetas a la ocurrencia natural del patógeno cuando las condiciones climatológicas lo permiten. En todas las actividades realizadas el factor humedad relativa fue el limitante. Se recomienda la implementación de un sistema de riego por aspersión, así como la cuantificación de inóculo previo al establecimiento de los ensayos experimentales. En Panamá (PROFRIJOL, 1995) se ha encontrado la presencia de tipos de inóculos: Basidiosporas (cuando cesan las lluvias) y esclerocios del campo (períodos lluviosos). La pérdida mayor en rendimiento se detecta cuando hay presencia de esclerocios mientras que la invasión por basidiosporas es siempre menos agresiva. Se cuestionó el control químico de la mustia hilachosa con clorotalonil, ya que este fungicida está prohibido en el cultivo de banano en Centroamérica y en los Estados Unidos, así como la disminución de la eficiencia del benomyl en el control del patógeno por el uso continuo a través de los años en Panamá y Costa Rica. Por otro lado, se destacó que benomyl se usa más para control de esclerocios y no de basidiosporas. Se criticó el hecho que en Costa Rica no hubo incidencia del hongo causal de mustia, al no presentarse datos de severidad. Por esto, la investigación no fue de beneficio al proyecto regional.

Datos obtenidos en Panamá (PROFRIJOL, 1996A) mencionan que con relación al control químico, el tratamiento de la semilla con Benomyl no presentó diferencias en cuanto a germinación, incidencia y severidad del hongo, en relación con plántulas provenientes de semillas no tratadas. Sin embargo, la protección al follaje en las primeras etapas del desarrollo del cultivo con Brestan 60, puede reducir las fuentes de inóculo secundario como son las unifoliadas infectadas.

Debido al uso intensivo del Benomyl por lo productores sería recomendable estudiar a nivel de laboratorio en los países participantes en el proyecto, la aparición de variantes del hongo resistentes a este fungicida.

En cuanto a las evaluaciones de las líneas avanzadas, los materiales que mostraron tolerancia a la mustia fueron los provenientes de los siguientes cruces: Talamanca/HT-7719-F3; HT-7719/DOR; MUS PCH-31 F3 y Arroyo Loro Negro (MUS N-4F5).

Manejo Integrado de Plagas - Bacteriosis Común

PROFRIJOL ha mantenido dentro de sus prioridades de investigación al agente causal *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* durante dos fases consecutivas de ejecución 1990/92 y 1993/96. En la primera fase se ha ejecutado un proyecto regional bajo el liderazgo científico del programa nacional de Cuba y la participación a nivel de co-Líderes de Guatemala y República Dominicana, cuyos resultados han sido publicados y distribuídos a nivel regional en el documento 1993/1997 informe final del período 1990/1992 Proyecto Regional de Investigación "Bacteriosis común" y en el Documento 94/9 "Resúmenes Ejecutivos Español-Inglés".

Se han identificado fuentes de resistencia (interespecíficos) más compatibles con los *P. vulgaris* mesoamericanos, y se han incluido en cruzamientos con los materiales promisorios rojos y negros de la región. También se tienen resultados prácticos en control integrado de la enfermedad, con el uso de semilla limpia y el uso de fungicidas cúpricos como preventivos (Orozco, 1991).

Digitized by Google

Los resultados obtenidos en el período 1993/94, señalan la necesidad de plantear un nuevo enfoque metodológico sobre el mejoramiento varietal a esta limitante, tomando en consideración la existencia de razas del patógeno, lo cual explica en parte el poco avance que se ha tenido hasta la fecha en el desarrollo de variedades comerciales con tolerancia a la enfermedad a nivel mundial. (PROFRIJOL, 1996B).

Calidad Culinaria

Mucho es lo que en calidad de grano se ha logrado con los cereales; sin embargo, poco existe con respecto al frijol. Aunque una razón lo constituye el hecho de que se hace relativamente menos investigación en frijol que en cereales, el problema de frijol es más complejo por el gran número de tipos, colores y tamaños que se consumen. Además, los problemas de poscosecha, en particular de almacenamiento, agravan la calidad de grano en las leguminosas, siendo entonces más difícil proponer metodologías fáciles de realizar, completamente indicativas de características de aceptabilidad y que llenen las expectativas de todos los consumidores tanto en el hogar como en la industria. Por esta razón es que se le está dando más importancia a lo que se ha venido llamando calidad de grano, concepto que se está tomando mucho en consideración en programas de fitomejoramiento genético y que es de la mayor importancia para el consumidor, ya sea éste el ama de casa, o el industrial (Elías et al., 1986).

Colectas de Germplasma

Es necesario re-examinar las colectas que en el pasado se realizaron en los diferentes países. Es posible, que no hayan sido mostradas en su totalidad las áreas en donde el frijol aún pudiera estar creciendo en forma silvestre. Lo anterior indica que probablemente todavía existan genes en el campo los cuales no han sido utilizados en programas de mejoramiento.

Biotecnología

Los métodos tradicionales del mejoramiento genético de plantas, a menudo se enfrentan con ciertas limitaciones que no les permiten alcanzar tal fin. La incompatibilidad sexual dentro o entre las especies es una de las limitantes más significativas a este respecto. Muchos de estos problemas, han sido superados con el desarrollo de la biotecnología de plantas y más aún con los avances de la ingeniería genética que consiste en la manipulación de genes que controlan características importantes, para luego ser transferidos a una determinada planta. Las nuevas técnicas en cultivo de tejidos, fusión de protoplastos, transferencia y recombinación de ADN, constituyen una poderosa herramienta en el mejoramiento genético de las cosechas (Bey et al., 1986; Borlaug, 1983).

COMENTARIO GENERAL

En lo posible, se ha procurado realizar en este documento, una síntesis del trabajo realizado, hasta los momentos actuales, en el mejoramiento del frijol de grano negro. De sobra nos es conocida la importancia que el cultivo tiene como fuente de proteína barata, especialmente para la población de escasos recursos, que permita balancear en buena medida, una dieta que en muchos de los casos

Digitized by Google

se complementa con algún cereal. Recabar datos precisos de la fracción negra como componente del total de producción, por ejemplo, de frijol en el ámbito del PROFRIJOL, no es fácil debido a que siempre se habla de producción de frijol total, sin separar por color, tamaño, forma, etc. del grano. Se ha considerado, asimismo, la problemática de carácter regional que el cultivo presenta, sin olvidar las limitantes específicas para cada país, las cuales deberán tener un tratamiento especial. Los logros que la red ha tenido a través del tiempo, son más impactantes en el aspecto de variedades mejoradas, dado que desde su inicio, el PROFRIJOL centró sus esfuerzos hacia el mejoramiento genético como actividad principal.

Modernamente, se han iniciado actividades en el aspecto de manejo agronómico, y su posterior validación. Con el tiempo, se ha visto la necesidad y/o ventajas de explorar las posibilidades de encontrar soluciones a los problemas identificados, de una manera mas integral y en armonía con el ecosistema. La contaminación ambiental, debida en la parte que le corresponde al uso abusivo de productos químicos fitosanitarios, es cada día más alarmante, por lo que cualquier esfuerzo que se haga en la dirección de minimizar su uso, es valedero e importante.

Por lo anterior, se han implementado hasta la fecha, dos proyectos que pretenden encontrar soluciones integradas: manejo integrado de plagas-mosaico dorado manejo integrado de plagas - mustia hilachosa. Ambos proyectos han realizado actividades encaminadas a la solución integral de la limitante principal en cada caso. Sin embargo, en el caso de mosaico dorado, los resultados han sido erráticos o casi nulos, con falta de organización y creatividad en el diseño de tratamientos. Lo anterior, no es del todo aplicable para el caso del MIP-mustia, el cual ha tenido mejores resultados, pero siempre en forma un tanto aislada. Un tercer MIP seria el de bacteriosis común el cual ha tenido pocos avances y en algunos casos fragmentados, con el agravante de que no se ha instituido un proyecto formal en este sentido.

Desde siempre, y más en el cultivo del frijol, la preocupación principal ha sido elevar los niveles de producción y productividad, hasta donde los techos biológicos, fisiológicos, genéticos, etc., lo han permitido; es decir, nos hemos dedicado al aspecto cuantitativo y hemos relegado el cualitivo. Durante el seminario taller: acciones para impulsar la adopción de semillas mejoradas de maíz y frijol, realizado el 28 de junio de 1996, en Guatemala, la calidad culinaria resultó ser uno de los aspectos más importantes a considerar en el futuro inmediato.

Mucho se ha dicho sobre la tendencia hacia el estrechamiento de la base genética del germoplasma que la red continúa generando, a través de ciertos países y entidades. Las razas, segregantes sobresalientes, progenitores potenciales, etc., al examinar sus ancestros, se puede encontrar ciertos parentescos o raíces genéticas que propician la estrechez mencionada. Es posible que en los inicios de la investigación en frijol, una de las estrategias de más inmediata aplicación hayan sido las colectas de germoplasma. A pesar de reconocerse la gran variabilidad genética que se puede conjuntar a través de su implementación, las colectas, ya sea por falta de recursos, zonas de exploración de alto riesgo, poco conocimiento sobre la metodología de las mismas, etc., se realizaron solo en ciertos sectores de las áreas donde podría suponerse al frijol creciendo en forma silvestre. Por lo anterior, revisar, re-definir, actualizar lo ya realizado en este aspecto, podría servir para orientar la conveniencia de explorar todo el potencial que no ha sido aprovechado de aquellas áreas y sectores del territorio regional, que aún no han sido examinados.

El mejoramiento tradicional, siempre va a existir. Sin embargo, es importante advertir que cada día se implementan herramientas que pueden ayudar eficientemente a éste a hacer factible la obtención de resultados, vía variedades mejoradas por ejemplo, en forma más rápida. La

Digitized by Google

biotecnología, se puede considerar como una de estas herramientas, la cual presenta un gran potencial que debe ser explotado convenientemente. De lo hasta aquí expuesto, se propone la realización de revisiones y evaluaciones de los proyectos en los que se ha logrado trabajos y si es necesario, reorganizarlos.

En general, se debe dar el apoyo necesario a las posibilidades para el mejoramiento del frijol de grano negro, a través de las estrategias aquí planteadas, que aunque se debe aceptar que pueden no ser algo novedoso, la experiencia indica que no han sido consideradas en su justa importancia y de ahí que el apoyo y la preocupación por los resultados, no han sido del todo satisfactorios.

REFERENCIAS

Bey, C.F., D.B. Houston, and R.J. Dinus. 1986. Tree genetics and improvement. J. For. 84(1):34-36.

Borlaug, N.E. 1983. Contributions of conventional plant breeding to food production. Science. 219(4585):671-689.

Cardona, C., C. Flor, F. Morales, y M. Pastor. 1994. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 220 pp.

Elias, L., A. García, y R. Bressani. 1986. Métodos para establecer calidad tecnologica y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris*.).

Galvez, G. (ed.). 1991. Manual de Recetas Culinarias de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Programa de Frijol del CIAT para la Zona Andina, PROFRIZA. 97 pp.

Orozco, S.H. 1991. PROFRIJOL: Actividades por Resultados PPO. 17pp.

Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe, PROFRIJOL. 1991. Proyectos Regionales de Investigación; Informes Anuales, Período Abril 1990 - Marzo 1991. 369 pp.

PROFRIJOL, 1993. Proyectos Regionales de Investigación, Período Abril 1993 - Marzo 1996. Planes de Trabajo. 198 pp.

PROFRIJOL. 1994. IX Reunión Ordinaria de Asamblea de Coordinación. San José, Costa Rica, 12 de marzo. 64 pp.

PROFRIJOL. 1995. X Reunión Anual Ordinaria y Asamblea de Coordinación. Tegucigalpa, Honduras, 23-25 de Marzo. 129 pp.

PROFRIJOL. 1996A. XI Reunión Anual Ordinaria y Asamblea de Coordinación. San Salvador, El Salvador, 14-16 de Marzo. 87 pp.

PROFRIJOL. 1996B. 1er Taller Internacional Sobre Bacteriosis común del Frijol. Universidad de Puerto Rico, 19-21 de Febrero, 325 pp.

Rodríguez, R. 1994. Problemática del Complejo Mosca Blanca-Virus del Mosaico dorado en Frijol (*Phaseolus vulgaris*.) en Centroamerica. III Taller Centroamericano y del Caribe Sobre la Mosca Blanca. Antigua, Guatemala, 19-22 Sept. 10 pp.

Schwartz, H., and G. Galvez. 1980. Problemas de Producción del Frijol: Enfermedades, Insectos, Limitaciones Edificas y Climáticas de *Phaseolus vulgaris* L.

Digitized by Google

Logros, Problemas y Posibilidades de Mejoramiento de Frijoles Rojos

F. Rodríguez
Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Comayagua, Honduras

30 ENE 1998

RESUMEN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimentaria más importante, pues forma parte de la dieta diaria de los pueblos mesoamericanos, constituye para las personas de bajos ingresos la principal fuente de proteína y calorías. El frijol rojo pequeño con diferentes tonalidades del color, es el grano que se siembra en el área principalmente en Honduras, Nicaragua, El Salvador (tipo rojo brillante) y en Costa Rica (rojo opaco). La producción del frijol en la región es afectada por varios problemas de carácter biótico y abiótico. El principal problema según los planes operativos 1989, 1995 y 1996 de la red de PROFRIJOL son la alta presión de enfermedades de tipo fungosas bacteriana y virales, plagas del suelo, follaje y grano almacenado. Como alternativa más importante en la resolución de estos problemas es el mejoramiento genético en la búsqueda de variedades resistentes y/o tolerantes a factores múltiples a enfermedades del virus del mosaico común (VMC) y virus del mosaico dorado del frijol (VMD), bacteriosis común, Antracnosis, Mancha angular y la Mustia Hilachosa y a plagas (el picudo de la vaina *Apion godmani*). La historia del mejoramiento genético del frijol rojo ha dado muchas variedades que han perdurado por mucho tiempo en las fincas de los agricultores. En 1990 se liberó en Honduras, El Salvador y Guatemala, la línea DOR 364, tolerante al VMD y reacción intermedia a otras enfermedades y al picudo de la vaina. En los programas nacionales se registran líneas avanzadas VIDAC, con la incorporación de resistencia para factores múltiples adaptables a varios ambientes de producción en la región. Hay avances positivos en la incorporación de resistencia en los frijoles rojos para factores bióticos y abióticos VIDAC 95 y 96.

El frijol común *(Phaseolus vulgaris L.)* es la leguminosa alimenticia más importante en el área mesoamericana, pues forma parte de la dieta diaria de los habitantes de esta región, con un consumo per cápita de 10 a 22 kg según el estrato social; además de ser un cultivo alimenticio es fuente de ingreso de la familia rural, aproximadamente el 75% de la producción está en agricultores con fincas hasta de 5 ha.

La producción de frijol está afectada por una serie de problemas de carácter biótico, abiótico y socioeconómicos, que exigen la realización de una investigación para la resolución de los problemas. La investigación en este cultivo se inició en la región a cargo de los programas nacionales; posteriormente la incorporación del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con la creación del Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la investigación se fortaleció. A principios de los años setenta con la creación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) la investigación en frijol recibió un impulso definitivo.

Las primeras acciones de la investigación del cultivo se realizaron en el mejoramiento genético, en la búsqueda de material nativo cultivable comercialmente, introducciones de líneas avanzadas de los programas nacionales de la región y después con la incorporación de un programas de cruzas. El mejoramiento genético en sus primeras etapas se caracterizó por la búsqueda de genotipos acatables a las condiciones ambientales de producción, de alto rendimiento y resistencia a las principales enfermedades del cultivo. En 1980 con el apoyo financiero de COSUDE y el apoyo técnico científico de CIAT, se organiza la sede regional de CIAT y la red de cooperación con los programas nacionales de frijol; en 1987 se crea PROFRIJOL como red y se organiza el primer POA

Digitized by Google

regional. En la década del ochenta la participación es regional en la búsqueda de alternativas tecnológicas de la producción. Gran parte del esfuerzo se destina al mejoramiento genético del cultivo desde el programa de frijol del CIAT y el proyecto regional CIAT-ICTA-Guatemala. El énfasis en el mejoramiento de grano rojo pequeño se hace en la búsqueda de resistencia al VMC, principal problema en la producción de frijol; otro proyecto importante en grano rojo es el mejoramiento por resistencia al picudo de la vaina (*Apion godmani*) y bacteriosis.

Los avances en el mejoramiento en el cultivo de frijol de grano rojo pequeño son significativos. Se han desarrollado variedades rojas y líneas avanzadas que se combinan al menos en dos factores.

MATERIALES Y METODOS

La producción del cultivo de frijol tipo mesoamericano de color rojo pequeño (18-28 gr/100 sem) se ubica en Honduras, Nicaragua, El Salvador, en pequeñas regiones del Sur de México. En Honduras el mejoramiento genético para el cultivo se puede subdividir en cuatro etapas históricas, basadas en el apoyo internacional y la facilidad de estudio.

Primera etapa. Hasta 1970, esta etapa se caracteriza por la realización de colectas nativas y su caracterización. El Dr. Freytag, de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, estudió en 1955 colectas nativas de los países de Centro América y líneas avanzadas de los programas nacionales de Costa Rica, Guatemala y México. En la década del sesenta se inician las primeras cruzas con el objetivo de encontrar genotipos con alto potencial de rendimiento y hábito de crecimiento y resistencia a enfermedades. Se establece la investigación del cultivo en dos estaciones experimentales: la estación experimental de Danlí (sede del Programa Nacional de Frijol) y la estación experimental en Comayagua. A fines de esta época se establece cooperación con el IICA y la estación experimental de la Universidad de Costa Rica. Las reuniones anuales del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios (PCCMCA), sirve como vínculo en el intercambio de información y germoplasma entre los países de la región.

Segunda etapa. Abarca la década de 1970-80. Se crea el CIAT, se realizan colectas nacionales y su caracterización; hay introducciones de germoplasma de programas nacionales de la región y la introducción y evaluación de viveros internacionales, fuentes de resistencia para el picudo de la vaina del CIAT. En 1976 en la estación experimental de Danlí se realizan las primeras hibridaciones para alto rendimiento y por resistencia a enfermedades. Se inicia en CIAT adiestramiento en cursos de capacitación y estudios de postgrado en mejoramiento genético. El PCCMCA es el vínculo más importante en el intercambio de información y germoplasma.

Tercera etapa. 1980-1990, esta etapa se caracteriza por la intensidad en el mejoramiento genético. Con el apoyo técnico científico del CIAT y financiero de COSUDE, a principio de los 80 se organiza la sede regional y la red de cooperación con los programas nacionales de la región del proyecto de COSUDE-CIAT que en 1987 se empezaría a llamar PROFRIJOL; en marzo de este mismo año se realizó el primer POA regional. Gran parte de este esfuerzo se dedica al mejoramiento genético por proyecto específico: apion, bacteriosis común, VMD, mustia hilachosa y antracnosis.

Digitized by Google

Honduras toma el liderazgo en el mejoramiento de la búsqueda de resistencia al picudo de la vaina en grano rojo pequeño. En 1982, la EAP inicia el proyecto colaborativo con las universidades del título XII; se inicia la evaluación de fuentes de resistencia para enfermedades, adaptación y rendimiento.

Esta etapa se caracteriza por que todas las cruzas se realizan en el CIAT o bien bajo el proyecto colaborativo CIAT-ICTA Guatemala. En las reuniones anuales del PCCMCA, la mesa de Leguminosas Alimenticias es el vínculo importante para los mejoradores del cultivo de frijol; se organiza el VICAR y viveros específicos para mancha angular, antracnosis, bacteriosis, apion y otros.

Cuarta etapa. 1990-1996, se caracteriza por el seguimiento y fortalecimiento de las investigaciones en el mejoramiento genético, con la incorporación de la resistencia para factores múltiples a las líneas desarrolladas por proyectos específicos en la década pasada. Hay fortalecimiento de PROFRIJOL en donde los programas nacionales toman el liderazgo a pesar de que la región se ve afectada por los reajustes estructurales de la economía. Se nota menos presencia del CIAT. Se crea DICTA como una institución descentralizada bajo la Secretaría de Recursos Naturales; el Programa Nacional de Frijol (PNF) es trasladado de la región Centro Oriental en Danlí, con la mayor área y volumen de producción 26-30% del total nacional a la región Centro Occidental en Comayagua con menos área y volumen en la producción 5-8% del total nacional, pero con una mejor infraestructura y ubicación en el contexto nacional, con serios problemas en la producción del cultivo de frijol. Su base es la estación experimental Playitas a una altitud de 479 msnm; esta región se caracteriza por ser hortícola con poblaciones altas de insectos: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), diabróticas (Diabrótica sp), lorito verde (*Empoasca kraemeri*), presencia de enfermedades virales (como VMD) y virus del mosaico severo del frijol.

RESULTADOS

Hasta 1987 la estructura varietal de la producción de frijol en Honduras estaba conformada por variedades nativas y producto de colecciones. Zamorano, Desarrural V.B., también por introducción Danlí-46 (Hond 46). En 1980 se libera Acacias-4 a pesar de tener buen potencial de rendimiento y resistencia al virus del mosaico común, no es aceptado por agricultores por no tener un color rojo comercial. En 1987 el PNF libera la variedad Catrachita, producto de hibridaciones hechas en CIAT y desarrollada en Honduras, tiene resistencia al VMC y a la antracnosis, resistencia intermedia a roya y el virus del mosaico dorado, alto rendimiento (promedio a nivel nacional 25 qq/mz, 1.43 TM/ha (Tabla 1) y con color de grano de alto valor comercial.

Hasta 1989 no había sido reportado ningún caso de incidencia del VMD en el país. En este año se registran pérdidas en 5 de las 7 regiones que se siembra el cultivo que van entre 10 y 100%. El PNF en diciembre de 1990, libera la línea DOR 364 con el nombre de Dorado, producto de hibridaciones hechas por el proyecto colaborativo CIAT-ICTA Guatemala e introducida a Honduras por los VIDAC y ECAR y evaluada en los viveros nacionales VAN, VINAR y COVA. Esta variedad posee la resistencia al VMC, alta tolerancia al VMD, reacción intermedia a bacteriosis común, mustia hilachosa, antracnosis, roya, mancha angular y al picudo de la vaina. La variedad se encuentra distribuida en todas las regiones productoras de frijol y ocupa en algunas zonas hasta un 100% de las áreas sembradas.

Digitized by Google

Tabla 1. Características agronómicas de las variedades mejoradas de frijol en Honduras.

Variedad		Días a			Peso de	Rendimiento	
mejorada	Color semilla	Floración	Madurez	Hábito	100 sem.(g)	TM/ha	QQ/mz
Tío Canela	Rojo brillante	38	66-68	II	23	1.70	26
Don Silvio	Rojoretinto	36	70-75	II	23	1.70	26
Dorado	Rojo retinto	38	73-77	II	23	1.70	26
Oriente	Rojo brillante	35	63-65	II-III	25	1.56	24
Catrachita	Rojo brillante	35	63-65	II-III	29	1.43	22
Danlí-46	Rojo retinto	38	65-68	II	25	1.17	18.1
Desarrural 1R	Rojo brillante	33	60-63	II-III	25	1.10	17
Chingo 1R	Rojo brillante	32	57-60	II-III	22	1.10	17
DICTA 113*	Rojo ret. brillante	38	64-70	II	23	1.70	26
DICTA 118*	Rojo ret. brillante	38	66-72	II	23	1.70	26
DICTA 122*	Rojo ret bnllante	38	63-72	II	23	1.70	26

* Líneas en proceso de liberación.

En agosto de 1993, se libera la variedad Don Silvio (DOR 482) (Tabla 2), también introducida al país por los viveros VIDAC y ECAR y evaluada en el país en los viveros nacionales. Esta variedad posee además de su resistencia al VMC, una alta tolerancia al VMD y también una reacción intermedia a las enfermedades más comunes en la producción del frijol.

Es necesario enfatizar que las dos variedades han logrado garantizar la producción del grano en el país por sus reacciones a enfermedades y plagas, altos rendimientos y adaptabilidad a diferentes ecosistemas de producción.

En el país se registran grandes avances en el mejoramiento genético de grano rojo por su resistencia al picudo de la vaina (*Apion godmani*) en colaboración con el CIAT. Se evalúan en El Barro, Danlí fuentes de resistencia, viveros especiales, viveros VIDAC, ECAR. Poblaciones segregantes en generaciones tempranas F_2 y F_3. Los resultados de las evaluaciones confirman la resistencia de las líneas APN codificadas por el Programa de Frijol-CIAT y nuevas fuentes de resistencia. Las líneas APN presentan buena adaptación y altos rendimientos comparados con las variedades comerciales. En el mejoramiento por resistencia al picudo de la vaina se marcan tres etapas: primera, evaluación de fuentes de resistencia, principalmente del Altiplano de México, entre las que se destacan Amarillo 154, 169, Línea 17, México 1290, Negro 150, De Celaya, que presentan una mala adaptación en condiciones de Danlí. Segunda, en la incorporación de la resistencia líneas y/o variedades de color de grano comercial, adaptación y rendimiento, se obtienen las líneas APN (APN 96 hasta APN 159) (Tabla 4). Tercera, en colaboración con el CIAT, se busca la incorporación de las líneas APN con resistencia al VMD, bacteriosis común, antracnosis y mustia

Digitized by Google

hilachosa. Se codificaron por el PNF las líneas DICTA desde 100 hasta 135 (Tabla 3), las cuales presentan buena reacción al VMD, bacteriosis y Apion, y también muestran un color y tamaño de grano comercial. El PNF tiene en pruebas del agricultor las líneas DICTA 113, DICTA 118 y DICTA 122.

En 1992 usando el método de selección por gametos en F_1, otro grupo de líneas de 14 poblaciones provenientes de introducciones del Programa de Frijol-CIAT usando como madres APN 90, APN 109, APN 110, APN 11, APN 112, APN 113, APN 114, APN 115, APN 116 y APN 117 y padres líneas experimentales provenientes de cruzas múltiples con progenitores de diferentes fuentes de resistencia. Se han identificado las líneas DICTA de 135 en adelante que están en proceso de reconfirmación por reacción a Apion, VMD, bacteriosis común en el ciclo 96B.

Tabla 2. Reacción a las variedades mejoradas a las principales enfermedades del frijol y plagas.

	Enfermedades							
Variedades Mejoradas	VMC	VMD	BC	MH	ANT	ROY	MA	Apion
Tío Canela	R	T	I	I	I	I	I	I
Don Silvio	R	T	I	I	I	I	I	I
Dorado	R	T	I	I	I	I	I	I
Oriente	R	S	S	I	S	I	S	S
Catrachita	R	I	S	S	I	I	S	S
Danlí 46	S	S	S	S	I	S	S	S
Desarrural 1R	R	S	S	S	S	S	S	S
Chingo IR	R	S	S	S	S	S	S	S
DICTA 113*	R	T		I	I	I	I	T
DICTA 118*	R	T		I	I	I	I	T
DICTA 122*	R	T		I	I	I	I	T

VMC, virus del mosaico común; VMD, virus del mosaico dorado; BC, bacteriosis común; MH. mustia hilachosa; ANT, antracnosis; ROY, roya; MA, mancha angular; R= resistente, T= tolerante, I= intermedio y S= susceptible.

* Líneas en proceso de liberación.

Digitized by Google

Tabla 3. Líneas codificadas con nombre de DICTA por el Programa Nacional de Frijol 1992.

Identificación	Pedigrí	VMD	BC	Apion (% de daño)
DICTA 100	DOR 364 x APN 83	2	6	16
DICTA 101	DOR 364 x APN 102	4	4	13
DICTA 102	DOR 364 x APN 108	5	6	20
DICTA 103	SEL 986 x APN 104	7	3	18
DICTA 104	XAN 263 x APN 104	7	4	16
DICTA 105	APN 102 x APN 83	5	4	1
DICTA 106	SEL 986 x APN 83	7	5	11
DICTA 107	DOR 364 x APN 102	3	4	5
DICTA 108	DOR 364 x APN 83	3	5	10
DICTA 109	DOR 364 x APN 83	3	5	12
DICTA 110	DOR 364 x APN 8	3	4	10
DICTA 111	DOR 364 x APN 83	3	5	11
DICTA 112	CHINGO x APN 83	4	5	11
DICTA 113	DOR 364 x APN 83	4	4	17
DICTA 114	DOR 364 x APN 83	3	4	24
DICTA 115	DOR 364 x APN 83	4	4	18
DICTA 116	DOR 364 x APN 83	4	4	18
DICTA 117	DOR 364 x APN 83	4	5	10
DICTA 118	DOR 364 x APN 83	3	4	21
DICTA 119	DOR 364 x APN 83	3	4	30
DICTA 120	SEL 986 x APN 83	7	4	10
DICTA 121	DOR 364 x APN 83	4	4	31
DICTA 122	DOR 364 x APN 83	4	3	28
DICTA 123	DOR 364 x APN 83	4	4	38
DICTA 124	DOR 364 x APN 83	4	4	17
DICTA 125	DOR 364 x APN 83	4	4	23
DICTA 126	DOR 364 x APN 83	5	4	15
DICTA 127	DOR 364 x APN 83	4	4	32
DICTA 128	DOR 364 x APN 83	5	6	30
DICTA 129	DOR 364 x APN 102	6	5	32
DICTA 130	DOR 364 x APN 102	5	4	34
DICTA 131	DOR 364 x APN 102	5	5	34
DICTA 132	DOR 364 x APN 108	4	4	28
DICTA 133	DOR 364 x APN 83	5	4	11
DICTA 134	APN 102 x APN 83	5	4	11
DOR 364 TR		2	-	-
DANLI 46 TS		8	-	-
Catrachita TS		-	7	-
APN 83 TR		-	-	2
Desarrural TS		-	-	79

Digitized by Google

Tabla 4. Reacción a *Apion* y días a floración de líneas APN Rojas generadas por el Programa Nacional de Frijol, Secretaría de Recursos Naturales, Honduras. 1989.

Identificación	Días a floración	% granos dañados	Identificación	Días a floración	% granos dañados	Identificación	Días a floración	% granos dañados
APN 118	35	1.3	APN 136	36	2.2	APN 155	42	3.5
APN 119	35	2.3	137	35	1.3	156	42	2.8
APN 120	35	1.7	138	33	2.3	157	42	2.2
APN 121	33	2.7	139	35	3.7	158	42	3
APN 122	35	1.3	140	35	1.9	159	42	2.9
APN 123	35	1.5	141	35	3.6	160	35	0
APN 124	35	4.3	142	35	1.7	161	35	0
APN 125	33	2.6	143	35	3.8	162	35	0.3
APN 126	34	4.6	144	35	3.4	163	35	0
APN 127	33	2.5	145	35	4.4	164	35	0.9
APN 128	36	1.7	146	37	0.9	165	35	0.3
APN 129	37	0.2	147	33	3.2	166	35	1.5
APN 130	38	2.2	148	34	1.9	167	30	3
APN 131	34	1.5	149	35	1.9	168	36	0.6
APN 132	35	1.7	150	37	4	169	36	0.6
APN 133	35	1.6	151	42	2.8	170	36	1.5
APN 134	35	I .7	152	42	3.6	171	36	3
APN 135	37	1.6	153	42	1.4	Desarrural	33	37.6
						Rango	0-10 9	

Digitized by Google

DISCUSION

En muchas zonas frijoleras donde se siembra el frijol de grano rojo mesoamericano, las enfermedades y plagas son los factores responsables de los bajos rendimientos del cultivo. La magnitud de las pérdidas dependen de la incidencia y severidad con que se presentan durante cada ciclo del cultivo. El frijol en el área es sembrado en su mayoría por pequeños agricultores que utilizan muy poco insumo o nada para cultivarlo.

En los últimos 15 años ha habido un proceso significativo en el mejoramiento genético del frijol mesoamericano para las regiones de Centro América, dando lugar al desarrollo y liberación de algunas variedades de grano pequeño que han sido adoptadas por los agricultores reduciendo así los impactos de algunos factores bióticos que limitan la productividad de frijol en estas regiones. Sin embargo, la gran mayoría de los agricultores todavía continúa utilizando variedades susceptibles debido en parte al limitado acceso a semilla de variedades mejoradas; en algunos casos, ésto se ha debido a una pobre adopción asociada a la baja calidad del grano en relación a las exigencias del mercado.

Las estrategias de los programas nacionales de mejoramiento para atender los diferentes factores limitantes del cultivo en la producción de frijol, en un principio correspondieron a resolver factores puntuales, como es el caso de los proyectos específicos de mejoramiento para plagas, enfermedades, rendimiento, color, tamaño de grano, etc. Sin embargo, hoy y por las exigencias cambiantes de los diferentes ambientes, se vuelve necesario implementar otro tipo de acciones de trabajo, donde se combine la capacidad combinatoria general de progenitores involucrados para diferentes factores bióticos y abióticos de los varios ambientes de producción de frijol.

Las principales enfermedades fungosas y bacterianas que han prevalecido en los últimos cinco años corresponden a un problema común para varios países consumidores de grano rojo pequeño, sin embargo, es importante considerar que en la actualidad la resistencia a enfermedades debe reemplazar el control químico en la medida de lo posible y los esfuerzos deberán estar encaminados al mejoramiento de variedades con resistencia múltiple a diferentes factores adversos de producción.

La amenaza potencial en el estancamiento o reducción de la productividad del frijol en Centro América, al incremento de la virulencia y dispersión y la incidencia simultánea de varios factores, principalmente enfermedades (p.e. VMD, VMC, últimamente mosaico severo, antracnosis, etc.) así como el debilitamiento de la resistencia contenida, por una base genética muy estrecha y la falta de variedades tolerantes a factores abióticos (sequía, altas temperaturas y baja fertilidad), hacen necesario que se desarrollen variedades con resistencia múltiple, factores bióticos y abióticos que permitan incrementar en forma sostenible la productividad del cultivo de frijol en la región y poder ofrecer alternativas a los pequeños productores de mejorar sus requerimientos nutricionales y mejores ingresos a las familias rurales.

Para los años que faltan para terminar el presente siglo y los años venideros del siglo XXI, es necesario continuar haciendo énfasis en el mejoramiento de la resistencia a factores bióticos y abióticos que ocasionan pérdidas en la producción de frijol rojo mesoamericano, también el alto rendimiento, calidad del grano (contenido de proteínas y aminoácidos), adaptables a diferentes ambientes de producción. Esto requiere la necesidad de recombinar la resistencia a caracteres múltiples en variedades comerciales, con características deseables, exige la utilización de una mayor diversidad de fuentes de germoplasma y la necesidad de mejorar simultáneamente estos caracteres.

Digitized by Google

En Honduras se ha considerado la utilización del método de selección de gametos (MSG), sugerido por S. Singh en 1994 para el mejoramiento simultáneo de caracteres múltiples incluyendo el rendimiento, a partir de generaciones tempranas por su mayor efectividad que otros métodos más comúnmente usados (masal, pedigrí, retrocruza y sus modificaciones). La utilización del MSG permitiría identificar en generaciones tempranas, las familias y poblaciones que presentan recombinaciones deseables para caracteres múltiples; y reducir el manejo agronómico de poblaciones demasiado grandes en generaciones avanzadas.

Digitized by Google

94

316 30 ENE 1998

Mejoramiento de Frijol Voluble de la Raza Jalisco para el Altiplano Mexicano

S. Núñez G.

INIFAP, Tepatitlán (Jalisco), México

RESUMEN

La asociación de maíz frijol ha sido una forma importante de cultivar estas dos especies, debido a que son complemento tanto a nivel de cultivo en condiciones de campo, como de alimentos para los mexicanos. En México, en 1969, se sembraron aproximadamente 500 mil ha en asociación, para 1977 bajó a 200 mil y en la actualidad únicamente existen unas 50 mil. Una de las razones importantes en esta disminución ha sido la poca tecnología disponible, entre ellas quizá la mas importante es la poca mecanización en la siembra y cosecha, por otra parte, la mano de obra y alto costo, lo cual trae como consecuencia una baja rentabilidad; otras causas son el problema de enfermedades, plagas y acame. La asociación se ha realizado fundamentalmente en la zona templada húmeda y los estados mas importantes en su cultivo han sido Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Puebla y Edo. de México, en donde el INIFAP ha concentrado su investigación. El tipo de frijol que mas comúnmente se encuentra en estas áreas de cultivo de frijol asociado al maíz son los tipos garbancillo, flor de mayo, rosa de castilla, cejita, morado y negros brillantes, los cuales pertenecen a la Raza Jalisco. Los objetivos del mejoramiento, han sido obtener variedades de frijol resistentes a enfermedades, de buen rendimiento y grano comercial; además se ha intentado mejorar el maíz conjuntamente con el frijol, con el fin de obtener variedades menos competitivas y mas complementarias. El mejoramiento en la asociación se inició a partir de 1970, con la evaluación de los criollos locales, regionales y nacionales y selección de los mejores; posteriormente se hicieron introducciones de otros países, al mismo tiempo que se inició con el cruzamiento, avance masal y selección individual principalmente. Dentro de las variedades de frijol mas sobresalientes para el Valle de México, Puebla y Tlaxcala están el Negro-150, Negro Puebla, Negro 66 y Pinto 162, los que en muchos casos han obtenido rendimientos superiores a una tonelada; dentro de los maíces mejorados sobresalientes han sido el H-133, H-28 y H-30, y los criollos locales. En el área del Bajío el Canario 107 y la colecta Gto 91, asociados al maíz híbrido H-220 han resultado sobresalientes. Para el área húmeda de Los Altos de Jalisco, los genotipos de frijol mas sobresalientes han sido el Garbancillo Zarco, Frijola, Rosa de Castilla, Mich 152 y G 2268 (introducido del CIAT y registrado como Peregrino), asociados a los maíces criollos Amarillo Zamorano y Copos Blancos, y los híbridos H-220 y H-303. Para la zona seca sobresalen genotipos de semiguía como el Ojo de Cabra, Alubia Chico, Bayo Zacatecas y Bayo Criollo del Llano, asociados a los maíces VS-201 y el criollo Pepitillo. En algunos trabajos en los que se ha combinado variedades de maíz y frijol de diferente ciclo y porte de ambos, se ha observado que se pueden obtener diferentes combinaciones según la planta de maíz y frijol, por ejemplo un porte alto y ciclo largo de maíz se asocia mejor con un frijol de ciclo largo y de guía larga, en cambio un porte bajo y ciclo intermedio o corto de maíz se asocia mejor a frijoles de semiguía. Dentro de los resultados del mejoramiento simultáneo que se intentó en algunos lugares son pocos los que terminaron en la generación de variedades de ambas especies. Resultados derivados de este enfoque en Los Altos de Jalisco, después de varios ciclos de selección simultánea, es una variedad de maíz de polinización libre (Sosteniente) y líneas de frijol tipo garbancillo y rosa de castilla. Entre los problemas para el mejoramiento en asociación han sido la dificultad para identificar las mejores plantas o líneas y la interacción entre las dos especies, además de la interacción normal del ambiente. Debido a ésto y considerando la disminución tan fuerte en la superficie de este patrón de cultivo por la dificultad en su cosecha; se considera que lo mas conveniente es hacer un cultivo intercalado de variedades de maíz de ciclo intermedio (no mayor a los 140 días), con variedades de frijol de semiguía (hábito IIIb) que no suban mas arriba de la mazorca y ciclo de 95 a 120 días y hacer la cosecha de frijol en forma manual antes del maíz y este cosecharlo en forma manual o mecánica. Así el mejoramiento se podrá hacer en forma separada y posteriormente buscar las mejores combinaciones de maíz y frijol.

Digitized by Google

IMPORTANCIA DEL CULTIVO

En México en 1969 se sembraron 1.7 millones de hectárea de frijol, con rendimiento medio de 483 kg/ha; de esta superficie 989 mil ha, equivalente al 57.8 % fueron sembradas asociadas con maíz y el resto, 722 mil ha, equivalentes al 42.2% de frijol en unicultivo (Lépiz, 1974). De acuerdo a estas estadísticas los estados en los que se sembró la mayor superficie asociado al maíz fueron Jalisco con 301 mil ha, Michoacán con 55 mil, estado de México con 30 mil y Guanajuato con 74 mil. Otros estados reportados con una amplia superficie de frijol asociado a maíz fueron Chiapas, Veracruz, Nayarit, Oaxaca y San Luis Potosí.

Estadísticas posteriores señaladas por Lépiz (1980a), mencionan que a nivel nacional se sembraron en 1977 un total de 1.6 millones de ha y de ellas en la zona templada húmeda fueron sembradas 450 mil, de las que estima en 60% las asociadas a maíz (270 mil ha). Es indudable que la zona en la que ha habido y aún existe, mayor superficie de frijol asociado a maíz, es en la templada húmeda, siendo los estados de Jalisco, Michoacán, Puebla, México y Guanajuato los mas importantes.

No obstante, las ventajas que tiene la asociación mostrada por diversos autores (Francis et al., 1978; Lépiz, 1974; Moreno et al., 1973; Sánchez, 1977), la superficie ha disminuído drásticamente. En Jalisco, en 1969, fueron sembradas 301 mil ha asociadas a maíz (Lépiz, 1974), en 1977 disminuyó la superficie a 100 mil (Lépiz, 1980b), en 1988 se cultivaron únicamente 27 mil ha (Lépiz et al., 1991) y en 1995 únicamente hubo 8 mil ha sembradas en asociación. Actualmente se calcula en únicamente 50 mil ha la superficie de frijol asociado a maíz a nivel nacional, la cual se ubica en la zona templada húmeda de México, concentrada en Los Altos de Jalisco, Meseta Tarasca, Michoacán, Valsequillo, Puebla y norte de Guanajuato.

Es importante señalar, que aunque en las estadísticas de los años 70's consideraban en alrededor del 60% dedicada a la asociación de maíz frijol, la que realmente ha estado en asociación ha sido la ubicada en la zona templada húmeda. La superficie de la región del trópico húmedo, estados de Veracruz y Chiapas ha sido de frijol en relevo del maíz (Núñez, 1981) y alguna otra en sucesión e intercalado. De igual forma, alguna superficie, incluso de la zona templada húmeda puede ser clasificada de acuerdo con Turren (1979), como intercalado debido a que se siembran variedades de frijol que maduran a los 90 días (Ramos et al., 1976) y el maíz lo hace a los 120 días o más.

De acuerdo con la clasificación de hábitos de crecimiento de Singh (1982), los frijoles volubles agresivos son de hábito IVb; estos son los asociados a maíz en el Altiplano de México y pertenecen a la raza Jalisco. Estos son muy diferentes a las otras dos razas (Durango y Mesoamérica) también de origen Mesoamericano y desde luego aún mas diferentes con las de origen Andino. Los frijoles asociado a maíz en Jalisco y Michoacán son fundamentalmente del tipo Garbancillo Zarco, Flor de Mayo, Rosa de Castilla, Cejita, Morado de Agua y negros brillantes (Singh et al., 1991). En el caso de los frijoles utilizados en la asociación en Puebla y estado de México predominan los de semiguía (habito IIIb) de color negro tipo Negro 150 y Negro Puebla (Lépiz, 1978).

Digitized by Google

PROBLEMAS DE PRODUCCION

Los problemas del frijol asociado al maíz han sido clasificados en tres tipos diferentes: socioeconómicos, climáticos y técnicos.

En los problemas de tipo socioeconómico destaca la baja productividad de este patrón de cultivo debido a que requiere de una gran cantidad de mano de obra, sobre todo en la cosecha (Lépiz, 1978); de acuerdo con Núñez (1993) se requieren por lo menos 24 jornales para la cosecha de ambos cultivos. En los años en que la siembra era abundante en Jalisco, las familias en el campo eran numerosas y los hijos permanecían con los padres trabajando únicamente por el vestido y sustento; conforme ha transcurrido el tiempo, muchos de esos hijos con su nueva familia han emigrado a las ciudades y en la actualidad hay pocas familias que trabajan alrededor de los padres, por lo que se siembra únicamente de acuerdo a la capacidad de dos o tres miembros de cada familia. Un productor que tiene que contratar mano de obra para cosechar frijol asociado a maíz no le es rentable aunque el precio de los productos sea alto, además actualmente la mano de obra en el campo es escasa, debido a la emigración a las zonas urbanas, esto incrementa mas sus costos.

Entre los problemas de tipo climático destaca el efecto de los vientos, como el mas importante; es común que se presentan vientos, en mayor o menor grado, todos los años, lo cual conjugado con la susceptibilidad de las variedades de maíz, provocan el acame, las actualmente utilizadas en su mayoría son criollas, no obstante que existe información de algunas mejoradas para unicultivo (Lépiz et al., 1991), que dan buen resultado; y por otra parte, también es debido a la agresividad de las variedades de frijol (Núñez, 1992).

Dentro de los problemas técnicos destacan el efecto de las enfermedades: entre las mas importantes se encuentran antracnosis (causada por *Colletotrichum lindemutianum*), mancha angular (causada por *Phaeoisariopsis griseola*), mildiu (causada por *Phitophthora phaseoli*), bacteriosis de halo (causada por *Pseudoperonospora siringae* pv. *phaseolicola*) y roya (*Uromices appendiculatus*). Además existen problemas de plagas, dentro de las cuales las mas importantes están la conchuela (*Epilachna varivestis*), botijones (*Epicauta spp*), diabróticas (*Dibrótica spp*), picudo del ejote (*Apion godmani*), chicharrita (*Empoasca* spp) y algunas mas. Otros problemas de tipo técnico son la maleza, densidades y dosis de fertilización inadecuadas.(Lépiz, 1980a).

INVESTIGACION, METODOLOGIA Y LOGROS OBTENIDOS

Según Lépiz (1974) en 1968 se inició la investigación formal en la asociación de maíz-frijol en algunos aspectos; menciona también que en esas fechas eran casi nulos los trabajos de investigación. En general en las primeras investigaciones realizadas en el patrón de cultivo en asociación, intercalado o relevo, fueron enfocadas para determinar las ventajas y desventajas de estos patrones de cultivo de maíz y frijol en relación a los unicultivos; en la mayoría de los casos se enfocaron a determinar las densidades de una y otra especie, el arreglo y dosis de fertilización. Esto se demuestra en los trabajos realizados por Moreno (1973) en Puebla, Lépiz (1974) en el Valle de México, Pérez (1975) en Aguascalientes, Núñez (1976) en Chiapas, Campos (1977) en Los Altos de Jalisco, Solórsano (1977) en Aguascalientes y otros estudios realizados posteriormente como el de Durán et al. (1980) en Veracruz, Acosta y Sanchez (1982) en Durango y Núñez (1986) en Chiapas.

Digitized by Google

En los primeros trabajos se consideraron la evaluación de variedades de frijol, criollas o mejoradas para unicultivo de diferente habito, asociadas a maíces criollos a mejorados con el objeto de ver su comportamiento en rendimiento y otros aspectos como la incidencia de enfermedades y plagas (Lépiz, 1974; Ezquivel, 1976; Ramos et al., 1976; Campos, 1975; y Sanchez, 1977).

De 1968 a 1971 Lépiz (1974) utilizó las variedades de frijol Canario 107 de mata (hábito I), Negro 150 de semiguía (hábito IIIb) y el criollo de guía (hábito IVb), asociados al maíz H-28 en diferentes densidades de ambas especies, con el objeto de definir las mejores combinaciones. De acuerdo a sus resultados la mejor combinación del maíz H-28 fue con el frijol Negro 150. Estos trabajos aunque no fueron de mejoramiento propiamente dicho, se determinó con que variedades de frijol se obtuvieron los mejores rendimientos en la asociación en el Valle de México.

Posteriormente el mismo Lépiz (1978) en trabajo realizado en el Valle de México de 1975 a 1977, utilizó tres variedades de frijol: Canario 107 de hábito I y precoz, Negro 150 de hábito III y ciclo intermedio, y Mich 150 de habito IVb y tardío, asociados a tres maíces de precocidad y altura diferente: Zac 58 precoz y porte bajo, H-28 ciclo y porte intermedio y el H-129 tardío y porte alto. De acuerdo con sus resultados una de las mejores combinaciones fue la siembra en asociación de los maíces precoz e intermedio con el frijol Negro 150. Aunque realmente el objetivo de estos trabajos no fueron de mejoramiento genético, constituyen los primeros trabajos tendientes a determinar las mejores variedades de frijol y desde luego también de maíz, útiles en la asociación. Otros trabajos de este tipo realizados en Puebla son los reportados por Ramos et al. (1976).

Los trabajos de mejoramiento en el Campo Experimental de Los Altos de Jalisco de INIFAP se iniciaron en 1975. En este caso Campos (1978) realizó durante 1975, 1976 y 1977, evaluaciones de frijol asociados al maíz H-133 y criollos locales. De acuerdo con sus resultados las mejores variedades de frijol fueron el Americano Rayado, Cejita y Frijola, con rendimientos entre 1510 a 1664 kg/ha. Afirma que las variedades volubles rindieron mas en asociación que cultivadas solas, en cambio las variedades de semiguía, rindieron mas en unicultivo, debido al efecto de competencia del maíz.

Con el propósito de seleccionar maíces aptos para la asociación Campos (1977) evaluó 229 colectas de maíz asociados al Garbancillo Zarco y al Ojo de Cabra. Los rendimientos obtenidos indicaron mayor rendimiento con los maíces criollos locales que con las colectas estudiadas.

Buscando genotipos de frijol apropiados para la asociación en 1978 en Guanajuato se evaluaron 82 colectas de frijol de Guanajuato y Jalisco, con el maíz H-220; algunas de las sobresalientes fueron Gto-5-A, Gto 63, Gto 69, Gto 99 y Gto 105 (Lépiz, 1980a).

En Chapingo, México, en trabajos realizados durante 1975 a 1977 destacan los genotipos Negro Puebla, Negro 150, Negro 66, Amarillo 154 y Amarillo 153, asociados al maíz H-30. En Tlaxcala en trabajos de esos mismos años sobresalieron Pue 546 y Pue 176. En este mismo período los mejores genotipos en Tecamachalco, Puebla, en condiciones de riego fueron Hgo 77 3, Hgo77 y Pue 493. En Temporal en Ixcaquixtla, Puebla, fueron Pue 493, Pue 500 y Pue 502, asociados al maíz criollo y al H-133 (Lépiz, 1979).

Con el objetivo de buscar variedades de maíz adecuadas para la asociación , en 1978 se evaluaron 105 colectas de maíz asociadas al frijol Canario 107 en Roque y Yuriria, Guanajuato. De ellos 16 fueron iguales o mejores en rendimiento que el H-220, y 27 fueron tolerantes al acame. Para 1979 se repitió nuevamente este trabajo en las dos localidades (Ledesma y Lépiz, 1982), pero únicamente se cosechó en la localidad de Yuriria y solo siete colectas fueron superiores al híbrido H-220. Aparentemente este trabajo no se continuó.

Digitized by Google

De acuerdo con Kohashi (1979) la mejor combinación en Chapingo, desde el punto de vista económico, es la siembra de maíces intermedios en altura y precocidad, en asociación con variedades de frijol de semiguía

En 1979 en el Valle de México (Ledesma y Lépiz, 1982) se establecieron ensayos con frijoles volubles y semivolubles, entre los genotipos sobresalientes estuvieron: Valsequillo, Pue 459 y Veracruz 146. Por otra parte en 1980 en Chiautzingo, Puebla, fueron evaluadas en asociación 250 colectas del estado de Puebla, de ellas sobresalieron 19, con rendimientos mayores a 1000 kg/ha. En este mismo año en un ensayo con genotipos de semiguía resultaron sobresalientes Pue 458, Hgo 77, Pue 520 y Pue 463 con rendimientos similares a los anteriores y en otro ensayo de genotipos de guía los rendimientos fueron inferiores a los de semiguía; los mejores los obtuvieron los genotipos Garbancillo Cuquío, Mantequilla y Criollo local.

Durante 1980 fueron evaluados en el estado de México (Ledesma y Lépiz, 1982), 321 genotipos de frijol volubles y semivolubles, y fueron seleccionado 30 semivolubles, los volubles no llegaron a producir grano, por problemas de heladas. En otro estudio se sembraron 45 poblaciones en asociación dentro de las que se hicieron 138 selecciones individuales, considerando su hábito, distribución de vainas, ciclo menor a 140 días y que la guía no sobrepasará la altura de la mazorca.

También en Chiautzingo, Puebla, durante 1980 con el fin de obtener genotipos de maíz adecuados para la asociación (Ledesma y Lépiz 1982), se evaluaron 14 genotipo de maíz asociados al frijol Negro Puebla de semiguía y a Pue 493 de guía, hubo dos genotipos sobresalientes en ambos frijoles: H-138-E y H-139-E.

Lépiz (1980b) señala que el programa de frijol del Campo Experimental Altos de Jalisco (CEAJAL) es considerado como sede del mejoramiento de frijol para asociación. Debido a ésto en el INIA, ahora INIFAP, se concentró la mayor parte del mejoramiento en el CEAJAL, con sede en Tepatitlán, Jalisco. Por su parte Ledesma (1986) afirma que desde 1981 se iniciaron los cruzamientos en Tepatitlán. En método de mejoramiento fue avance masal, con selección después de F_4 y en ocasiones hasta F_6 y evaluación de rendimiento en generaciones posteriores.

Después de varios años (1975 a 1980),de evaluaciones de colectas y variedades criollas de frijol, tanto en la zona húmeda de Los Altos de Jalisco, municipios de Tepatitlán, Arandas y Jesús María, como de la zona semiseca, municipios de Teocaltiche, Yahualica y Nochistlán, Zacatecas, en asociación con maíces criollos y algunos mejorados, se determinó que los mejores variedades para la zona húmeda fueron Garbancillo Zarco, Frijola, y Rosa de Castilla, asociados a maíces criollos como Amarillo Zamorano y Copos blancos y el H-220. Para el caso de la zona semiseca quedaron definidos como las mejores variedades de frijol el Ojo de Cabra, Bayo Zacatecas, Bayo Criollo del Llano, en asociación o intercalados a los maíces VS-201 y criollo Pepitillo (Lépiz et al., 1991).

A partir de 1986 y quizás un poco antes, los trabajos de investigación de frijol para la asociación disminuyeron sensiblemente, debido a lo escaso de los recursos y a cambios de políticas nacionales. En el período de 1980 a 1987 en el Campo Experimental Altos de Jalisco, invariablemente se estuvieron haciendo trabajos de evaluación de material del banco de germoplasma nacional e introducciones fundamentalmente del CIAT. Después de haber identificado los genotipos o colectas mas sobresalientes, en las que en algunos casos se hizo selección, éstas fueron evaluadas en ensayos preliminares de rendimiento y luego en los ensayos regionales, hechos en varias localidades de Los Altos y Centro de Jalisco. Algunos de los genotipos señalados como sobresalientes durante este período son: Cacahuate Criollo, Mantequilla, Jal 19, Jal 13-B, Jal 13-C,

Digitized by Google

Jal 8-A, Amarillo 153, Amarillo 154, Negro Puebla, Negro 150, Jal 46, II-952-M-26, II-926-M-135 y Guero 2. Sin embargo, también son mencionados como sobresalientes para la zona húmeda, los genotipos de guía: Garbancillo Zarco, Frijola, G 2268 (Peregrino), Morado de Agua, Burro Bola, Mich 152 y Flor de Mayo de guía y de semiguía, Guero Alubia y Ojo de Cabra (Información obtenida de los Informes Anuales del Grupo de Frijol del CEAJAL-INIFAP de esos años).

Como resultado mas sobresaliente de los cruzamientos iniciados desde 1981, se tiene a la línea Tepa-146, la cual tiene un grano con características similares al Garbancillo Zarco (progenitor en los cruzamientos), al que supera en resistencia a enfermedades y rendimiento según los resultados de los ensayos realizados en dos o tres ambientes de Los Altos de Jalisco durante 1990, 91 y 92 (Ledesma, 1992).

La introducción y evaluación de germoplasma procedente del CIAT se muestra a partir de 1977 (Lépiz 1979). En las primeras evaluaciones, en general los materiales introducidos fueron superados por los criollos locales. Conforme continuaron las introducciones se pudo identificar genotipos iguales o mejores que las variedades locales, en algunas características, como la resistencia a enfermedades. Dentro de los que se mencionan como sobresalientes estuvieron: P 502, P 732, P 503, P 260, P 449, P 537, P 672, P 637, G 2267 y G 879. No obstante que son numerosas las poblaciones que se señalan haberse recibido del CIAT, no se encontraron líneas sobresalientes derivadas de esas poblaciones. G 2268 es prácticamente la mas sobresaliente recibida del CIAT, la cual tiene un rendimiento igual o mejor que Garbancillo Zarco y tiente mayor resistencia a antracnosis (Ledesma, 1992), y fue liberada como variedad con el nombre de Peregrino. En otros trabajos realizado durante 1987, 88 y 89 en Tepatitlan, Núñez, evaluó cinco variedades de maíz de diferente ciclo y porte asociadas a cinco variedades de frijol también de diferente ciclo y hábito; algunas de las conclusiones que obtuvo, son que se obtuvieron rendimientos de frijol de hábito III como Amarillo 154, similares a los de hábito IV, como el Garbancillo Zarco y los frijoles de hábito III afectaron menos los rendimientos del maíz; los maíces de porte y ciclo intermedio resultaron los mas adecuados para la asociación. Otro trabajo similar al anterior fue desarrollado por Lépiz y Romero (1987) en Zapopán, en este caso las variedades de frijol utilizadas, fueron: Peregrino, Garbancillo Zarco, Jal 13-b, G 2829 y Jal 13-C asociadas a los maíces H-311, HV-313 y Pioner-507. Algunas de las conclusiones a las que llegaron fueron que hubo interacción entre variedades de maíz y frijol, las de menor desarrollo y precocidad permitieron mayor desarrollo al maíz, no hubo diferencia en rendimiento entre variedades de maíz, las mejores variedades de frijol fueron Garbancillo Zarco, Peregrino y Jal 13-B, el maíz H-311 permitió mayor rendimiento de todas las variedades de frijol.

En los trabajos de mejoramiento de frijol realizados de 1988 a 1992 en Los Altos de Jalisco se puede encontrar desde los cruzamientos de frijol para la asociación con maíz, el avance y selección de las poblaciones, ensayos preliminares y ensayos uniformes regionales. En los ensayo realizado por Ledesma durante los años de 1990, 1991 y 1992 con genotipos de hábito IV en dos o tres localidades, las mas sobresalientes fueron Tepa 146, Gto 32, Tepa 152, 1927, Gto 4 y Peregrino, con rendimientos de 1151 a 1000 kg/ha. Es importante señalar que la línea Tepa 146 destaca dentro de este grupo de materiales por su buen rendimiento, color de grano y resistencia intermedia a antracnosis, y es una línea producto del cruzamiento en los que el Garbancillo Zarco fue uno de los progenitores, la cual es una variedad criolla típica de la Raza Jalisco y es la mas sembrada en la asociación en la actualidad en Los Altos de Jalisco.

Digitized by Google

Como se ha podido ver en los párrafos anteriores de este escrito, en la asociación de maíz-frijol, el mejoramiento ha estado concentrado al mejoramiento de genotipos de frijol; en la mayoría de trabajos se han manejado colectas de frijol criollo, poblaciones o líneas con genotipos específicos de maíz y consecuentemente han sido pocos los trabajos que han manejado variabilidad genética de ambas especies. El autor, con el objetivo de generar variedades de maíz y frijol para la asociación, que sean menos competitivas y mas asociativas y consecuentemente mas productivas, inició un trabajo en 1989 con la asociación de los maíces: Criollo Blanco, Amarillo Zamorano, Argentino, Criollo del Bajío y Criollo de Arandas; además los mejorados Jalisco 5 y Compuesto 19. Estos fueron asociados a poblaciones segregantes de frijol en F_2, producto del cruzamiento entre 10 variedades de frijol. Por su resistencia al acame (problema importante en la región) y otras características , únicamente se continuo el trabajo con los maíces Argentino y Compuesto 19. Para 1990 fueron sembradas 400 familias de cada maíz asociadas a las familias F_3 de los cruzamientos de frijol mencionados, de ellas fueron seleccionadas individualmente las mejores 250 plantas del binomio maíz y frijol. Estas 250 familias de maíz fueron sembradas (surco por familia) en asociación con las líneas de frijol durante 1991, en las que nuevamente se hizo selección de los mejores 150 plantas de maíz y frijol; para 1992 estas familias de maíz y selecciones individuales de frijol fueron sembradas y a la cosecha se seleccionaron las mejores 50 plantas; para este caso y de acuerdo con F. Marquez citado por Ortiz (1977) se trata de explotar la aptitud combinatoria específica. Así mismo, simultáneamente se hizo un avance generacional del frijol de vaina por planta de aquellas que mostraron buen comportamiento en la asociación independientemente del comportamiento de las plantas de maíz, lo mismo se hizo para el maíz, este procedimiento fue con el propósito de explotar la aptitud combinatoria general de ambas especies.

Además es importante señalar que en el caso del maíz el método de selección fue de medios hermanos maternos, lo cual implicó que a cada cinco familias se intercalara el macho, compuesto balanceado de las mejores familias del ciclo anterior; además las familias de maíz fueron desespigadas para lograr la recombinación.

El trabajo se suspendió en esa etapa por falta de recursos y para el caso del maíz se hizo un compuesto balanceado de las mejores familias (maíz Sosteniente) y durante 1993 fue sembrado con la línea de frijol Tepa 146 en una parcela de validación, en la que el rendimiento del maíz fue de 2,500 kg/ha y de frijol fue de 1250, no obstante que la lluvia fue escasa. De frijol quedaron en F_6 las líneas mas sobresalientes de los tipos Garbancillo Zarco, Rosa de Castilla, Peregrino o Americano Rayado y Cejita y poblaciones también en F_6 de estos tipos principalmente.

En un estudio de la aptitud asociativa específica en maíz-frijol realizada en el Tentzo, Puebla, por Díaz et al. (1994), con tres variedades de maíz y tres de frijol, señalan que en los estudios de asociación es factible encontrar un binomio específico, de alto rendimiento para cada ambiente y en estos estudios se debe contemplar los materiales de mayor rendimiento de ambos cultivos y considerar frijoles menos sensibles en la asociación con maíz. Afirman que hay frijoles que presentan especificidad por una variedad de maíz en los diferentes ambientes. En otro trabajo realizado en Nuevo Leon por Martinez y Leal (1994), con el objetivo de determinar la capacidad asociativa de dos variedades de maíz y dos de frijol, señalan que el maíz H-412 y el frijol Pinto Americano mostraron la mayor capacidad asociativa.

Digitized by Google

PROBLEMAS EN EL MEJORAMIENTO

De acuerdo a apreciaciones del autor, los problemas del mejoramiento de maíz y frijol asociados en México han sido los siguientes: Dificultad en la selección por la interacción de las dos especies, además de la interacción ambiental normal. Se requiere de genotipos muy específicos para cada región. Desconocimiento de las características y métodos de mejoramiento de ambas especies. No se encontró evidencias claras de métodos que hayan mostrado resultados sobresalientes. Programas poco agresivos en la búsqueda de progenitores con características de resistencia a enfermedades y buena recombinación con los genotipos locales. Uso de pocos progenitores en los cruzamientos (cruzamientos simples en la mayoría de los casos). Falta de recursos, sobre toro en los últimos años.

COMENTARIOS FINALES

De acuerdo con los resultados con frijol de hábito IIIb trepador, que se enrede hasta la mazorca, se consideró que estos son los mas apropiados de asociar o intercalar con el maíz (Lépiz, 1974; Esquivel ,1976; Ramos et al., 1976; Lépiz, 1979; y Kohashi, 1979) por lo tanto los que hay que mejorar , ya que por una parte los frijoles de guía (hábito IVb) muestran varios problemas , como la dificultad para hacer las prácticas de cultivo, control de maleza, aplicación de agroquímicos (Moreno et al., 1973; Pérez, 1975; Sanchez, 1977) y tal vez la mas importante la cosecha. Hasta ahora únicamente se puede hacer en forma manual, con lo cual se requiere de mas de 24 jornales por hectárea y debido a la escasez y alto costo de esta en el campo, trae consigo un alto costo del cultivo y consecuentemente una baja rentabilidad. Por otra parte hacer el mejoramiento simultaneo ofrece varias complicaciones, sobretodo por la interacción genotipo ambiente, que en este caso es mayor por la presencia de otra especie, esto mismo dificulta la apreciación y selección visual que en muchos casos es necesario hacer. Por otra parte la disminución en la superficie, nos indica una tendencia muy clara en los últimos años, aunque esto es consecuencia de la misma escasa tecnología disponible para este patrón específico.

Una sugerencia es que en lugar de asociación se haga intercalado de maíz y frijol en el mismo surco, utilizando variedades de maíz de porte intermedio, de ciclo apropiado a cada ambiente, intermedios para el caso del Altiplano de México, es decir ciclos de 120 a 140 días, con frijoles de ciclo intermedio y semivolubles (hábito IIIb) pero que se enreden al maíz rápido para evitar problemas de enfermedades en zonas húmedas. Así la cosecha de frijol se podría hacer antes que el maíz (entre 95 y 110 días de ciclo del frijol) y posteriormente hacer la cosecha del maíz en forma manual o mecánica si se quiere, para disminuir el costo en la cosecha. De esta forma el mejoramiento se podría hacer asociado a una variedad típica de maíz o incluso, en unicultivo generar líneas mejoradas y posteriormente (F_6 o en etapas posteriores), cuando se tengan líneas mejoradas por resistencia a enfermedades, adaptadas al área y de alto rendimiento, hacer la evaluación en el intercalado o asociado al maíz o maíces mejorados en unicultivo y determinar los mejores binomios. Estas consideraciones van de acuerdo con los resultados y señalamientos hechos por varios autores (Moreno, 1973; Lépiz, 1974; Ramos et al., 1976; y Kohashi, 1979), en el sentido que en varias regiones con frijoles de semiguía se han obtenido rendimientos similares a los volubles.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Acosta, G.J.A,.e I. Sánchez V. 1982. Asociación e intercalamiento de maíz frijol bajo temporal en Durango. Agric. Téc. Méx. 8(1): 65-75.

Campos, E.A. 1975. Informe de labores de frijol del CAEJÀL.CIAB-INIFAP-SARH.

Campos, E:A. 1978. Asocición maíz-frijol. p. MF 1-9. *En* Informe '78. CAEJAL-CIAB-INIA-SARH.

Campos, E.A., y P. Alemán R. 1977. Asociación maíz-frijol. p. MF 1-9. *En* Informe '77. CAEJAL-CIAB-INIA-SARH.

Díaz, R.R., B.E. Herrera, y A. Muñoz O. 1994. Estudio de la aptitud asociativa específica en maíz-frijol, en la cordillera del Tentzo, Pue. p. 480. *En* Memorias del 11° Congreso Latinoamericano de Genética. XV Congreso de Fitogenética. México.

Durán, P.A., et al. 1980. Estudio de intercalamiento y asociación maíz-frijol con diferentes niveles de fertilización en riego en la zona central de Veracruz. p. 503-513. *En* Memorias del VIII° Congreso Fitogenética. México.

Esquivel, A.C. 1976. Evaluación de variedades de frijol y de maíz en el cultivo de asociación maíz-frijol en la parte baja de la zona II del area del Plan Puebla. Tesis Porf. ENA, Chapingo, México. 136 pp.

Francis, C.A., C.A. Flor, y M. Praguer. 1978. Potenciales de la asociación frijol-maíz en el trópico. Fitotecnia Latinoamericana.

Kohashi, S.J. 1979. Fisiología. p. 39-58. *En* Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Ed. M. Engleman. Rama de Botánica. C:P. Chapingo, México.

Ledesma, G.L.A. 1986. Programa de Frijol. p. 174-178. *En* Informe anual de investigación del grupo interdisciplinario de frijol 1986 del CEAJAL. SARH-INIFAP.

Ledesma G.L.A. 1992. Ensayo de rendimiento de variedades de frijol en asiciación con maíz. Memoria XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gtz,. Chis. México. 533 pp.

Ledesma G.L.A., y R. Lépiz I. 1982. Informe 1979-80. Programa Nacional de Frijol. SARH-INIA. México. 227 pp.

Lépiz, I.R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto Técnico N° 58. SAG-INIA. México. 46 pp.

Lépiz, I.R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias. C.P. Chapingo, México. 304 pp.

Lépiz, I.R. 1979. Informe 77. Programa Nacional de Frijol. INIA-SARH. México.233 pp.

Lépiz, I.R. 1980a. Informe 78. Programa Nacional de Frijol. INIA-SARH. México. 220 pp.

Lépiz, I.R. 1980b. Programa Nacional de Frijol. Plan de Investigación. INIA-SARH.México. 88 pp.

Lépiz, I R., y P.A. Romero. 1987. Variedades de maíz y frijol en asociación en Zapopan, Jal. p. 89-103. *En* Informe Anual de Investigación de Frijol. S. Núñez (ed.). G. SARH-INIFAP. México.

Lépiz, I.R. et al. 1991. Asociación maíz-frijol tecnología para aumentar la producción en Los Altos de Jalisco. Folleto Para Productores N° 14. SARH-INIFAP. 31 pp.

Martinez, R.M., y F.A. Leal G. 1994. Ganancia económica neta de siembras asociadas y unicultivos de maíz y frijol en Marín N. L. p. 482. *En* Memorias del 11° Congreso Latinoamericano de Genética. XV Congreso de Fitogenética. México.

Digitized by Google

Moreno R.O., A. Turren F. y R. Núñez E. 1973. Las asociaciones de maíz y frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. Agrociencia 14:103-117.

Núñez, G.S. 1976. Informe de labores 1976 CAECECH. INIA-SARH. México. Pag 68-72.

Núñez, G.S. 1981. Patrones de cultivo de frijol importantes en los sitemas de producción del trópico húmedo. Reunión Nacional de Evaluación y enfoques de la investigación en frijol. SARH-INIA. Guadalajara, Jal. México. 57 pp.

Núñez, G.S. 1986. Arreglos topológicos con maíz intercalado en diferentes fechas en el centro de Chiapas. Agric. Tec. Méx. 12(2):283-301.

Núñez, G.S. 1992. Variedades de maíz y frijol en asociación. p. 505. *En* Memorias del XIII Congreso de Fitogenética. Ciudad Juarez, Chih. México.

Núñez, G.S. 1993. Programa de frijol. Informe de labores 1993. CEAJAL. SARH-INIFAP. Tepatitlan, Jal. México. 50 pp.

Ortiz, C.J. 1977. Interrelaciones ambientales de los agroecosistemas y su investigación. p.85-116. *En* Agroecosistemas de México: Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. Ed. E. Hernandez X. C. P., Chapingo México.

Pérez, T.H. 1975. Comparación de rendimiento económico en asociación maíz-frijol. Tesis Prof. Esc. de Agric. de la U. de G. Zapopan, Jal. México. 50 pp.

Ramos, R., E. Hernandez X., y J. Kohashi S. 1976. Estudio de la tecnología agrícola tradicional en la sierra de puebla. I. Asociación maíz y frijol. Avances en la enseñanza y la investigación. C. P. Chapingo, México. Pag. 11-13.

Sanchez, P.S. 1977. El frijol asociado con maíz y su respuesta a la conchuela (*Epilachna varivestis* Muls.) y al picudo del ejote (*Apion* spp.). Tesis M.C. C.P. Chapingo, México. 60 pp.

Solórsano, V.E. 1977. Estudio del cultivo asociación maíz-frijol bajo condicones de temporal en El Llano, Ags. Tesis Prof. , ENA. Chapingo, México. 60 pp.

Singh, S.P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 25:92-95.

Singh, S.P., P. Geps, and D.G. Debouck. 1991. Races of commun Bean (*Phaseolus vulgaris* L. Fabaceae). Econ. Bot. 45:379-396.

Turren, F.A. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Rama de Suelos. C. P. SARH. México. 100 pp.

Digitized by Google

95
30 ENE

Adaptación de Líneas Experimentales de Frijol Tipo Negro y Pinto en el Altiplano Semiárido de México

F.J. Ibarra-Pérez, A. Castillo-Rosales, R. Ochoa-Márquez, P. Fernández-Hernández, B. Cázares-Enríquez, R. Rosales-Serna, S. Núñez-González y J. A. Acosta-Gallegos
INIFAP, México

RESUMEN

En el altiplano semiárido de México el temporal lluvias normalmente se inicia durante los primeros días de julio y termina en septiembre. La precipitación durante el ciclo de cultivo es escasa y su distribución es errática, lo que provoca la ocurrencia de períodos de estrés hídrico que reducen el rendimiento de grauo hasta en 60%. Para incrementar y estabilizar los rendimientos de frijol en la zona, se requieren variedades de frijol resistentes a estrés hídrico y a enfermedades como antracnosis, bacteriosis y roya, así como a un complejo de pudriciones de la raíz compuesto por *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*. Con el objeto de identificar variedades de frijol con adaptación y estabilidad de rendimiento para las condiciones del altiplano semiárido de México se evaluaron en 15 ambientes, durante 1993 y 1994, dos grupos de líneas avanzadas de frijol, uno de tipo negro y otro de tipo pinto. Se llevaron a cabo los análisis de varianza individuales y en conjunto (localidades y años) con los datos de rendimiento de grano, fenológicos, la reacción a enfermedades y capacidad de imbibición del grano. Así mismo, se utilizaron dos métodos para estimar la estabilidad de las líneas de frijol evaluadas. Dentro del material tipo negro las líneas NG 91205, NG 91207 y NG 91153 mostraron amplia adaptación, potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y alta permeabilidad de la testa. Entre los pintos, ocho líneas resultaron sobresalientes ya que mostraron menor interacción genotipo x ambiente, de ellas PT 91080, PT 91081, PT 91325 y MX 8385-14M mostraron menor susceptibilidad a sequía. El grupo de líneas de frijol evaluadas permitió cuantificar la adaptación del frijol a las diferentes condiciones agroclimáticas del altiplano semiárido de México. Este estudio indicó que las variedades de frijol por desarrollar para la región tienen que tener resistencia a múltiples factores bióticos y abióticos, que permitan aumentar y estabilizar los rendimientos de grano.

La producción de frijol bajo temporal de la región templada y semiárida de México , es una actividad de alto riesgo. La temporada de lluvias normalmente se inicia durante los primeros días del mes de julio y termina en septiembre. Además la distribución de ésta durante el ciclo del cultivo es errática. Para estabilizar e incrementar los rendimientos de frijol en esta región, se necesitan genotipos tolerantes a las diversas condiciones de sequía encontradas en la misma, y con resistencia a las principales enfermedades que se presentan en la región.

La utilización de las variedades precoces, en situaciones de sequía terminal (período de sequía durante el llenado de grano y madurez) resulta en un escape parcial a los efectos detrimentales de la falta de humedad. Bajos situaciones de sequía y heladas tempranas, la precocidad es benéfica aún bajo presión de enfermedades e insectos, presión que se incrementa con el tiempo, la madurez precoz también podría permitir un escape (White, 1989). Por otra parte, en el frijol se ha determinado que el escape a través de la plasticidad fenológica es una característica importante en la adaptación al temporal en las variedades del ciclo intermedio y tardía (Acosta et al., 1990).

Los programas de mejoramiento genético de frijol están enfocados a la obtención de variedades mas productivas, las cuales deben ser puestas a disposición de los agricultores tan pronto sea posible. El proceso de mejoramiento, el cual se inicia con el cruzamiento y selección en generaciones tempranas, involucra en etapas mas avanzadas los ensayos uniformes de rendimiento

Digitized by Google

en el cual se incluyen líneas promisorias seleccionadas en las diferentes localidades en las cuales se siembra frijol. La evaluación de líneas promisorias en ensayos uniformes de rendimiento, tienen como fin principal identificar materiales con adaptación específica, y/o , las mejores en determinadas localidades, pero sobretodo materiales con amplia adaptación y estabilidad del rendimiento en varias localidades. Estas pueden ser consideradas para liberarse como variedades y además como potenciales progenitores para nuevos cruzamientos dentro del programa de mejoramiento genético del cultivo. El objetivo fue identificar variedades de frijol con amplio rango de adaptación y/o variedades con adaptación a determinadas localidades, para utilizarlas como variedades comerciales o progenitores en programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y METODOS

Se establecieron ensayos de rendimiento en 15 ambientes de la región templada semiárida de México; éstas fueron: Durango, Dgo., (1994); Fco. I. Madero, Dgo. (1993 y 1994); Calera, Zac. (1993 y 1994); Pabellón, Ags. (1994); Sandovales, Ags. (1993 y 1994); Carbajal de Abajo, Chih., (1993 y 1994); Campo 4, Cuauhtemoc, Chih. (1994); Tepatitlán, Jal. (1994); La Mesa, Jal. (1993 y 1994) y Chapingo, Méx. (1994), en el que se evaluaron dos grupos de 22 líneas de frijol agrupadas en base a color de grano; negros, pintos y otros colores. Se incluyeron tres testigos en cada experimento. El diseño experimental fue en látice simple 5 X 5 , con dos repeticiones, con una parcela experimental de dos surcos de 6 metros de longitud . Los testigos en el ensayo de frijoles negros, fueron: Negro Dgo. , Negro Qro. y Negro San Luis; en el ensayo de pintos y colores fueron: Bayo Victoria, Pinto Villa y Flor de Mayo M38. Las líneas provienen del primer ciclo de recombinación iniciada en 1988. La siembra se llevó a cabo cuando se estableció el temporal en cada localidad; en general fueron desde el 17 de junio hasta el 28 de julio, sólo en Pabellón Ags. se retrasó en 1994 hasta el 12 de agosto por falta de humedad suficiente. Las variables evaluadas fueron: días a primeras flores (DF), reacción a antracnosis (A), roya (R) y bacteriosis (B), días a madurez fisiológica (DMF), peso de 100 semillas (P100S) y rendimiento (R) en g/m², además se calculó el período reproductivo (PR). Para la cuantificación de la reacción a enfermedades se siguió el sistema propuesto por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1987).

Con las variables de DF, DMF, PR y R, se hizo un análisis de varianza por localidad, un análisis combinado con localidades y análisis de estabilidad mediante Eberhart y Russell (1966) y Wricke (1962), y correlaciones entre variables para identificar relaciones entre ellas. Para cuantificar la susceptibilidad a la sequía, se calcularon los índices de intensidad a sequía (IIS), en los estados en los que se establecieron dos ensayos y que presentaron un alto contraste de productividad (en base a la media del ensayo), para calcular los índices de susceptibilidad a sequía (ISS) para cada genotipo. Para la interpretación de la respuesta de plasticidad fenológica vegetativa y reproductiva, se elaboró la tabla siguiente, en la cual se agruparon todas las posibles respuestas esperadas en nueve tipos

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo Uniforme de Frijoles Negros

En los análisis de varianza del rendimiento de variedades en los ambientes se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en 12 de las 16 localidades, sólo en Dgo. 94, Chad. 94,

Digitized by Google

Cama.4 94 y Cal. 93 no se detectaron diferencias estadísticas (datos no presentados). Para DMF también se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los genotipos evaluados en todos los ambientes de prueba, a excepción de Chad. 94. En los análisis de varianza para peso de 100 semillas, se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en todas las localidades donde esta característica se evaluó.

En los análisis combinados a través de ambientes, se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre las medias de variedades, para DF, DMF, PR y R (datos no presentados). Para el rendimiento, se detectó a un grupo de 9 líneas experimentales como más sobresalientes (a) según DAS al 0.05 de 15.73 g/m² (Tabla 1), las cuales muestran estabilidad a través de los ambientes de prueba, según análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1966). De este grupo sobresale la línea NG 91024, la cual es estadísticamente superior en rendimiento que el mejor testigo (Negro Durango). De este grupo la línea que presentó la mayor tasa de respuesta al ambiente fue NG 91202, la cual es de tipo de grano opaco mediano, con un valor de ß= 1,25, esto se comprueba con el valor de su ecovalencia calculada (Wi^2= 11.12), lo que nos indica su gran interacción con el ambiente. Un grupo de 12 líneas tuvieron rendimientos superiores a la media y valores de ecovalencias menores a la media. Las líneas que menos interaccionaron con el ambiente fueron: NG 91205, NG 91207 y NG 91153, con ecovalencias de 0.77, 0.74 y 0.56 respectivamente, las cuales son de grano opaco. Estos materiales presentaron medias de rendimiento alto consistentemente a través de ambientes.

Se observó gran variación de las características evaluadas a través de ambientes como lo indican las diferencias estadísticas de las medias por ambiente. La localidad con más alto promedio de rendimiento (mejor ambiente) fue CAL 93 y DGO 94, con 333.2 y 297.0 g/m² respectivamente, a los cuales se les aplicaron riegos suplementarios. Las peores localidades fueron SAND94 y CARB94, con rendimientos promedio de 41.3 y 40.7 g/m² respectivamente. La localidad que mostró el mayor rango de variación entre los rendimientos observados fue MESA93, con un rango de 308 g/m², esta localidad se puede clasificar como de las mejores según el promedio de rendimiento observado (279.3 g/m²). Las localidades que menor rango de variación mostraron fueron CARB94 y MDOII94, con rangos de 33.1 y 33.9 g/m² respectivamente, que corresponden a localidades críticas, según el promedio de rendimiento observado.

En la localidad CHAP94, fue donde se observaron los mas altos promedios de ciclo de cultivo (115 Días) y un corto rango de variación (9 días). La mayor precocidad se observó en la localidad de CAL94 con un promedio de 85 días y un rango de 23 días entre el mayor y menor valor observados. El menor rango de variación entre los valores observados se obtuvo en las localidades de TEPA94 y MESA94 (5 días), y el mayor rango en NAM93 con 34 días . La localidad que mejor discriminó al grupo de materiales evaluados por su reacción a antracnosis fue TEPA94 (Med.= 6), sobresaliendo los genotipos MX 8385-14M y PT 91309, con una calificación de 2; en segundo lugar con calificación de 3, sobresalieron los genotipos: Bayo Victoria, PT 91325, PT 91375 y PT 91327. Para tolerancia a roya, la localidad que mejor discriminó al grupo de materiales fue PAB94 (Med.= 5), sobresaliendo los genotipos PT 91168, PT 91135, PT 91154, PT 91144 y PT 91309, con una calificación de 2. Para reacción a bacteriosis común, las localidades que mejor discriminaron a los genotipos fueron: MDOII94, CARB94 y MAD93 (Med.= 6), sobresaliendo los genotipos: Pinto Villa, Bayo Vict., Azufrado Tapatio y PVRR-2, como menos susceptibles a la enfermedad (Calif. de 5).

Digitized by Google

Tabla 1. Valores promedio de caracteristicas agronómicas de variedades evaluadas en el ensayo uniforme de frijol tipo negro, en dieciséis ambientes del Altiplano Semiárido de México, 1993-1994.

Identificación	DF	DMF	A	R	B	P100S	IPFV	IPFR	TIPO	REND. g/m²	ISS	Wi²	% IMB
NG91024	50	97	2	3	4	22	0.95	1.11	2	174.1	1.00	2.04	59
NG91202	52	99	2	2	4	29	1.16	1.21	5	170.1	1.15	11.12	78
NG91200	49	99	2	3	4	20	1.03	1.20	2	167.9	1.00	1.69	76
NG91183	49	98	2	3	4	21	0.96	1.09	1	165.2	0.91	1.69	40
NG91205	50	98	2	2	4	20	0.99	1.11	2	163.2	0.95	0.77	89
NG91195	51	98	2	2	3	18	0.98	1.30	2	162.3	0.92	1.10	90
NG91207	49	97	2	2	4	22	0.97	1.22	2	162.2	0.91	0.74	97
NG91011	52	98	2	2	3	23	0.95	1.34	2	161.1	1.03	2.52	58
NG91153	53	98	2	3	4	18	0.99	1.25	2	159.9	0.99	0.56	100
N.DGO	45	97	2	3	5	29	0.94	1.20	2	157.4	1.14	2.65	65
V-8025	49	96	1	2	4	18	0.92	1.11	2	157.4	0.86	1.75	93
NG91189	48	96	2	2	5	23	1.05	1.36	2	154.9	1.05	2.42	108
NG91190	53	98	2	2	4	21	1.01	1.08	1	154.4	1.08	3.29	104
A 800	44	94	2	3	4	27	0.97	1.24	2	154.3	0.91	2.41	59
NG91020	51	97	2	3	4	20	1.00	1.45	2	153.1	0.78	3.08	84
NG91022	52	99	1	3	4	22	0.94	1.15	2	150.3	0.99	1.78	60
NG91208	49	96	2	2	4	20	1.03	1.23	2	147.4	1.09	4.67	111
NG91126	47	98	2	4	5	32	1.08	1.09	1	140.1	1.07	5.04	76
N.QRO.	54	106	2	4	4	23	1.25	0.90	4	140.9	0.86	3.27	61
NG91006	51	97	1	3	4	20	0.97	1.25	2	140.7	0.93	2.27	71
NG91179	46	96	2	3	4	19	0.91	1.26	2	140.4	1.03	0.78	97
NG91197	45	95	2	3	4	26	0.90	1.35	2	139.7	1.06	3.49	108
NG91187	47	97	2	3	4	23	1.08	1.23	2	138.9	1.08	1.19	91
NG91186	48	95	2	4	5	20	1.03	1.23	2	137.9	0.77	3.35	88
N.S.LUIS	53	104	2	5	4	30	1.28	0.91	4	134.3	0.95	7.77	67
MED.	50	98	2	3	4	23	1.01	1.20		153.2	0.98	2.86	81
CV (%)	6	2								19.7	0.66		
DMS (0.05)	1.6	1.2								15.7			

Plasticidad Fenológica

La plasticidad fenológica fue calculada en los estados de Durango y Aguascalientes, de este último estado sólo se tomo la información de plasticidad fenológica vegetativa (IPFV), ya que los valores de plasticidad fenológica reproductiva (IPFR), fueron fuertemente afectados principalmente por la humedad de suelo producto de los riegos de auxilio que se le aplicaron(PR muy largos). De la conjunción de índices fenológicos en tipos de respuesta, se observa que 76 porciento de los genotipos (19) fueron del tipo 2 (Tabla 1); esto es mantienen la longitud del período vegetativo(PV) y acortan el período reproductivo (PR), los que se pueden considerar sin plasticidad reproductiva e insensibles al fotoperíodo. Tres genotipos se clasificaron como del tipo 1, los cuales mantuvieron el PV y no acortaron el PR como es lo normal en fechas de siembra mas tardías, por lo que se les puede considerar con plasticidad reproductiva; estos fueron: NG 91183, NG 91190 y NG 91126. Sólo dos genotipos mostraron una respuesta del tipo 4, similar al del P. Villa, estos fueron: Negro Qro. y Negro San Luis; ,estos materiales acortaron el PV y mantuvieron la longitud del PR, por lo que se les puede considerar sensibles al fotoperíodo con plasticidad reproductiva. Solo un genotipo se clasificó como tipo 5, este fue el NG91202, el cual acortó ambos períodos fenológicos, respuesta común de los materiales sensibles al fotoperíodo, pero sin plasticidad fenológica reproductiva.

Digitized by Google

Resistencia a Sequía

Sólo cuatro materiales cumplieron con las características deseables de rendimiento superior a la media e índice de susceptibilidad a sequía (ISS) menor a la media, estos genotipos son: NG 91183, NG 91195, NG 91207 y V 8025, de estos materiales, solo el primero es de tipo no preferente (brillante mediano), los restantes tres reúnen los requisitos de aceptación comercial predominante (opaco pequeño).

Correlaciones

Se detectó correlación positiva y altamente significativa (P=0.01) entre las características siguientes: DF/DMF, PR/P100S y #SEM/R; con coeficientes de correlación de 0.64, 0.62 y 0.55 respectivamente. En el grupo de materiales evaluados, se observó que el período vegetativo (DF) estuvo relacionado con el período del cultivo (DMF), esto quiere decir que la precocidad a floración fue un indicativo de la precocidad del material. El componente del rendimiento que determinó al rendimiento fue el número de granos por metro cuadrado. Se observó una relación positiva (0.62**) entre el período reproductivo y el peso de grano, las variedades con un mayor período reproductivo incrementaron significativamente el peso del grano.

Ensayos Uniformes de Frijoles Pintos y de Otro Color

En los análisis de varianza por ambiente para el rendimiento de grano, sólo se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos ($P \leq 0.05$), en 7 de las 16 localidades, éstas fueron: MDOI94, MDOII94, MESA94, TEPA94, SAND94, PAB94 y CAMP494, la explicación de este resultado es debido principalmente a la gran homogeneidad del grupo de materiales evaluados ; materiales altamente seleccionados para el área (adaptados) y emparentados muy estrechamente con los testigos, ya que en su formación participaron como progenitores. A pesar de la alta homogeneidad del grupo de materiales en su respuesta productiva, sí se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para otras características evaluadas, a excepción de las localidades de CHAP94 y MESA93, las cuales no fueron capaces de discriminar genotipos por ninguna de las características evaluadas.

En el análisis combinado a través de ambientes, no se detectó diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre medias de variedades, la explicación es la misma expuesta anteriormente, sin embargo sí se observó variación para las características de DF, DMF y PR (datos no presentados). El testigo P. Villa fue el que mostró la mayor lectura de reacción roya (nota de 5) (Tabla 2). El comportamiento promedio del grupo de genotipos evaluados en los diferentes ambientes fue diferente, como lo indicaron las diferencias estadísticas altamente significativas entre medias por localidad ($P \leq 0.01$), para las características de DF, DMF, PR y R. Los ambientes más productivos fueron: CAL93 y DGO94, con medias para el grupo de genotipos de 372.3 y 305.1 g/m², observándose el mayor rango de variación en DGO94 con 247.4 g/m² (datos no presentados), en ambas localidades se aplicaron riegos suplementarios en las etapas mas críticas del cultivo. Los ambientes más restrictivos fueron: CARB94 y SAND94, con medias de 35.7 y 42.7 g/m² respectivamente, observándose también en estas localidades los menores rangos de variación entre rendimientos (27.4 y 26.3 g/m²). Los genotipos se mostraron en promedio más tardíos en CHAP94 y más precoces en CAL94, con promedios de 112 y 79 días respectivamente. La localidad que mejor

Digitized by Google

discriminó al grupo de genotipos evaluados por su reacción a antracnosis fue TEPA94 (Med.= 6). Para reacción a roya, la localidad mas eficiente en la discriminación de materiales fue PAB94 (Med.= 5), y para bacteriosis común, las mejores localidades fueron: MDOII94, CARB94 y MAD93 (Med.= 6). También se detectaron diferencias altamente significativas en la interacción genotipo-ambiente para el carácter rendimiento, por lo que se procedió a la cuantificación de esta interacción debida a cada genotipo, mediante el cálculo de ecovalencias (Wi^2). La línea PT 91142 mostró una mejor respuesta en buenos ambientes consistentemente, de acuerdo a los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966). Las líneas PT 91092 y PT 91094 mostraron mayores respuestas en ambientes desfavorables consistentemente. Solo cinco líneas mostraron características deseables de estabilidad con alto rendimiento (R>Med.), según valores de ecovalencias calculadas ($W^2i<W^2med.$).

Tabla 2. Medias por variedad de características agronómicas del ensayo uniforme de frijol tipo pinto y colores, promedio de dieciséis ambientes del Altiplano Semiárido de México, 1993-1994.

Identificación	DF	DMF	A	R	B	P100S	IPFV	IPFR	TIPO	REND. g/m²	ISS	Wi²	% IMB
P. VILLA	45	93	2	4	4	31	1.20	1.02	4	175.5	0.83	2.5	51
MX8385-14M	42	93	1	3	5	34	1.11	0.91	4	175.4	0.75	3.9	94
PT 91081	38	90	3	2	5	36	0.99	1.06	1	174.3	0.86	1.4	90
B.VICTORIA	45	97	2	4	4	42	1.20	0.99	4	174.1	0.9	2	37
PT 91325	41	91	2	3	4	36	1.01	0.94	1	173.9	1.02	2.1	56
PT 91082	40	89	3	3	4	33	0.99	1.09	1	173.3	0.82	2.8	86
PT 91219	41	92	3	3	5	32	0.97	0.94	1	171.2	0.76	2.1	81
PT 91348	41	92	2	3	5	35	0.99	1.10	1	171.1	1.02	1.7	71
PT 91375	40	89	2	3	5	34	1.00	1.04	1	168.9	0.93	1.7	76
PT 91168	47	96	3	2	4	28	0.95	0.97	1	168.8	1.07	1	58
PT 91079	40	92	3	3	4	34	1.08	1.06	1	167.9	0.98	1.5	76
PT 91135	50	95	3	2	4	28	0.98	1.00	1	165.3	1.11	2.4	52
PT 91080	39	91	2	3	5	35	0.99	1.01	1	165.3	0.87	2.9	88
PT 91154	48	95	3	2	4	27	1.03	0.98	1	162.7	1.14	2.1	56
PT 91142	47	96	3	2	4	28	0.98	1.07	1	162.2	1.13	1.9	55
PT 91368	48	94	3	2	4	28	1.08	0.86	3	160.3	1.07	1.7	62
PT 91327	44	93	2	3	4	35	1.04	1.02	1	160.2	1.06	4.2	68
PT 91144	50	95	3	2	4	27	0.94	0.99	1	160	1.12	2.8	55
FM M38	48	97	3	2	3	28	0.91	1.39	2	159.7	1.09	2.2	57
PT 91084	39	88	3	3	4	35	1.02	1.02	1	156.6	0.94	2	82
PVRR-2	50	99	3	3	4	31	1.27	0.99	4	155.9	1.09	2	75
PT 91092	39	90	3	3	4	34	1.00	1.04	1	155.6	0.95	2.3	77
PT 91145	51	96	3	2	4	28	0.95	1.12	2	155.5	1.1	3.2	59
PT 91094	46	93	3	4	4	27	1.10	0.96	1	149.7	1.05	1.4	62
PT 91309	42	91	2	3	4	31	0.98	0.01	1	148.7	0.96	3.2	60
MED.	44	93	2	3	4	32	1.03	1.02		164.5	0.99	2.3	67
CV (%)	7	3.4								26			
DMS (0.05)	1.5	1.6								22.1			

Plasticidad Fenológica

En el aspecto de plasticidad fenológica (PF), los datos presentados corresponden a la información obtenida en Durango y Aguascalientes, en ella se observan a cuatro genotipos que presentan una respuesta del tipo 4; esto es acortaron su período vegetativo (PV), probablemente por

Digitized by Google

ser insensibles al fotoperíodo, y mantuvieron la longitud del período reproductivo (PR), esta respuesta denota plasticidad para este período, ya que en forma general la tendencia es a su acortamiento; estos genotipos fueron: Pinto Villa, MX 8385-14M, Bayo Victoria y PVRR-2. Sólo el PT 91368 presentó una respuesta del tipo 3, esto es mantuvo su PV e incrementó levemente (LE) el PR. La respuesta predominante de los genotipos evaluados (18), fue del tipo 1, los cuales mantuvieron inalterados la longitud de ambos períodos, esta respuesta denota insensibilidad al fotoperiodo y plasticidad en el PR. El testigo Flor de Mayo M38 y PT 91145 presentaron un comportamiento del tipo 2, esto es mantuvieron la longitud del PV y acortaron el PR, esta respuesta denota insensibilidad al fotoperiodo y falta de plasticidad reproductiva. Esta información es importante para poder discriminar los materiales evaluados por su comportamiento fenológico que presentan, ya que bajo las condiciones del temporal del altiplano semiárido, la adaptación esta dada principalmente por la capacidad de los genotipos de aprovechar más eficientemente las deficientes condiciones ambientales prevalecientes (Acosta and White, 1995).

Resistencia a Sequía

La susceptibilidad a la sequía fue calculada con los datos de las evaluaciones realizadas en los estados de Durango, Aguascalientes, Jalisco y Chihuahua en 1994, observándose que los genotipos con menor susceptibilidad a sequía (<ISS) y que presentan rendimientos de grano superior a la media del ensayo fueron: Pinto Villa, MX 8385-14M, PT 91081, Bayo Victoria, PT 91082 y PT 91219. Estos materiales fueron los que mostraron de mediana a moderada susceptibilidad, con índices de susceptibilidad a la sequía (ISS) de 0.83, 0.75, 0.86, 0.90, 0.82 y 0.76 respectivamente. El genotipo que presentó la mayor susceptibilidad fue PT 91154 con un índice de 1.14, lo que significa que tubo un abatimiento del rendimiento bajo sequía mayor del 50%. La variación observada estuvo entre 0.75 y 1.14, con una media de 0.99. Los índices de intensidad de sequía (IIS) observados fluctuaron entre 0.51 y 0.79 con un promedio de 0.67, los que se consideran fuertes, siendo el mas bajo en Jalisco y el mas alto en Aguascalientes.

Correlaciones

Las variedades más productivas fueron las que tuvieron los mayores períodos reproductivos (Corr. PR/R, R=0.50*), esto debido principalmente al mayor peso que alcanzó su semilla (Corr. PR/P100S, R=0.79**), ya que el numero de semillas disminuyó (Corr. PR/#SEM, R=-0.70**) significativamente. Las variedades que mostraron los mayores períodos vegetativos fueron las que mostraron los más bajos pesos de semilla (Corr. DF/P100S, R=-0.68**), esto debido a que fueron las que presentaron los más bajos períodos reproductivos (Corr. PV/PR, R=-0.76**). Se comprobó la homeostasis que muestran los dos principales componentes del rendimiento (peso de semilla y número de semillas); cuando se incrementa el peso de semilla por unidad de superficie, disminuye el número de semillas (caso actual) y viceversa (Corr. #SEM/P100S, R=-0.90**).

El principal factor que determinó la mayor producción en las líneas evaluadas fue la longitud del período reproductivo, siendo el componente del peso de semilla (P100S) el que más determinó la producción (Corr. P100S/R, R=0.52**). Debido a que las líneas más tardías a floración fueron las que produjeron más semillas por metro cuadrado (Corr. DF/#SEM, R=0.68**), se deduce que las variedades más productivas fueron aquellas que acortaron el período vegetativo y ampliaron el

Digitized by Google

período reproductivo (Corr. PV/PR, R=-0.76** y Corr. PR/R, R=0.50*).

El mayor peso de grano contra mayor número de granos por unidad de superficie (Corr. P100S/R, R=0.52** y Corr. #SEM/R, R=0.12NS), como estrategia para obtener mayor producción bajo condiciones semiáridas de la zona, es explicado por el efecto de los estreses de diferente tipo a que esta expuesta la planta durante su desarrollo, pero principalmente en la fase de la diferenciación de primordios florales, la cual es la más crítica del desarrollo de la planta, ya que es en la que se establecen el número de flores y futuros frutos de la misma, a esto se suma el gran número de abortos florales después de la floración, lo que da como resultado un bajo número de vainas y de semillas, por lo que es difícil bajo las condiciones de la zona que las plantas mantengan un gran número de vainas.

REFERENCIAS

Acosta Gallegos, J.A., R. Ochoa Marquez,D.M. Aguilera Charlez, y R. Rosales Serna. 1990. Mecanismo fenológico de escape en frijol en relación a la adaptación a temporal. Congreso Nacional de la Soc. Méx. de Fitogenética, Cd. Juarez, Chih.

Acosta, G., J.A., and J. White. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. Crop Sci. 35: 199-204.

CIAT. 1987. Standard system for the evaluation of bean germoplasm. Van Shoonhoven, A. And Pastor-Corrales, M.A. (Compilers), Cali, Colombia.

Eberhart, S.A., and W.A. Rusell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.

White, J.W. 1989. *In* S. Beebe (ed.). Working Document No. 47. Bean Program, CIAT; Cali, Colombia pp. 156-187

Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur erfassung der okologischen streubreite in feldversuchen. Z. Pflanzenzucht. 47:92-96.

Digitized by Google

033796

 30 ENE 1998

Progreso, Problemas y el Futuro del Mejoramiento de Frijoles Mesoamericanos y la Mejora Genética Integrada

Shree P. Singh
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado de origen Mesoamericano tiene tres razas: Durango, Jalisco **y Mesoamérica, cada uno con sus distintas características, zonas de adaptación y problemas** de producción. Los **cultivares de semilla mediana (Flor de Mayo, Garbancillo Zarco) de raza Jalisco tienen la menor** superficie **(<500,000 ha) sembrada, zona restringida de adaptación (altiplano húmedo mexicano) y menos** logros por **mejoramiento genético (resistencia al virus de mosaico común y roya). Por el contrario, los** cultivares de semilla **pequeña de la raza Mesoamérica (negros, rojos, carioca,** blancos, mulatinho) ocupan una mayor superficie **(>6 millones de ha), tienen un rango más amplio de adaptación** (desde 38°S a 53°N latitud y hasta 2,000 m sobre el **nivel del mar) y una larga historia de mejoramiento genético.** Los cultivares con resistencia al virus de mosaico **común y mosaico dorado, bacteriosis común, antracnosis,** mancha angular, roya, bruchidos, *Empoasca*, picudo, **estrés hídrico y/o baja fertilidad de suelo están** disponibles para los agricultores. Los cultivares de semilla **mediana (pinto, Great Northern, rojo, rosado, bayo, Ojo** de Cabra) de raza Durango se cultivan en el continente **americano en el altiplano semiárido mexicano (>1 millón de** ha), Canadá, Chile y E.E.E.U. La resistencia al virus **del mosaico común, roya y bacteriosis común, insensibilidad a** fotoperíodo, precocidad y/o cambio de hábito de **crecimiento de tipo III a I y II, entre otros, son** los principales logros del mejoramiento genético. Existe una buena **habilidad combinatoria general para rendimiento entre** las tres razas, también existen algunas **incompatibilidades. 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 isolamiento y la falta **de programas serios de mejoramiento a largo plazo entre** otros son los principales problemas actuales. 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 a través **del** desarrollo de cultivares (de buena semilla comercial) precoces y bajar el costo de producción desarrollando cultivares altamente rendidores y aptos para mecanización **y cosecha** directa, con resistencia múltiple a los principales factores bióticos y abióticos, harían los cultivares **de frijol de origen** Mesoamericano más atractivos y competitivos en relación a otros cultivos, asegurando **así la** modernización del cultivo de frijol en el continente **Americano.** Cuando existe una relación estrecha **entre los productores** de frijol, los que comercian con el producto e investigadores, el sistema se auto-financia **por lo menos** parcialmente, esto sucede en Canadá y **E.E.U.U.,** pero en América Latina esto es inaudito. **Para América Latina es** un verdadero reto crear y adoptar **un** sistema similar pues sin él la investigación agrícola **en general y el** mejoramiento de frijol en particular en la **región es** muy incierto y oscuro. Además, seguir trabajando e investigando aisladamente es ineficiente, inútil y **un suicidio** profesional a largo plazo. Para llevar **adelante un** programa de investigación (mejoramiento) **eficiente** y exitoso a largo plazo es necesario 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, complementaridad, ventajas comparativas **e intereses genuinos.**

EL FRIJOL COMUN, *Phaseolus vulgaris* L.

El frijol común de origen Americano es económicamente el más importante en el mundo, ocupando más del 80% de la superficie sembrada en *Phaseolus* especies (Singh, 1992). La producción y consumo de frijol en el mundo es mayor que todas las otras leguminosas de grano, excepto soya y maní.

Digitized by Google

Como leguminosa de grano, el frijol es muy rico en proteína, fibras naturales y otros elementos y es un buen complemento de los cereales y otras fuentes principales de carbohidrato. Los estudios clínicos realizados en EEUU indican que el frijol es muy efectivo en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, obesidad, hipertensión, cáncer y enfermedades del tubo digestivo.

Del frijol se consumen las vainas verdes (habichuelas), granos verdes, granos secos y en algunas partes como Africa, también se consumen las hojas tiernas. Sin embargo, el principal consumo es en forma de grano seco, seguido por el de vainas verdes. A nivel mundial se cultivan más de 15 millones de ha para cosecha de grano seco y alrededor de 5 millones de ha para vainas verdes. Los cultivares de habichuelas tienen fibras muy reducidas en la sutura y cáscara de la vaina y son diferentes de los sembrados para cosecha de grano seco. Los frijoles reventones ("ñuñas") cultivados únicamente en ciertas zonas andinas de Bolivia y Perú, son diferentes del resto del grupo de granos secos.

América Latina (45%) seguida por Africa (25%), es la principal productora y consumidora de frijol de grano seco. América del Norte, Europa y Asia producen aproximadamente el 13%, 8% y 9%, respectivamente. En América Latina, Brasil (>5.3 millones ha) y México (1.8 millones ha) son los mayores productores y consumidores; Argentina, Colombia y Nicaragua se siembran entre 150 y 250,000 ha. Estados Unidos cultiva la mitad de la superficie de México, sin embargo, su producción es mayor.

LOS FRIJOLES MESOAMERICANOS Y SUS PROBLEMAS DE PRODUCCION

Entre los frijoles cultivados Singh et al. (1991) identificaron tres razas en cada uno de los acervos genéticos (Gepts et al., 1986) Andinos (Chile, Nueva Granada y Perú) y Mesoamericanos (Durango, Jalisco y Mesoamérica). En el continente americano los frijoles Mesoamericanos predominan en todas las zonas excepto en los países Andinos de Colombia, Ecuador y Perú y en el Caribe, excluyendo Cuba. La superficie total sembrada de estos frijoles supera los 7 millones de hectáreas. Entre las tres razas de origen Mesoamericano, los cultivares de raza Durango predominan en el altiplano Mexicano, EEUU y Canadá. También se cultivan en ciertas zonas de Chile y Argentina. Los de raza Mesoamérica son más importantes en el resto de los países aunque también se cultivan en América del Norte. La siembra de los cultivares de raza Jalisco sigue en declive y está principalmente restringida en el altiplano húmedo de México. En la raza Mesoamérica la preferencia es para los frijoles de color negro (Brasil, Venezuela, Cuba, Costa Rica, Guatemala y sur de México). Los países centroamericanos también tienen preferencia por los frijoles pequeños de color rojo. Los frijoles Mesoamericanos de tipos carioca, jalinho y mulatinho se cultivan principalmente en Brasil (Argentina y Bolivia). En América del Sur, a excepción de Bolivia, Brasil y Venezuela, la preferencia es para los frijoles de origen Andino de tamaño grande y de colores rojo, rojo moteado, crema moteado, canarios y bayos, entre otros. Así también en Africa, Asia y Europa prefieren más los frijoles Andinos de grano medianos y grandes, aunque también hay bastante consumo de frijoles de origen Mesoamericano de granos pequeños y mediano.

En la mayoría de los países tropicales y subtropicales de América Latina y Africa, el cultivo de frijol no es solamente atacado por un gran número de plagas (Abate y Ampofo, 1996; 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 (Tabla 1).

Digitized by Google

Esto es en parte una razón de porqué los rendimientos en Estados Unidos, Canadá y países de Europa y Asia están frecuentemente por encima de 1 TM/ha, mientras que en los países más necesitados de Africa y América Latina el promedio de rendimiento es casi la mitad o menos (650 kg/ha).

Tabla 1. Algunos problemas de producción de frijol.

Zona	Problemas
Africa	Baja fertilidad de suelo (BFS), mosaico común (MC), bacteriosis común (BC), añublo de halo (AH), antracnosis (ANT), manch angular (MA), mosca de frijol
América Latina	BFS, sequía, MC, mosaico dorado, BC, ANT, MA, *Apion* spp. y *Empoasca kraemeri*
América del Norte	MC, BC, roya, moho blanco, AH (ANT en Michigan y Ontario)
Asia	MC (en zonas húmedas ANT, MA y BC)
Europa	MC, mosaico amarillo, mosaico de pepino, BC, ANT

LA INVESTIGACION EN FRIJOL

Para entender bien el progreso alcanzado en mejora genética de los frijoles, vale la pena hacer un breve recuento de la investigación llevada y su situación actual. La investigación organizada en frijol se inició en el siglo pasado; el estado de Michigan en EEUU fue el primero en contratar un fitomejorador de tiempo completo para frijol en 1906. 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, Colombia y Perú en los años 50 (Singh, 1992; Voysest, 1983). En Asia, Japón parece ser el primer país que inició la investigación a comienzos de este siglo. En Africa la iniciaron los países del Africa del este (Uganda, Kenya), bajo el dominio del Reino Unido. En Europa, en los años 30, 40 y 50, Alemania y Holanda hicieron bastantes estudios de genética de frijol. Francia y Holanda realizaron investigaciones para resistencia a enfermedades (antracnosis y virus del mosaico común). Sin embargo, hoy en día, España e Italia probablemente tienen más investigadores dedicados al cultivo de frijol que los demás países europeos. En Asia, China, Japón, India, Irán y Turquía son los países que cuentan con investigación en frijol. En el continente africano, Africa del Sur, Malawi, Etiopía, Kenya y Uganda, entre otros, hacen mejora genética de frijol. En Canadá, el Departamento de Agricultura de Canadá y las Universidades de Guelph y Saskatchewan; en EEUU las Universidades de California, Colorado, Cornell, Dakota del Norte, Idaho, Michigan, Nebraska, Oregon y Wisconsin, además del Departamento de Agricultura (USDA) y más de media docena de compañías privadas están dedicadas a la mejora genética de frijol. En

Digitized by Google

América Latina, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Perú, Guatemala, Honduras, México, Perú, Puerto Rico, República Dominicana y Venezuela tienen investigadores dedicados a la mejora genética y a la investigación en otras áreas.

Además de los programas regionales en América Latina y Africa llevada por el CIAT, lo cual discutiremos más tarde, el "Bean/Cowpea CRSP" de Estados Unidos tiene programas colaborativos, igualmente en Africa y América Latina, desde hace más de 15 años. Cada uno de los proyectos están en estrecha colaboración con una o más universidades de EEUU. Entre los temas que cubren están adiestramiento, financiación directa, investigación participativa y compartida, e intercambio de germoplasma, información y visitas.

La Investigación de Frijol en el CIAT

El CIAT fue creado en 1967 y es uno de los 18 centros internacionales dedicados a la investigación agrícola, sin embargo, únicamente un año después del primer Taller Internacional realizado en 1973, se inició la investigación en frijol. En un principio, toda la investigación se concentró en Colombia. El primer programa colaborativo regional para América Central se inició en 1977; con Brasil se inició un proyecto bilateral en 1981 y el programa regional para Africa empezó en 1982 y en la Zona Andina en 1988. Durante este período de 23 años la composición profesional, las actividades, el enfoque de la investigación y la estrategia de colaboración han evolucionado y cambiado drásticamente, especialmente en los últimos cinco años.

Hoy en día hay más énfasis en el manejo de los recursos naturales, la investigación participativa y compartida, y la autofinanciación de la investigación. En la actualidad la investigación en frijol se encuentra agrupada o forma parte de los siguientes cuatro de los 16 proyectos en los cuales está organizada la investigación en CIAT: Colección y Conservación de Germoplasma, Caracterización y Ampliación de la Base Genética, Mejora Genética (América Latina) y Producción Sostenible para Africa. En el proyecto de Mejora Genética con sede en Colombia, participan agrónomo, entomólogo, fitopatólogo, virólogo, nutricionista de planta y suelo y fitomejorador. Además, el grupo de investigadores de frijol en la sede, colabora y apoya las actividades de los proyectos regionales de la Zona Andina (PROFRIZA); América Central, México y el Caribe (PROFRIJOL); y de Africa (PABRA). Los primeros dos proyectos regionales en América Latina vienen financiados desde 1979 y 1988, respectivamente, por la Corporación Suiza de la Cooperación Internacional (COSUDE). Suiza, Reino Unido, Canadá y E.E.U.U. mayormente financian los proyectos de frijol en Africa.

Colección y Caracterización de Germoplasma

CIAT cuenta con más de 30 mil accesiones de diferentes especies de *Phaseolus* de las cuales la mayor parte (>27 mil) son de *P. vulgaris*. De éstas, más de 28 mil están procesadas, registradas y disponibles para los investigadores. Además de caracterización y estudios de patrones de diversidad genética los cuales han permitido identificar los dos acervos genéticos, Andinos y Mesoamericanos, en frijoles silvestres y cultivados (Gepts y Debouck, 1991) y las seis razas del frijol cultivado (Singh et al., 1991), se ha enfatizado en evaluaciones para caracteres agronómicos. Por ejemplo, una buena parte de las accesiones (>20 mil) fueron caracterizadas y evaluadas para los principales problemas de enfermedades (antracnosis, mancha angular, bacteriosis común, mosaico

Digitized by Google

común), plagas (*Empoasca*, *Zabrotes*), y otros factores (Pastor-Corrales et al., 1995, 1998; van Schoonhoven y Cardona, 1982, 1983; Schwartz et al., 1982). En marcha se encuentra la formación y caracterización de la colección núcleo o básica ("core") la cual contiene aproximadamente 1,500 accesiones. Además de caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares, también se están utilizando caracteres agronómicos para la caracterización y formación de la colección básica.

Ampliación de la Base Genética

Para la ampliación de la base genética de los cultivares de frijol, además de los cruzamientos entre acervos genéticos (Andinos y Mesoamericanos) y razas de frijol cultivadas, se está utilizando el frijol silvestre (resistencia a *Zabrotes*) y haciendo cruzamientos con otras especies de los acervos secundarios (*P. coccineus*, *P. costaricensis*, y *P. polyanthus*), sin uso de rescate de embriones; y terciarios (*P. acutifolius* y *P. parvifolius*) con uso de rescate de embriones. Al momento, en el CIAT el principal interés es transferir y piramidar genes de resistencias para enfermedades (bacteriosis común, mosaico dorado, y Ascochyta) y plagas (*Empoasca kraemeri*, *Zabrotes subfasciatus*, y *Acanthoscelides obtectus*). Los métodos de retrocruzamientos recurrentes y congruentes (cruzamientos con ambos padres o especies alternadamente) seguidos por 2 ó 5 generaciones de autopolinización ("inbred") son utilizados en todas estas cruzas amplias.

Mejora Genética *per se* de Frijoles Cultivados

La mejora genética dentro del frijol cultivado está dividida en dos grupos de actividades: (1) mejora genética para caracteres de valor estratégico y (2) mejora genética de cultivares (Singh, 1992). Entre los caracteres de valor estratégico para 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* pv *phaseoli*), mosaico común, mosaico dorado, antracnosis (causada por *Colletotrichum lindemuthianum*) y mancha angular (causada por *Phaeoisariopsis griseola*). 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.

La mejora genética de cultivares se lleva separadamente para cada tipo de frijoles específicos de mayor importancia dentro de cada raza. Además, involucra recombinación y selección simultánea del máximo número de caracteres cualitativos y cuantitativos a la vez (i.e., la mejora genética integrada), 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 de grano grande de origen Andino, trabajamos en los rojos, rojos moteados y crema moteado, los primeros dos de raza Nueva Granada y el último perteneciente a la raza Chile. Para los cultivares de las dos razas de origen Andino se está realizando mejora genética simultánea para mosaico común, bacteriosis común, roya, antracnosis, mancha angular y bruchidos. Para los frijoles de origen Mesoamericano llevamos adelante mejora genética de frijoles pinto de raza Durango y carioca, negros y rojos pequeños de raza Mesoamérica. Para

Digitized by Google

mejora genética de cultivares de raza Mesoamérica se están recombinando y haciendo selección simultánea para resistencias a mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis común, mancha angular, antracnosis, *Apion* spp., y baja fertilidad del suelo en cultivares de hábitos de crecimientos tipos II y III. En frijoles pintos de raza Durango de hábitos II y III se están combinando precocidad y resistencias a mosaico común, bacteriosis común, roya y añublo de halo. Además, en general, 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.

Producción Sostenible de Frijol en Africa

En los países más pobres de Africa se encuentra el consumo per cápita de frijol más alto y es ahí donde la investigación es más atrasada y precaria. Por tal razón, el CIAT ha dedicado más recursos para este proyecto de investigación financiado principalmente por cuatro donantes: Canadá, EEUU, Reino Unido y Suiza. En esta región predominan los frijoles de grano grande de origen Andino. Entre los factores adicionales que se consideran para mejora genética está la tolerancia a mosca de frijol y añublo de halo. El proyecto, además de un líder, cuenta con dedicación completa de un entomólogo, un fitopatólogo, un nutricionista de suelo y planta, una socióloga y dos fitomejoradores, entre otros.

Proyectos Colaborativos

CIAT tiene proyectos colaborativos no sólo con instituciones de países avanzados sino también en países en vía de desarrollo. Hay programas de estudios de tesis, intercambio de visitas, investigaciones en temas y cultivares específicos. Por ejemplo en frijol en EEUU colaboramos con las Universidades de California, Colorado, Cornell, Michigan, Nebraska y Wisconsin, entre otras. En Canadá con las Universidades de Guelph y Saskatchewan. En Europa existen proyectos colaborativos con Alemania, Bélgica y Francia entre otros. En América Latina, hoy en día para mejora genética hay estrecha colaboración con Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México y Perú.

Entre algunos países donantes hay una tendencia creciente a financiar proyectos específicos de su interés. Por ejemplo, Suiza financia proyectos de frijol para la Zona Andina, América Central y El Caribe y Africa; Francia, el proyecto de fijación biológica de nitrógeno en suelos con bajo fósforo; Bélgica colabora en los proyectos de ampliación de base genética utilizando cruzamientos interespecíficos con acervos genéticos secundarios (*P. coccineus*, *P. costaricensis*, *P. polyanthus*) y terciarios (*P. acutifolius* y *P. parvifolius*); Alemania colabora en el proyecto de transformación de frijol.

Digitized by Google

PROGRESO O LOGROS EN MEJORA GENETICA EN FRIJOLES MESOAMERICANOS

En los cultivares criollos de la raza Mesoamérica de color negro, carioca y mulatinho ya se encontraba resistencia a mosaico común (gen *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, Rio Tibagi e Iguaçu 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. Entre los frijoles importantes de esta raza los rojos criollos centroamericanos tenían mas susceptibilidades a estreses bióticos y abióticos y consecuentemente bajos rendimientos. Tampoco 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 como mosaico común (en los rojos), mosaico dorado, bacteriosis común, antracnosis, *Apion*, bruchidos y *Empoasca*. Efectos de estos logros pueden verse en Brasil, Argentina, Bolivia, América Central, México y Cuba, a través de los cultivares liberados y cultivados. En los EEUU y Canadá, además de enfatizar la resistencia a enfermedades, también se procuró en precocidad, adaptación a clima templado de verano y porte erecto de planta. Para mas detalles ver Rodríguez, R. (1997) y Rodríguez, F. (1997).

En los frijoles de raza Durango se encuentran cultivares mejorados de tipo pinto, great northern, rojo y rosados con precocidad y adaptación a climas de verano templado y resistencia a bacteriosis común, roya y mosaico común, entre otros. También se encuentran algunos cultivares con porte erecto de hábito I y II. Para detalles ver el capítulo escrito por Brick (1997) y Vandenbert et al. (1997).

Aunque existen un par de cultivares mejorados con resistencias a mosaico común y/o roya en raza Jalisco para altiplano Mexicano, la mejora genética de este grupo de cultivares es la más atrasada en los frijoles de origen Mesoamericano. Además, los cultivares mejorados todavía tienen defectos en su tipo de semilla comercial y faltan resistencias para otros factores como antracnosis, bacteriosis, *Apion*, etc. Para mas detalles ver Nuñez (1997).

PERSPECTIVAS FUTURAS

Para aumentar rendimiento y estabilidad y bajar costos de producción y dependencias a productos químicos (fungicidas, insecticidas, fertilizantes) y agua, y facilitar adopción masiva de nuevos cultivares, es sumamente esencial llevar mejora genética integrada o simultánea de máximo número de caracteres cualitativos y cuantitativos en el tiempo mas corto posible. Además, es obligatorio ampliar la base genética de cultivares para maximizar la ganancia genética y lograr la mas 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, bioquímicos y moleculares ligados con genes de utilidad incluyendo resistencias a enfermedades y plagas importantes en frijol común (Kelly y Miklas, 1997) es necesario utilizar éstos para aumentar

Digitized by Google

eficiencia y hacer mejoramiento mas dirigido. Una breve descripción de los métodos aptos para mejora genética integrada, se encuentra en la siguiente sección. Para mayores detalles ver Singh (1994 y 1997).

MEJORA GENETICA INTEGRADA DE CULTIVARES

La Mejora Genética Integrada (MGI)

La MGI (Figuras 1 y 2) se basa en las necesidades de los productores, consumidores e industriales de frijol. Es una investigación compartida, participativa e interdisciplinaria, muy enfocada, eficiente y productiva, que asegura éxito. La MGI permite el máximo uso de la diversidad genética disponible y facilita la mejora genética del máximo número de caracteres cualitativos y cuantitativos a la vez o simultáneamente. Además, la MGI utiliza y combina la mejor tecnología molecular con el mejor de los métodos convencionales de mejora genética.

Aunque se han logrado avances significativos en la mejora genética para caracteres individuales (e.g., resistencias a mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis común, antracnosis, picudo, etc.), la disponibilidad de cultivares de frijol común con caracteres deseables y resistencias múltiples, alto rendimiento y otras buenas características agronómicas facilitarían su adopción, 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.

La estrategia para el mejoramiento integrado o simultáneo de cultivares (Figura 2), considerando el máximo número de caracteres agronómicos incluye: (1) obtener claridad sobre la importancia y problemática del cultivo de frijol para la zona, (2) fijar objetivos y prioridades de la mejora genética, (3) identificar y usar únicamente padres que con absoluta confianza pueden considerarse donantes de genes necesarios, (4) utilizar cruzamientos múltiples con un número adecuado de polinizaciones (planta a planta entre machos y hembras) para producir suficiente semilla de cada cruza, (5) realizar evaluación y selección para marcadores actualmente disponibles (e.g., para mosaico común, mosaico dorado, antracnosis, bacteriosis común, roya, picudo, hábito de crecimiento, insensibilidad a fotoperiodo, entre otros) desde la etapa de hibridación, (6) de los métodos alternativos de selección, utilizar la alternativa que sea mas económica y compatible con sus necesidades y recursos disponibles, por ejemplo, nosotros utilizamos el de selección de gametos y evaluación y selección agronómica de familias en generaciones tempranas (Figura 3) y la de descendencia de semilla única, y (7) conseguir una estrecha y genuina colaboración e integración de actividades de mejoramiento entre diferentes investigadores a nivel de instituciones, y la región entera, en localidades claves, para efectuar evaluaciones confiables de viveros de frijol para efectos de realizar selección simultánea para el máximo número de caracteres agronómicos.

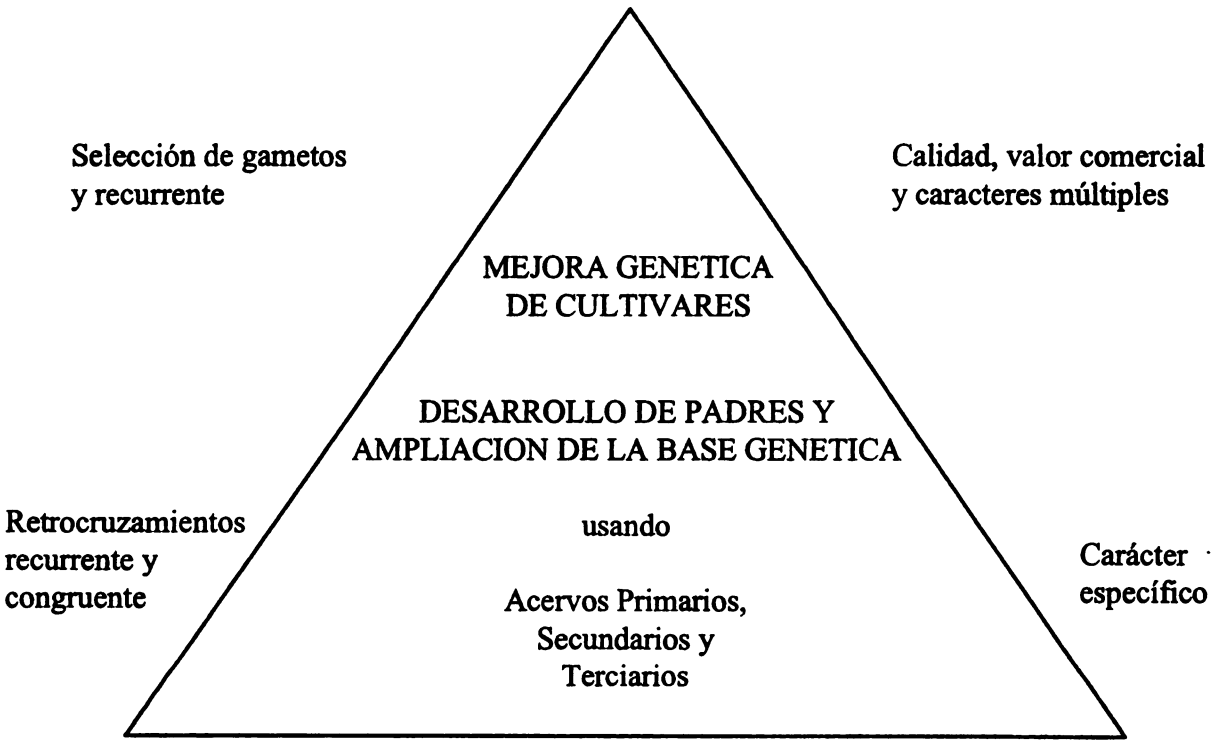
Selección de Padres y Cruzamientos

La identificación de padres con alta resistencia, probada a través de evaluaciones repetidas en diferentes localidades y años contrastantes para problemas principales es sumamente esencial para asegurar el éxito en la mejora genética. Estos padres pueden ser identificados a partir de viveros específicos (e.g., de bacteriosis común, antracnosis) y/o de un vivero especial agrupando algunos padres para cada factor escogido de la información previamente disponible. Para factores como

Digitized by Google

antracnosis, además de las evaluaciones realizadas en campo se deben verificar las resistencias en invernaderos y laboratorios contra máximo número de cepas y mas amplia variabilidad patogénica. En la Tabla 2 se incluye algunas fuentes de genes necesarios.

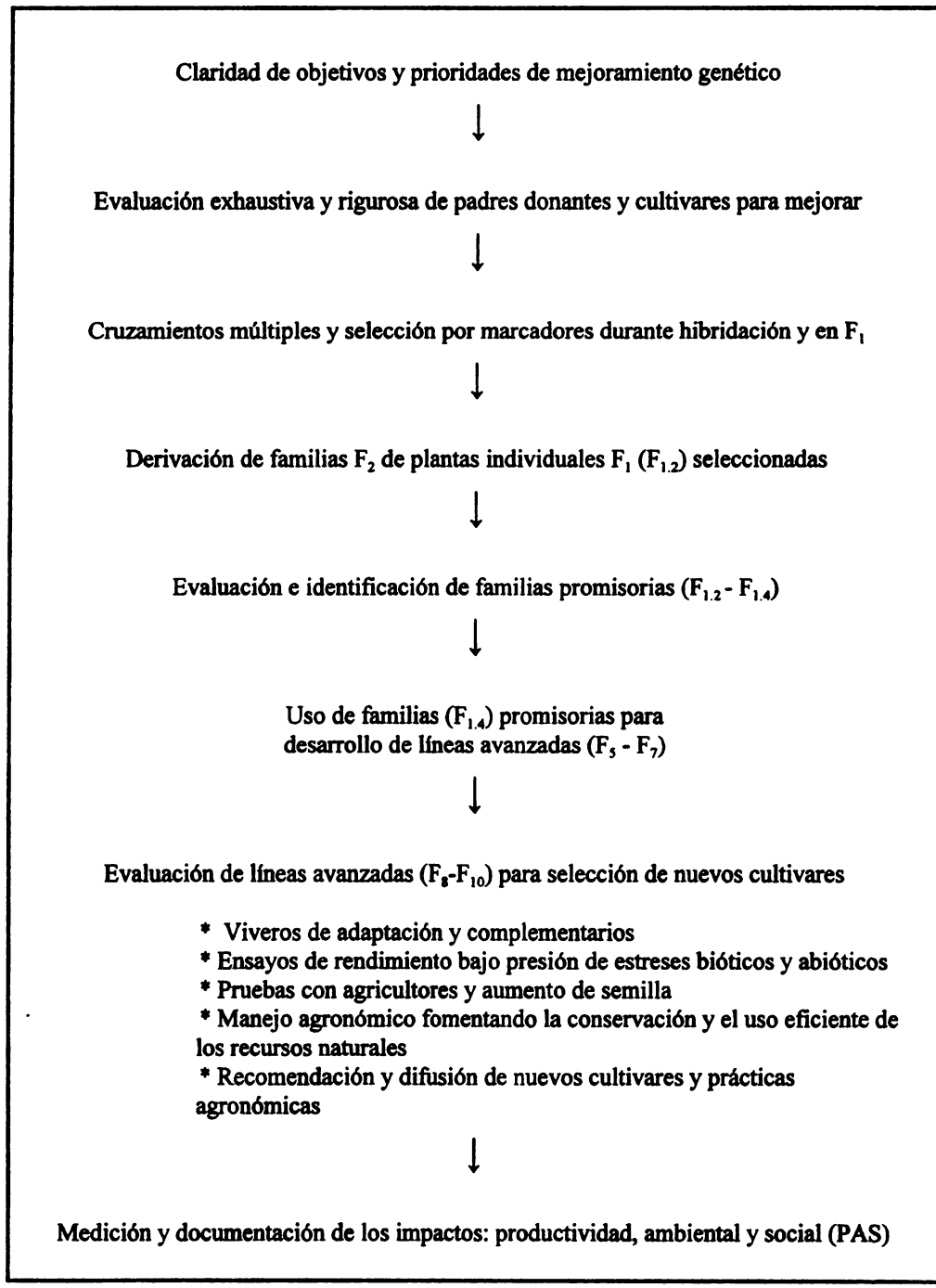
Figura 1. Mejora genética integrada de frijol común, *Phaseolus vulgaris* L.



Adoptado de Kelly et al. (1997).

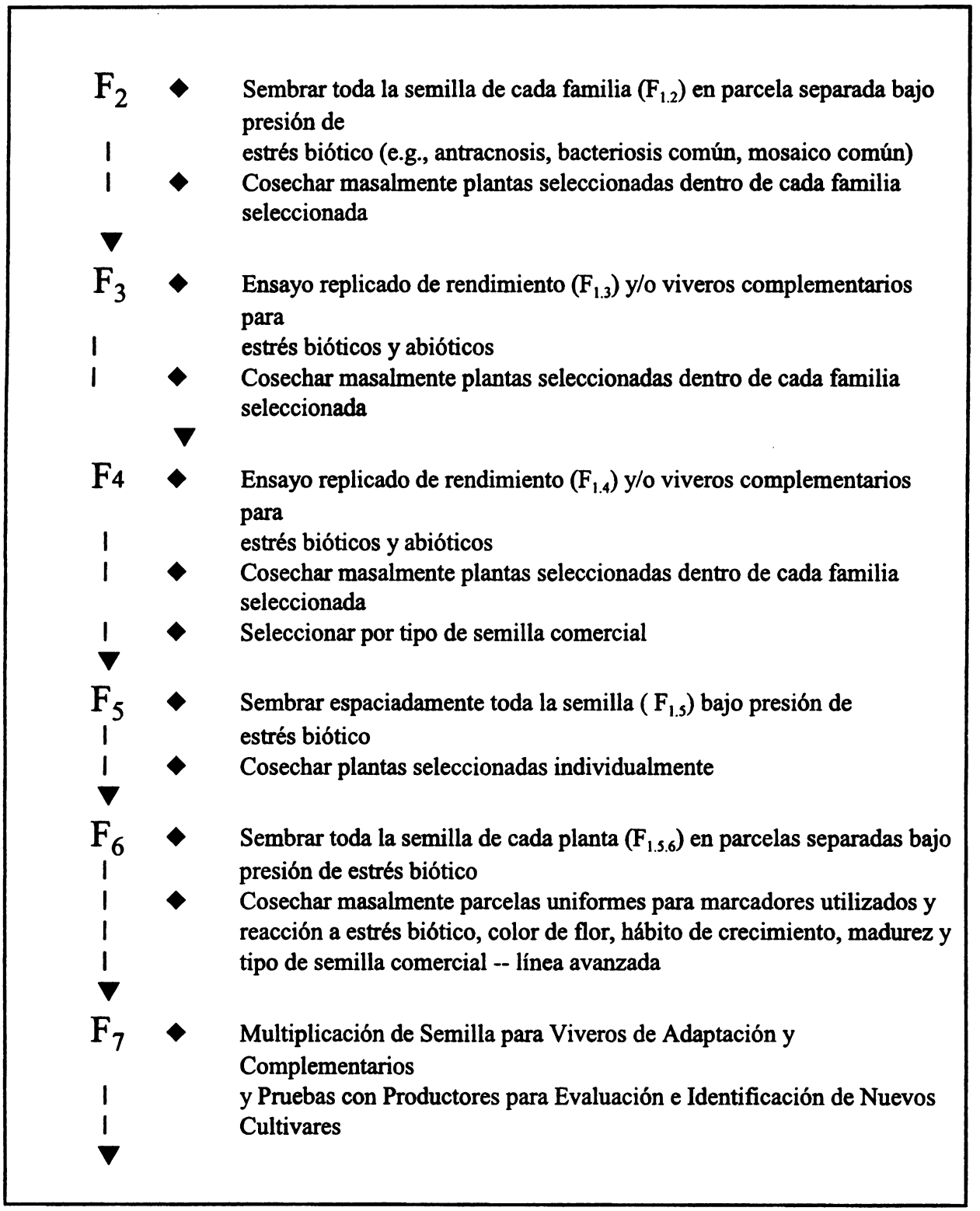
Digitized by Google

Figura 2. Mejora genética integrada de cultivares de frijol común usando marcadores y selección de gametos para mejoramiento simultáneo de caracteres múltiples.



Digitized by Google

Figura 3. Evaluación agronómica de familias en generaciones tempranas (F_2 - F_4) y desarrollo de líneas mejoradas (F_5 - F_7).



Digitized by Google

Tabla 2. Algunos padres donantes de genes útiles en frijol común, *Phaseolus vulgaris* L.

Identificación	Color semilla	Tamaño	Hábito	Caracter	Gen
J 117	Morado rayado	Mediano	IV	*Apion*	*Agr*
A 193	Rojo moteado	Grande	II	Antracnosis	-
A 483	Morado moteado	Grande	III	Antracnosis	-
G 1320	Canario	Pequeño	III	Antracnosis	*Co4*
Catrachita	Rojo	Pequeño	II	Antracnosis	*Co5*
Sel. 1360	Negro	Pequeño	III	Antracnosis	*Co6*
Kaboon	Blanco	Mediano	I	Antracnosis	-
IVT 7214	Blanco	Pequeño	III	Mosaico común	*bc3*
BRB 26	Blanco	Mediano	I	Mosaico común	*bc3, I*
BRB 57	Blanco	Mediano	I	Mosaico común	*bc3, I*
BRB 76	Crema rayado	Pequeño	II	Mosaico común	*bc3, I*
BRB 85	Rojo	Mediano	I	Mosaico común	*bc3, I*
G 17341	Pinto	Pequeño	III	Bacteriosis	-
G 18484	Negro	Pequeño	II	Bacteriosis	-
Wilkinson 2	Blanco	Mediano	I	Bacteriosis	-
XAN 159	Gris jaspeado	Grande	I	Bacteriosis	*QTL*
XAN 309	Rojo	Pequeño	II	Bacteriosis	-
RAZ 44	Blanco	Pequeño	III	Gorgojo	*Arl*
VAX 3	Rojo brillante	Pequeño	II	Bacteriosis	-
VAX 4	Crema	Pequeño	II	Bacteriosis	-
VAX 5	Negro	Pequeño	II	Bacteriosis	-
VAX 6	Rojo opaco	Pequeño	II	Bacteriosis	-

Para realizar cruzamiento se debe tener en cuenta la distancia genética entre los padres involucrados en cada cruza, sus relaciones y origen evolucionario como acervo genético y razas de frijol, la habilidad combinatoria, tipo de semilla, hábito de crecimiento, madurez, adaptación, etc., además de los genes útiles de resistencia que van a aportar. Ejemplos de cruzamiento para frijoles negros para América Latina puede ser el siguiente:

DOR 390 x [(J 117 x Catrachita) x (A 429 x XAN 159)]

Para asegurar un muestreo adecuado de los genes necesarios o alelos favorables aportados por cada padre involucrado en cruzamientos se debe hacer polinización planta - a - planta en pares entre las hembras y machos. Además, se debe producir suficiente semilla híbrida F_1 de cada cruzamiento. En nuestro programa generalmente producimos unas 50 semillas F_1 por cada cruza simple y mas de 200 semillas por las cruzas triple, doble y múltiples. El total de número de cruzamientos finales planificados debe ser proporcional a las necesidades y recursos disponibles para evaluaciones y selecciones posteriores.

Digitized by Google

Marcadores Disponibles y Selección por Gametos Durante la Hibridación y en Generación F_1

En el caso del cultivo de frijol, los marcadores dominantes o codominantes para caracteres agronómicos son de diversa naturaleza: morfológicos, como hábito de crecimiento y reacción a enfermedades, como antracnosis, roya y mosaico común; tipo de proteína en semilla, como arcelina para resistencia a gorgojo; y moleculares de base ADN, como RFLP, RAPD, SCAR y ASAP. (Adam-Blandon et al., 1994; Gu et al., 1994; Haley et al., 1994; Johnson et al., 1995; Jung et al., 1996; Miklas et al., 1993 y 1996; Nodari et al., 1993; Young y Kelly, 1997). Del último grupo ya están disponible los marcadores para picudo, mosaico común, mosaico dorado, antracnosis, roya y bacteriosis común, entre otros (Tabla 3). Para mas detalles sobre uso de marcadores moleculares en frijol común ver Kelly y Miklas (1997). Para todos los caracteres dominantes como hábito de crecimiento, resistencia a antracnosis, roya, mosaico común, presencia de arcelina en semilla y marcadores moleculares dominantes y codominantes, uno debe empezar la selección durante la hibridación (Singh, 1994, 1997) y producción de cruzamientos con padres múltiples y finales. Por ejemplo, las semillas F_1 de la cruza doble [(J 117 x Catrachita) x (A 429 x XAN 159)] utilizada para cruzar con DOR 390, pueden ser seleccionadas para los marcadores disponibles para mosaico común, bacteriosis común, picudo, mosaico dorado y antracnosis. Así entonces únicamente 1/32 de todas las semillas F_1 de cruza doble (i.e., $1/2^n$, donde n = número de genes deseables para selecciones) van a portar los genes necesarios para cinco resistencias múltiples. Aunque es una labor muy dirigida y costosa, inicialmente esto asegura incorporación de cinco caracteres a la vez en el cultivar DOR 390 y además reduciría el tamaño de población en F_2 a un 1/512 de lo que estaría obligado a llevar si no se hubiera hecho evaluación y selección de F_1 de la cruza doble y de la final (la cruza de cinco padres), antes y después de haber cruzado con DOR 390.

Las plantas F_1 de cruzamientos finales ya seleccionadas por marcadores dominantes y codominantes deben ser cosechadas separadamente. Así el total de familias F_2 provenientes de cada cruzamiento debe ser igual a las plantas F_1 seleccionadas. Estas familias derivadas de F_1 posteriormente pueden ser sometidas a evaluación y selección para caracteres cualitativos y cuantitativos usando diferentes métodos de mejoramiento para desarrollar líneas avanzadas.

Método de Mejoramiento

La escogencia del método de mejoramiento dependería, entre otras cosas, del número de cruzamientos y familias dentro de cada cruzamiento que se tienen que evaluar y seleccionar, de la sincronización entre evaluación para marcadores y caracteres cualitativos y cuantitativos para los cuales no se puede utilizar marcadores al momento, y de la disponibilidad de recursos.

En el CIAT se utiliza mayormente el método de selección de gametos combinado evaluación agronómica de familias en generaciones tempranas (Singh, 1997; Figura 3). En este método se siembra toda la semilla de familias ($F_{1:2}$) provenientes de plantas F_1 seleccionadas por marcadores de cruzamientos finales en campo en localidad y época representativa bajo presión de factores bióticos y/o abióticos. Seleccionar entre y dentro de cada $F_{1:2}$ y cosechar masalmente las plantas seleccionadas dentro de cada familia $F_{1:2}$ seleccionada.

Digitized by Google

Tabla 3. Marcadores moleculares† (RAPD) disponibles para algunos genes útiles en frijol común.

Gene	Fuente	Caracter	Marcador
Ur 3[2]	PI 181996	Roya	OAC20 OAE19
Ur 4	Early Gallatin	Roya	OA14
Ur 5	Mexico 309	Roya	OF10 OI19
Co 1	Michigan DR Kidney	Antracnosis	OF10
Co 5	G 2333 SEL 1360	Antracnosis	OAB3
Co 6	AB 136, Catrachita	Antracnosis	OAH1 OAK20
I	Seafarer Montcalm	Mosaico común	OW13
bc 3	B85009 MCR 2205	Mosaico común	OAD19 OC20 OC11
I + bc 3	BRB 26 BRB 57 BRB 76 BRB 85 Raven	Mosaico común	OW13 OAD19

† Fuente: Adoptado de Kelly y Miklas (1997).

Repetir la evaluación en F_3 ($F_{1.3}$) usando parcelas de mayor tamaño y/o con replicaciones (Singh, 1994; Singh et al., 1998; Singh y Urrea, 1995). Otra vez seleccionar entre y dentro de $F_{1.3}$ y cosechar masalmente plantas seleccionadas de cada familia. Evaluar las $F_{1.4}$ seleccionadas en ensayos replicados en máximo número de ambientes necesarios para poder seleccionar las mejores $F_{1.4}$ familias.

Seleccionar para tipo de semilla comercial antes de sembrar espaciadamente las familias $F_{1.5}$ promisorias. Evaluar, seleccionar y cosechar plantas individualmente dentro de cada $F_{1.5}$ familia seleccionada.

Realizar prueba de progenie en F_6 ($F_{1.5.6}$) y cosechar masalmente todas las plantas de líneas uniformes para color de flor, hábito de crecimiento, madurez, tipo de semilla comercial y otros caracteres para los cuales fue evaluada.

Aumentar semillas y someter las líneas así desarrolladas a evaluaciones en viveros de adaptación, ensayos de rendimiento, y pruebas con productores de frijol, etc., para identificación de nuevos cultivares y aumento y distribución de sus semillas para lograr impactos en productividad social y ambiental

Digitized by Google

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a Isabel Cristina Giraldo por su ayuda en la preparación del manuscrito y a Oswaldo Voysest por su ayuda editorial.

REFERENCIAS

Abate, T., and J.K.O. Ampofo. 1996. Insect pests of common beans in Africa. Ann. Rev. Entomol. 41:45-73.

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.

Brick, M.A. 1997. Achievements, problems and prospects for breeding pinto beans in North America. p. 283-293 *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.

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.

Gepts, P., 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.

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.

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.

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.

Johnson, E., P.N. Miklas, J.R. Stavely, and J.C. Martínez-Cruzado. 1995. Coupling- and repulsion -phase RAPDs for marker -assisted selection of PI 181996 rust resistance in common bean. Theor. Appl. Genet. 90:659-660.

Jung, G., D.P. Coyne, P.W. Skroch, J. Nienhuis, E. Arnaud-Santana, J. Bokosi, H.M. Ariyarathne, 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.

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.

Kelly, J.D., and P.N. Miklas. 1997. The role of molecular markers in breeding for qualitative and quantitative traits in common bean. p. 262-282. *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.

Digitized by Google

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.

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.

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.

Nuñez G., S. 1997. Mejoramiento de frijol voluble de la raza Jalisco para el Altiplano Mexicano. p. 316-325. *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.

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).

Pastor-Corrales, M.A., M.M. Otoya, A. Molina, and S.P. Singh. 1995. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle American and Andean South America in different common bean races. Plant Dis. 79:63-67.

Rodríguez, F. 1997. Logros, problemas y posibilidades de 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.

Rodríguez, R. 1997. Problemas, logros y posibilidades para el mejoramiento del frijol negro. p. 294-306. *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.

Schwartz, H.F., and M.A.Pastor Corrales. 1989. Editors. Bean Production Problems in the Tropics. 2nd Edition. CIAT, Cali, Colombia. 726 pp.

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.

Singh, S.P. 1992. Common bean improvement in the tropics. Plant Breed. Rev. 10:199-269.

Singh, S.P. 1994. Gamete selection for simultaneous improvement of multiple traits in common bean. Crop Sci. 34:352-355.

Singh, S.P. 1997. 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).

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. (in press).

Singh, S.P., P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). Econ. Bot. 45:379-396.

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.

van Schoohonven, A., and C. Cardona. 1982. Low levels of resistance to the Mexican bean weevil in dry beans. J. Econ. Entomol. 75:567-569.

van Schoonhoven, A., C. Cardona, and J. Valor. 1983. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (*Coleoptera: Bruchidae*) in noncultivated common bean accessions. J. Econ. Entomol. 76:1255-1259.

Digitized by Google

Vandenbert, A., B. Reckseidler, and L. Zyla. Development of new plant type for pinto beans: Progress, problems and future prospects. p. 169-186. *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.

Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su orígen. CIAT, Cali, Colombia.

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.

Digitized by Google

SECCION VII. MEJORAMIENTO DE CULTIVARES: FRIJOLES ANDINOS

Digitized by Google

Digitized by Google

Mejoramiento de Frijol para el Caribe

James S. Beaver y Albeiro Molina C.
Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico

30 ENE 1998

RESUMEN

Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) son un componente fundamental de la dieta y un cultivo importante en todo el Caribe. Las siembras anuales de frijoles en la región exceden 200,000 ha aunque los rendimientos son bajos -de 400 a 900 kg/ha. El frijol es producido casi todo el año en diferentes sistemas de cultivo. Un conjunto de factores edáficos pueden limitar la producción de frijol y la distribución de lluvias puede variar mucho en distancias cortas. El germoplasma del Caribe tiene muchos caracteres de interés los cuales deberían ser preservados, caracterizados y utilizados para el mejoramiento del frijol local. Las enfermedades tales como el mosaico dorado de frijol (VMD), roya, bacteriosis común (BC), mustia hilachosa (MH) y estrés abióticos causado por altas temperaturas, sequía y baja fertilidad de suelo fueron identificados por los investigadores de frijol del Caribe como los más importantes factores bióticos y abióticos que limitan el rendimiento del frijol en la región. El mayor progreso ha sido en la identificación de fuentes de resistencia a VMD, BC, MH y roya. La herencia de muchas de estas fuentes de resistencia es conocida y las técnicas para transferir estas resistencias en frijoles rojo claro y rojo jaspeado han sido establecidas. Durante los próximos 15 años, los programas de mejoramiento de frijol del Caribe deberían ser capaces de desarrollar y liberar cultivares con altos niveles de resistencia a enfermedades. Sin embargo, los esfuerzos para identificar nuevas fuentes de resistencia a enfermedades deberían seguir para ampliar la base genética de resistencia y estar preparados para la posible emergencia de razas más virulentas. La selección ayudada por marcadores usando RAPDs tiene el potencial para ser una herramienta valiosa para piramidar genes de resistencia a enfermedades. Como un objetivo de largo plazo, los programas de mejoramiento de frijol del Caribe deberían combinar resistencia a enfermedades y *Empoasca*. Ya que el virus de mosaico común es un problema potencial, un gene de resistencia recesiva a este virus debería ser introducido por retrocruzamientos en los cultivares de frijol rojo jaspeado y rojo claro. Los programas de investigación de frijol deberían mantenerse vigilantes para evitar que otras enfermedades tales como el mosaico severo, virus de mosaico de pepino y mancha angular puedan ganar importancia. La tolerancia a estreses abióticos son usualmente caracteres complejos con baja heredabilidad. La mayoría de los programas de mejoramiento de frijol del Caribe necesitan entrenamiento en metodologías y técnicas de selección apropiada para tolerancia a estreses abióticos. Además, el germoplasma del Caribe necesita ser evaluado para tolerancia a estrés abiótico porque algunos cultivares rojo jaspeado y rojo claro ya han sido identificados como tolerantes al calor y la sequía y alta fijación biológica de nitrógeno. Los cultivares tardíos de tipo III deberían ser desarrollados para unicultivo en sistemas de riego. Este es un ideotipo que debe permitir expresiones de más alto potencial de rendimiento y proveer más oportunidades para la alta fijación del nitrógeno biológico. Los frijoles para este sistema de producción también necesitarán resistencia a VMD y a roya. Los cultivares erectos de tipo II deberían ser desarrollados para climas calientes y húmedos. La resistencia a acame debería reducir la perdida por MH y mantener la calidad de la semilla cuando las condiciones climáticas no son favorables en la cosecha. Estos cultivares necesitarán resistencia a VMD, BC y MH. Los cultivares precoces, indeterminados deberían ser desarrollados para la producción de frijol en laderas. La precocidad ayudará a evitar estrés de sequía y el habito de crecimiento indeterminado que debería contribuir a un rendimiento más estable. Los cultivares de frijol para laderas necesitarán resistencias a VMD, BC, MH y roya. Reducir tiempo de cocción debe ser otro objetivo a largo plazo de los programas de mejoramiento del Caribe. Este esfuerzo debería comenzar con la evaluación de germoplasma local para este carácter. Para asegurar la estabilidad y lograr los objetivos a largo plazo, es necesario desarrollar mecanismos los cuales permitan a los programas de mejoramiento llegar a ser más autosuficientes.

Digitized by Google

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)es un componente fundamental de la dieta alimenticia en el Caribe. Es la principal fuente de proteína en familias de bajos recursos en muchos países de la región. Más de 30 millones de personas que viven en esta zona del Caribe consumen frijol rojo moteado y rojo arriñonado de origen Andino (Tabla 1). Es un cultivo importante en la región con un área de siembra que supera las 200,000 ha al año (Tabla 1), sin embargo, los rendimientos promedios permanecen bajos con rangos entre 400 y 900 kg/ha. Esta producción debe ser incrementada no solo para responder a la expansión esperada en la población, sino también para sustituir la porción de frijol que actualmente se importa.

Tabla 1. Producción de frijol en el Caribe.

País	Población	Area sembrada (ha)	Producción total (t)	Rendim. semilla (Kg/ha)	Consumo anual (Kg/per)	Tipo semilla preferida
Belice	185,000	4	2	686	<3	Rojo arriñonado
Cuba	9,706,000	62	26	419	7-10	Negro, rojo arriñonado
Haití	5,520,000	89	53	595	7-10	Negro, rojo moteado
Jamaica	2,391,000	3.4	3	800	3-5	Rojo arriñonado
Panamá	2,315,000	3.2	2.966	927	<3	Rojo arriñonado
P. Rico	3,522,000	500	375	750	7-10	Blanco, rj.ar., pinto
Rep.Dom.	7,012,000	50	36	722	7-10	Rojo moteado, negro, blanco
Total	30,651,000	212.1	123.341			

Fuente: Fascículo 2. Importancia, síntomas y manejo de las principales enfermedades del frijol. PROFRIJOL/CIAT y FAOSTAT, 1996.

En el Caribe hay una gran diversidad de suelos causada por condiciones climáticas, geológicas y geomorfológicas contrastantes. Esta variabilidad produce una gama de factores edáficos que pueden limitar la producción de frijol. Las características del suelo que pueden contribuir a reducir los rendimientos del frijol son la baja fertilidad, la alta acidez, el estrés de humedad y suelos poco profundos e inclinados propensos a la erosión (Dr. Friedrich Beinroth, Comunicación personal). La distribución de lluvia en las islas del trópico, puede variar mucho en distancias muy cortas y dependen de la topografía y la dirección de los vientos. Tanto la variabilidad de suelos, como la distribución de lluvias, crea gran diversidad de condiciones ambientales para el cultivo de frijol. En contraste con otras regiones del mundo donde el frijol de origen Andino crece en sitios altos, la mayoría del frijol en la zona del Caribe es producido en altitudes menores de los 1000 msnm. Como consecuencia las altas temperaturas pueden limitar la producción en algunas zonas o afectan ciertas etapas de desarrollo del cultivo. Debido a la variabilidad de climas del

Digitized by Google

Caribe, algunas enfermedades, tales como: el virus del mosaico dorado del frijol (VMDF), la bacteriosis común (BC) y la mustia hilachosa (MH) tienen gran importancia.

El frijol se produce en el Caribe casi durante todo el año en un amplio rango de sistemas de cultivo. La República Dominicana es un buen ejemplo de los diversos sistemas de producción de frijol que se utilizan. Durante los meses fríos y secos de invierno, el frijol se siembra como monocultivo con riego en el valle de San Juan de la Maguana y durante los meses cálidos de verano se siembra en las laderas de las montañas cuando las lluvias son más abundantes, frecuentemente asociado con maíz u otros cultivos. En el este de la República Dominicana y Panamá el frijol se siembra a finales de la época de lluvias, similar a la "postrera" de Centro América. Aunque el principal mercado en la región es el frijol seco, el frijol verde también tiene buen mercado (Beaver and Roman-Hernández, 1994). La habichuela tierna también tiene gran potencial como cultivo de exportación de invierno. El frijol es un cultivo ideal para diversificar e intensificar sistemas de producción. Por ejemplo, en Puerto Rico el cultivo de frijol intercalado con el del plátano ha probado ser una práctica muy próspera.

El germoplasma de frijol Caribeño es fuente de muchas características de importancia económica (Beaver, 1993; Castiñeiras et al., 1991). Algunas variedades de frijol rojo moteado de la República Dominicana tienen niveles de resistencia a la bacteriosis común (Beaver et al., 1992) y otras tienen reacción particular al VMDF que podrían ser usadas para ampliar la base genética de resistencia a estas enfermedades (Blair et al., 1993). Ciertas variedades de frijol rojo arriñonado de Jamaica se usan como fuente de resistencia a la roya (Shaik, 1984), son tolerantes al calor (Baiges et al., 1996) y poseen alta capacidad de fijación biológica de nitrógeno (McLaughlin et al., 1992). Algunos países del Caribe, como Cuba y la República Dominicana ya tienen colecciones considerables de variedades, mientras en otros países como Haití, Jamaica y Panamá las colecciones son muy limitadas. Es de especial interés para los programas de investigación de frijol del Caribe, colectar y evaluar estas variedades ya que poseen un tipo de grano aceptable y están adaptados a las condiciones climáticas y edáficas de la región. Esto preservaría la importante variabilidad genética antes que los cultivares resistentes a enfermedades y tolerantes a estreses abióticos sean liberados en el Caribe.

En "la Cumbre de las Américas", donde asistieron delegaciones de 34 países del hemisferio oeste, propusieron el establecimiento del área de libre comercio de las Américas (FTAA) para el año 2005 (Lee, 1995). Para competir en este nuevo sistema económico los agricultores de frijol necesitan adoptar medidas que permitan producir el grano más eficientemente. De otro lado, el incremento de la demanda de alimentos en el mundo entero puede crear condiciones económicas que favorecen la producción de cereales y leguminosas de grano en el Caribe (Brown, 1995). El frijol puede ser usado para reemplazar cultivos tradicionales que son menos lucrativos como es el caso de la caña de azúcar. De todas maneras, los investigadores necesitan ayudar a los productores de frijol de la región caribeña a incrementar los rendimientos y bajar los costos de producción. Los mejoradores de frijol pueden jugar un papel muy importante desarrollando cultivares que superen las barreras de la producción.

El desarrollo de variedades de frijol Andino para el Caribe es algo reciente. El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) inició su programa de mejoramiento de frijol de semilla grande en 1978 y el "Bean/Cowpea" CRSP comenzó a trabajar en Puerto Rico y la República Dominicana en 1981. Se han logrado progresos significativos durante los pasados 15 años. Trabajos colaborativos patrocinados por PROFRIJOL han ayudado en la identificación de fuentes de

Digitized by Google

resistencia a la mayoría de las enfermedades de importancia económica (PROFRIJOL, 1995) y muchos de los investigadores de los países del Caribe han recibido entrenamiento formal en fitomejoramiento y otras disciplinas relacionadas con éste. En varios países se han establecido programas de investigación y producción de semilla y muchos cultivares importantes serán liberados durante los próximos 15 años. Desafortunadamente, en muchos programas de mejoramiento de frijol se ha reducido el personal de investigación debido a bajos salarios y pobres condiciones de trabajo. La falta de sistemas efectivos y eficientes de multiplicación de semilla es otro factor importante que limita el impacto de los programas de mejoramiento de frijol en muchos de los países del Caribe. La producción de semilla sana es esencial ya que algunas enfermedades como: la bacteriosis común, la mustia hilachosa y el virus del mosaico dorado son transmitidas por semilla. Estas enfermedades más la roya y otros estreses causados por altas temperaturas, sequía y baja fertilidad del suelo, fueron identificadas en la reunión de PROFRIJOL 1996-1998 como los factores bióticos y abióticos que más limitan los rendimientos de frijol en el Caribe. Los mejoradores de la región ya tienen la experiencia y el germoplasma necesario para solucionar muchos de estos limitantes.

Lo que resta de este documento es una discusión de las estrategias de mejoramiento necesarias para lograr la meta de una producción de frijol más eficiente en el Caribe.

POTENCIAL DE RENDIMIENTO Y ADAPTACION

Tanto el potencial como la estabilidad de los rendimientos de frijol de semilla grande del Caribe podrán ser mejorados utilizando cultivares con hábitos de crecimiento indeterminado en lugar de los de hábitos de crecimiento determinado (Beaver et al., 1985). Singh (1992) reportó que el frijol de grano grande correspondiente a la raza Nueva Granada crece menos, tiene menor índice de cosecha y es fisiológicamente menos eficientes que el frijol de origen Mesoamericano. En el Vivero de Adaptación Caribeño de 1993-1994, las líneas indeterminadas del tipo rojo arriñonado como "Indeterminate Jamaica Red" (IJR) y V-2243, y las líneas indeterminadas del tipo rojo moteado como "Pacasas 9" y "MUS-PM-31-F5" fueron las más rendidoras. Kornegay et al. (1992) observaron que los agricultores posiblemente prefieren hábitos de crecimiento de frijol determinado debido a su arquitectura erecta y compacta, precocidad y uniformidad en su madurez. Sin embargo, White et al. (1992) reportaron que tratamientos con fotoperíodo para retardar la floración y madurez de "Porrillo Sintético" incrementan significativamente los rendimientos. Beaver y Kelly (1994) usaron el método de selección recurrente para desarrollar líneas de frijol indeterminado del tipo rojo moteado y rojo arriñonado que maduraron 10 días mas tarde y rindieron 30% más que cultivares testigos determinados. Aunque el hábito de crecimiento erecto tipo II es poco común en la colección del banco de germoplasma de frijol Andino del CIAT (Kornegay et al., 1992), poblaciones que provienen de cruzas entre las razas Nueva Granada y Mesoamericana han producido líneas de grano grande con arquitectura erecta e indeterminada. Además, la colección de germoplasma tipo Pompadour es una fuente importante de líneas rojo moteadas con hábito de crecimiento indeterminado tipo III y madurez temprana. Laing et al. (1984) observaron que la principal diferencia entre los hábitos de crecimiento III y II, es que las líneas de frijol con habito de crecimiento III producen mayor número de ramas y una arquitectura más postrada. El incremento del número de ramas proveerá más sitios para formación de vainas y puede contribuir a aumentar el rendimiento. Beaver et al. (1996) compararon el comportamiento de 15 líneas de frijol determinadas y 15 indeterminadas, de tipo rojo moteado en nueve ambientes en Puerto Rico y la

Digitized by Google

República Dominicana. En general, la estabilidad y rendimiento de semilla de las líneas indeterminadas fueron superiores a las líneas determinadas. Se identificaron líneas indeterminadas de alto rendimiento que pueden funcionar bien en sistemas de producción bajo riego en los valles de la República Dominicana. Otras líneas fueron identificadas como mejor adaptadas a regiones ambientales de bajos rendimientos. Estos resultados indican que la ganancia en el rendimiento de semilla se puede realizar en el Caribe explotando la interacción genotipo X ambiente y recomendando líneas de frijol para regiones especificas de producción (Wallace et al., 1993). White et al., (1992) también identificaron en Colombia líneas de frijol de grano grande y hábito de crecimiento determinado e indeterminado con considerable estabilidad en rendimiento. La mayoría de los estudios reportados en frijol indican una baja heredabilidad para el rendimiento. Aunque algunos componentes de rendimiento como el número de vainas por planta puede estar altamente correlacionado con el rendimiento de semilla (Mateo-Solano et al., 1988), el método más económico consiste en medir el potencial de rendimiento de las líneas avanzadas en ensayos replicados. Las unidades experimentales para ensayos preliminares de rendimiento pueden ser tan pequeñas como un surco de un metro, si se cuenta con un número suficiente de replicaciones (Beaver and Kelly, 1989). Las líneas candidatas a ser liberadas como cultivares, deben ser probadas en ensayos de fincas en varias localidades. Stoup et al. (1993) describieron técnicas estadísticas que permiten obtener mas información derivada de los ensayos de finca.

VIRUS DEL MOSAICO DORADO DEL FRIJOL

El virus del mosaico dorado del frijol es la enfermedad más importante en la República Dominicana, Haití, Jamaica y Puerto Rico (Morales, 1994a). Gilbertson et al. (1990) reportaron que los aislamientos del VMDF del Caribe forman un grupo de geminivirus cercanamente relacionados que comparten un origen geográfico común y de transmisión por savia. La aparición de un nuevo biotipo de mosca blanca (*Bemicia tabaci* Gennadius) aumento la severidad del VMDF en el Caribe (Anderson, 1994). Peña et al. (1993) estudiando la oviposición de la mosca blanca encontraron que la línea rojo arriñonada 27R y el cultivar rojo moteado "CP50" fueron preferidas sobre las líneas resistentes A429 y DOR303. El gen recesivo *bgm-1* posee la resistencia más efectiva contra el VMDF (Velez et al., 1996). Esta fuente de resistencia que fue originalmente derivada del cultivar tipo pinto 'Garrapato', ha sido usado para mejorar la resistencia al VMDF en cultivares de color negro y rojo de Centro América. Líneas mejoradas de color rojo moteado que poseen el gen *bgm-1* ya han sido desarrolladas y serán incluidas en el Vivero de Adaptación del Caribe de 1997-1998. También se han desarrollado poblaciones para transferir esta resistencia a frijol rojo arriñonado. Las líneas de frijol negro y rojo como 'Don Silvio' y 'Turbo III' que poseen los mayores niveles de resistencia al VMDF, parecen combinar el gen de resistencia *bgm-1* con la resistencia derivada del cultivar de semilla negra 'Porrillo' (Beebe, 1994). La línea de frijol DOR364 de color rojo pequeño que posee esta resistencia, muestra síntomas del VMDF a los 10 o 12 días más tarde y menos severos que los presentados en los cultivares susceptibles, cuando son inoculados en el invernadero con moscas blancas virulíferas (Adames-Mora et al., 1996). Debido a que este tipo de resistencia parece ser cuantitativa, la transferencia de este tipo de resistencia en genotipos de frijol de semilla grande será más difícil. Miklas et al. (1996) reportaron dos marcadores RAPD asociados con QTLs que explican el 53% de la reacción al VMDF del cruce de DOR364 en tres medio ambientes. En este caso la selección usando marcadores moleculares puede facilitar la introducción de este tipo de

Digitized by Google

resistencia en genotipos de frijol de grano grande. Ya existen niveles moderados de resistencia al VMDF en algunas líneas del tipo rojo arriñonado tales como DOR303 y 9245-94. Este tipo de resistencia está controlada por un gen recesivo *bgm-2* (Velez et al., 1996). Ya que la expresión fenotípica de resistencia de *bgm-1* y *bgm-2* son similares, la selección por medio de marcadores puede ser útil para piramidar esos genes. Un marcador codominante para *bgm-1* ha sido identificado (Urrea et al., 1996a) y la investigación para el marcador de *bgm-2* esta en progreso. Algunos cultivares rojos moteados tales como 'Pompadour G' y 'Pompadour J' tienen una reacción no clorótica de enanismo cuando son infectadas con el VMDF. Aunque el enanismo parece ser de herencia simple (Blair et al., 1993), la utilidad de esta reacción no ha sido determinada. Existe la necesidad de ampliar la base genética de resistencia al VMDF. Morales (1994b) reportó que el cultivar de habichuela 'Redlands Greenleaf C' tiene menos deformación de vainas cuando es infectada con el VMDF. Los cultivares 'Pinto 114' y 'Royal Red' fueron considerados por Morales (1994b) como tolerantes ya que tienen la capacidad de producir vainas a pesar de tener síntomas visibles del VMDF. El mecanismo y herencia de este tipo de reacción al VMDF debe ser estudiado antes que sean usados en la producción de variedades. Durante los próximos 15 años, los mejoradores del Caribe deben establecer metas para piramidar los genes de resistencia *bgm-1* y *bgm-2* en materiales de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. La selección para resistencia al VMDF, en condiciones de campo ha probado ser efectiva en Centro América y el Caribe. En Puerto Rico se siembran surcos de esparcidores de cultivares susceptibles 2-3 semanas antes de la siembra de los viveros. En el momento de la siembra del vivero, plantas provenientes del invernadero con síntomas visibles del virus son sembrados en los surcos esparcidores. Hemos observado que con niveles bajos de VMDF se pueden lograr resultados más efectivo para distinguir diferencias de resistencia entre genotipos. Las siembras de un vivero donde la presión del VMDF es muy alta puede romper la resistencia. En la generación F_2 se seleccionan plantas individuales por sus características agronómicas y tipo de semilla y las líneas F_3 son evaluadas en ensayos replicados por su reacción al VMDF. Las parcelas son de un surco de un metro de longitud. Dos replicaciones son suficientes para detectar diferencias entre líneas resistentes y susceptibles. La reacción al VMDF se evalúa usando la escala del CIAT del 1-9, y se hace a los 30, 45 y 60 días después de siembra (DDS). La carga de vainas también es evaluado en una escala del 1 al 9 (CIAT, 1987) para determinar la capacidad reproductiva. Se cosechan plantas individuales de los surcos resistentes y de aquellos surcos que poseen buena adaptación y presentan segregación en su reacción al VMDF. La confirmación de la resistencia al VMDF se realiza en la generación F_6 después que las líneas han sido evaluadas para otras enfermedades tales como la roya y la bacteriosis común. Las cruzas triples "three way crosses" [(fuente de resistencia al VMDF x adaptada)x adaptada)] combinadas con la selección de pedigree es una metodología efectiva en la transmisión del gen *bgm-1* de genotipos de frijol rojo pequeño a frijol rojo moteado. Esta estrategia ha sido recomendada para la introducción de germoplasma exótico en programas de mejoramiento (Kenworthy, 1980; Dudley, 1982). La selección por pedigree puede ser usada para selecciones futuras porque el gen *bgm-1* ya ha sido incorporada en frijol Andino de grano grande. Las pruebas de progenie son necesarias para combinar los genes *bgm-1* y *bgm-2* si los marcadores moleculares para ambos genes no están disponibles.

Digitized by Google

MUSTIA HILACHOSA

La mustia hilachosa causada por el hongo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk [anamorph: *Rhizoctonia solani* Kuhn] es uno de los principales limitántes en la producción de frijol en las regiones calientes y húmedas del trópico (Gálvez et al., 1989). Esta enfermedad aumenta en importancia a medida que se siembra a menores altitudes. Godoy-Lutz et al. (1996a) reportaron que la mustia hilachosa no solo reduce los rendimientos sino también la calidad y valor de mercadeo de la semilla. Se encontraron bajos niveles del patógeno en semillas aparentemente sanas. Godoy-Lutz et al. (1996b) encontraron una diversidad de poblaciones de *R. solania* fectando el frijol en América Central y el Caribe. La importancia de la variabilidad en el patrón de virulencia no ha sido establecida. Sin embargo fuentes de resistencia de semilla roja pequeña y negra como 'Talamanca', HT-7719 y MUS83 que fueron seleccionadas en Costa Rica mantienen niveles moderados de resistencia en el Caribe. Los mayores niveles de resistencia a la mustia hilachosa logrados en materiales de tipo rojo moteado en el Vivero de Adaptación Caribeño de 1993-1994 se lograron en las líneas MUS-PM-31-F5, MUS-PCH-31-F5 y 9011-77 (PROFRIJOL, 1995). En evaluaciones realizadas hace algunos años en Panamá se identificaron las líneas 'IDIAP-R2' e 'IDIAP-C1' con niveles moderados de resistencia a la mustia hilachosa (Rodríguez et al., 1995). La heredabilidad estimada para la resistencia fisiológica a la mustia hilachosa ha sido reportada de moderada a alta (Rodríguez et al., 1995; Montoya et al., 1996). La mayoría de las líneas seleccionadas con resistencia a la mustia hilachosa tienen arquitectura erecta, lo cual sugiere que líneas de frijol erectas, de grano grande e indeterminadas deben ser desarrolladas para las zonas húmedas del Caribe. La base genética de la resistencia a MH es angosta. La mayoría de líneas pueden derivar su resistencia de fuentes de semilla negra que fueron seleccionadas en Costa Rica hace más de 10 años. La selección recurrente podría ser útil para recombinar líneas de origen diferente en la búsqueda de lograr mayores niveles de resistencia. Esta estrategia ha sido reportada como provechosa en el mejoramiento para la resistencia al saltahojas (*Empoasca krameri* Ross y Moore) (Kornegay and Cardona, 1988). Polanco et al. (1996) desarrollaron una técnica de inoculación de invernadero que fue eficiente en la identificación de genotipos con resistencia fisiológica a la mustia hilachosa. Los investigadores de la República Dominicana y Panamá han hecho selección por resistencia a la mustia hilachosa en condiciones de campo durante varios años. Estos sitios han probado ser muy efectivos para la identificación de líneas con resistencia a la mustia hilachosa, si las condiciones clímaticas son propicias para el desarrollo de la mustia hilachosa (Arnaud-Santana et al., 1994). Sin embargo, durante algunos años la sequía no ha permitido el desarrollo de la enfermedad, dificultando la identificación de líneas resistentes. En ensayos de campo y bajo condiciones naturales de infección, la selección se limita a una sola época del año. En Puerto Rico estamos utilizando riegos frecuentes e inoculación artificial del patógeno para poder garantizar la evaluación de materiales durante todo el año. La escala de evaluación de la enfermedad del 1 al 9 propuesta por el CIAT ha probado ser efectiva para este propósito. Ya que el medio ambiente puede afectar el desarrollo de la enfermedad, la resistencia fisiológica del hospedero y la arquitectura de la planta, las líneas deben ser evaluadas en generaciones avanzadas en ensayos replicados.

Digitized by Google

BACTERIOSIS COMÚN

La bacteriosis común causada por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Xcp) es una enfermedad importante en todo el Caribe. La enfermedad es favorecida por condiciones de temperaturas cálidas y alta humedad relativa (Yoshii et al., 1978), lo cual es común en la región. Aunque la variabilidad de Xcp ha sido reportada (Zapata, 1996) las fuentes tradicionales de resistencia a la BC son efectivas en el Caribe. Las líneas de mayor resistencia en el Vivero de Adaptación del Caribe del año 1993-1994 fueron KID51, 9249-76, 9011-76, 9249-129 y MUS-PM-31-F5. Es importante resaltar que MUS-PM-31 combina niveles moderados de resistencia a la MH y a la BC.

Los materiales de frijol rojo moteado 'Pompadour K', PC-21SM-1, PC21SM-E y la línea rojo arriñonada 9245-94 resistente al VMDF, también mostraron niveles moderados de resistencia a la BC. Beaver et al. (1992) reportaron que algunos materiales rojo moteado no producen el halo clorótico característico cuando son infectadas con Xcp. En años recientes, fuentes de resistencia a al BC de origen Mesoaméricano, tales como XAN176, XAN159, BAC42 y 'Great Northen #1 Sel.27', han sido usados como padres para mejorar la resistencia en frijol rojo moteado y rojo arriñonado. Algunas líneas de *P. acutifolius* tales como Neb-T-6-s y PI502217-s fueron reportadas como resistentes a la BC, a la roya y al moho polvoriento, además de adaptarse a altas temperaturas (Miklas et al., 1994). Urrea et al. (1996b) reportaron que la resistencia a la BC *P. acutifolius* es de herencia simple y que pueden usarse cruces interespecíficos transferir esta resistencia al frijol común. Singh et al. (1996) informaron que el mejoramiento para resistencia a la BC en el trópico ha sido limitado, especialmente para materiales de grano grande utilizados en el Caribe. Coyne et al. (1996) reportaron que el mejoramiento para resistencia a la BC es difícil debido a la baja o moderada heredabilidad y a la poca correlación genética que existe entre la reacción en hojas, en vainas y en la transmisión del patógeno en la semilla. Como consecuencia, la mayoría de las evaluaciones para resistencia a la BC son realizadas con líneas en generaciones avanzadas en ensayos replicados. Muchos programas de mejoramiento de frijol también hacen inoculaciones artificiales para promover la infección. Diferentes métodos de inoculación fueron reportados por Saettler (1989). Varela et al. (1996) encontraron que tanto la evaluación en el campo como en el invernadero pueden ser efectivas para identificar líneas con resistencia a la BC en las hojas. Además, reportaron que la escala de 1 al 9 propuesta por el CIAT para la reacción a la BC fue más precisa que la estimación del porcentaje de área infectada. La resistencia en la transmisión por semilla podría ser una característica de gran importancia para pequeños agricultores que producen su propia semilla. Desafortunadamente, no existen métodos lo suficientemente rápidos, baratos y efectivos para identificar líneas con bajos niveles de transmisibilidad de la BC por la semilla. Ya que la mayoría de las fuentes de resistencia a la BC son de origen Mesoamericano (Singh et al., 1996b), los mejoradores del Caribe deberían concentrarse en la introducción de este tipo de resistencia en el frijol de tipo Andino de semilla grande. Las cruzas triples [(fuente de resistencia a la BC x material adaptado)x material adaptado] combinado con la selección por pedigree deben ser efectivas para mejorar la resistencia de líneas de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. Coyne et al. (1996) sugieren que el uso de marcadores moleculares pueden ser una herramienta para piramidar genes de resistencia y producir líneas con altos niveles de resistencia a la BC. A largo plazo la resistencia derivada de *P. acutifolius* también deberá ser utilizada (Urrea et al., 1996b).

Digitized by Google

ROYA

Durante los últimos años la roya del frijol [*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger var. *appendiculatus*] ha causado perdidas significativas en los rendimientos de la República Dominicana y Cuba (Steadman et al., 1995). La variabilidad patogénica de la roya es grande. En la República Dominicana un nuevo patotipo de roya quebró la resistencia del cultivar rojo moteado 'PC50' (Steadman et al., 1995). Sin embargo, muchas líneas de frijol de grano grande del Caribe tienen resistencia a la roya, por ejemplo 'Pompadour K' tiene resistencia al aislamiento D91SJ1b que es considerado como uno de los más virulentos en la República Dominicana (Halpay, 1994). Shaik (1984) reportó que la pubescencia densa de las hojas en algunos materiales del germoplasma Caribeño estaba asociado con la resistencia no especifica a la roya. Las líneas de frijol rojo moteado con pubescencia en las hojas presentaron menos roya que aquellas que poseen menos pubescencia cuando fueron evaluadas en condiciones de campo en Puerto Rico. Algunos cultivares de frijol del Caribe tales como 'Pompadour Checa' y 'Jamaica Red' tienen resistencia en estado adulto (Mmbaga y Steadman, 1992). Esta resistencia de la planta adulta parece ser independiente de la pubescencia (Bokosi, 1995) y de la raza (Sandlin and Steadman, 1994). Hernández Díaz et al. (1995), reportaron que el cultivar rojo moteado 'Guama 23' fue resistente a roya en el oeste de Cuba y moderadamente resistente en el este. Pastor-Corrales (1996) reportó que los hongos patógenos que causan la mancha angular y la antracnosis en frijol pueden ser separados en grupos de origen Mesoamericano y Andino. Este también puede ser el caso de la roya del frijol. Sandlin et al. (1996), sugieren que los genes de resistencia de ambos centros de origen deben ser usados para asegurar una base amplia de resistencia a la roya. Durante varios años en Puerto Rico hemos evaluado los diferenciales de roya en condiciones de campo. Una de las mejores fuentes de resistencia es México 309 el cual tiene el bloque Mesoamericano de genes dominantes de resistencia *Ur-5*(B-190). Esta fuente de resistencia ha demostrado ser efectiva desde hace 9-10 años en Puerto Rico. 'Early Gallatin' que posee la fuente de resistencia Andina *Ur-4*(Up-2) ha sido efectiva en Puerto Rico durante 6 años, PI181996 que posee el gen de resistencia Mesoamericano $Ur3^2$ ha expresado resistencia a la roya en 3 años de prueba en la República Dominicana y Puerto Rico. La piramidación de estos genes de resistencia ampliaría la base genética de resistencia a la roya en materiales de tipo rojo moteado y rojo arriñonado. La selección por medio de marcadores moleculares facilitaría estos esfuerzos ya que existen marcadores disponibles para los genes de resistencia *Ur-5*, *Ur-4* y $Ur\text{-}3^2$ (Kelly et al.,1996). El uso de retrocruces podría ser el método de mejoramiento más efectivo para incorporar genes de resistencia específica en cultivares de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. Esto ayudaría a preservar los genes de resistencia a la roya que ya se encuentran presentes en las líneas de frijol caribeño. Debido a la variabilidad del patógeno, los programas de mejoramiento de cada país debe evaluar sus propias líneas.

Unidades experimentales pequeñas de un metro de largo con 2 o 3 replicaciones, generalmente son suficientes para las evaluaciones de la roya en el campo. La siembra de surcos esparcidores de un cultivar susceptible en los bordes del campo experimental unas pocas semanas antes de la siembra del vivero, pueden promover el desarrollo de la enfermedad. En Puerto Rico, la roya es evaluada 60-65 días después de la siembra usando la escala de calificación uniforme para roya (Stavely et al., 1983). Esta escala consta de dos lecturas: una para tamaño de pústula en una escala del 1 al 6 y otra escala que estima el porcentaje de área foliar infectada usando la escala modificada de Cobb. Ya que la resistencia a la roya es de herencia simple la selección puede

Digitized by Google

iniciarse en generaciones tempranas F_3. La evaluación de líneas avanzadas en fincas proveería información importante acerca de la reacción de la roya cuando es expuesta a un amplio rango de patovares nativos. Como las líneas que tienen el gen *Ur-3*[2] han presentado resistencia en Puerto Rico y la República Dominicana durante los pasados tres años, el programa de mejoramiento de frijol de Puerto Rico se ha encaminado en la incorporación de este gen de resistencia en materiales de frijol tipo rojo moteado y rojo arriñonado. Durante los próximos 15 años podría ser posible piramidar este gen con otros como *Ur-4* y *Ur-5*. Los investigadores de frijol también necesitan entender mejor la genética de la resistencia que ya esta presente en materiales de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. Esta información podría ser de gran valor para los programas de mejoramiento de frijol intentando ampliar la base genética de la resistencia a roya en frijol Andino y Mesoamericano.

SALTAHOJAS

El Saltahojas o Lorito Verde (*Empoasca krameri* Ross and Moore) es una plaga importante del frijol en las regiones cálidas y secas. Aunque se han reportado progresos considerables en le desarrollo de líneas con resistencia al saltahojas (Kornegay and Cardona, 1990), los programas de mejoramiento del Caribe han usado muy poco esas líneas. Singh et al. (1996a) reportaron que la selección de gametos fue efectiva para combinar resistencia a enfermedades con niveles intermedios de resistencia a saltahojas. Kornegay y Cardona (1988) usaron la selección recurrente modificada y el rendimiento de semilla como criterios de selección de progenies resistentes al saltahojas. Kornegay y Cardona (1990) recomendaron esperar por lo menos hasta la generación F_4 para evaluar la resistencia al saltahojas.

Los viveros deben establecerse durante la época de siembra cuando la población de saltahojas sea alta. Un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones fue utilizado para evaluar líneas en generaciones avanzadas (Kornegay and Cardona, 1990). Tratamientos protegidos y no protegidos fueron asignados a las parcelas completas y las líneas fueron consideradas como subparcelas. Las unidades experimentales utilizadas por Kornegay y Cardona (1992) fueron de un surco de tres metros de longitud. El rendimiento de cada línea puede ser calculado tanto de las parcelas protegidas como de las no protegidas.

Una meta razonable a largo plazo para los mejoradores del Caribe podría ser el uso de la selección recurrente para desarrollar materiales de frijol rojo moteado y rojo arriñonado con resistencia al VMDF, roya y saltahojas. Esta combinación de resistencia podría ser de particular importancia para el frijol con riego sembrado durante los meses secos de invierno. La resistencia al VMDF y saltahojas combinada con el control biológico de comedores de hojas podría reducir el uso de plaguicidas y bajar los costos de producción.

PLAGAS Y ENFERMEDADES POTENCIALES

El Virus del mosaico común (VMCF) generalmente no es un factor limitante en la producción de frijol en el Caribe. Hay varias razones que no favorecen el uso del gen dominante I de resistencia en el Caribe: 1) el frijol es sembrado bajo condiciones de altas temperaturas lo cual activaría los síntomas de necrosis en la presencia de cepas necróticas del (VMCF), 2) la asociación negativa entre las semillas de color rojo y la presencia del gen *I*, y 3) el incremento de los síntomas

Digitized by Google

del virus del mosaico severo en la presencia del gen *I*. Sin embargo, los programas de mejoramiento deberán considerar la posibilidad de retrocruzar el gen de resistencia *bc-3* en materiales de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. En la actualidad esta fuente de resistencia es efectiva contra todas las razas conocidas del VMCF y ya existen marcadores moleculares para el gen de resistencia *bc-3* (Kelly et al., 1995). El uso de los marcadores moleculares podrían permitirle a los programas de mejoramiento de frijol incorporar el gen *bc-3* en tipos de frijol local sin la necesidad de probar con la raza NL3 del VMCF que no se encuentra en el Caribe. Es posible lograr este objetivo en unos pocos años, puesto que el CIAT ya ha desarrollado las líneas MCR para Africa que tienen el gen *bc-3* de resistencia al VMCF (Kornegay, 1992). Morales y Castaño (1992) reportaron una severa epidemia de comovirus en América Central y Venezuela. La producción de maíz (*Zea mays* L.) y frijol intercalados es poco común en el Caribe, sin embargo, los cucarrones vectores de los comovirus se encuentran frecuentemente en los campos de frijol.

La identificación de fuentes de resistencia al virus del mosaico severo es un área de investigación de importancia para los programas de mejoramiento de frijol en toda la América Latina.

El virus del mosaico del pepino ha sido reportado como enfermedad en el Caribe (Bird et al., 1974). Este virus que se transmite por medio de la semilla tiene un rango amplio de hospederos. Aunque las líneas de frijol difieren en sus niveles de resistencia, ninguno ha sido altamente resistente (Gálvez y Morales, 1989). El calabacín (*Cucurbita moschata*) se siembra comúnmente intercalada o cerca a los cultivos de frijol en el Caribe. Esta enfermedad podría aumentar su importancia en la región si el frijol se siembre cerca a los cultivos de invierno de la costa.

La mancha angular (MA) producida por(*Phaeoisariopsis griseola*) es considerada una enfermedad de importancia en Centro América. Desde hace algunos años esta enfermedad se ha observado en los campos experimentales de Puerto Rico, especialmente en líneas de frijol rojo moteado provenientes de cruzas que incluyen líneas de frijol rojo pequeño que fueron utilizadas como fuente de resistencia al VMDF. Los mejoradores de frijol deben considerar que cuando se realizan selecciones de líneas provenientes de cruzas entre diferentes acervos genéticos, no se deben introducir características indeseables de una fuente de genes a otra. Muestras de *P. griseola* del Caribe deben ser colectadas y evaluadas para determinar si las aislamientos son de origen Andino, Mesoamericano o si son de ambos (Pastor-Corrales, 1996). Esto ayudaría a determinar que combinaciones de genes de resistencia podrían ser más efectivas.

MALEZAS

El control de malezas ha estado tradicionalmente fuera de los objetivos de los programas de mejoramiento. Sin embargo, con la aparición de las plantas transgénicas se han desarrollado materiales de soya con resistencia al herbicida no selectivo glifosato [Roundup], (Padgette et al., 1995). Ya existen líneas de frijol con resistencia a herbicida. El gen *bar* de resistencia a herbicida fue usado como gen marcador en el desarrollo de las líneas con el AV1, un gen de la capa de proteína del VMDF (Azzam et al., 1996). La resistencia a herbicida podría ser mas adaptada para granjeros a gran escala ya que pueden utilizar insumos y esperar mayores rendimientos. Sin embargo, la resistencia a herbicidas y la labranza mínima podrían ayudar a reducir la erosión en las laderas. La cubierta vegetal que permanece entre surcos después de la aplicación del herbicida también podría ayudar a reducir la diseminación de ciertas enfermedades tales como la MH.

Digitized by Google

ESTRESES ABIOTICOS

Aunque los estreses de tipo abiótico siempre afectan la producción de frijol del Caribe, la investigación para identificar y utilizar fuentes de tolerancia a este tipo de estrés ha sido limitado en los programas de mejoramiento. Diferente a la resistencia a enfermedades que frecuentemente son de herencia simple, la tolerancia al estres abiótico es usualmente un complejo de caracteres de baja heredabilidad (Simmonds, 1993). Para lograr progreso en el mejoramiento para tolerancia a estreses abióticos se requiere programas de mejoramiento a largo plazo y evaluaciones de poblaciones grandes. Simmonds (1993) dice que para ampliar la base genética para tolerancia a estreses abióticos se necesitan sub-programas que sean dirigidos a necesidades locales. Ya que los estreses ambientales reducen los rendimientos, la forma mas adecuada para lograr una mayor tolerancia a este tipo de estres es seleccionando para rendimiento bajo este tipo de estres (Carson and Wicks, 1989). Sin embargo, Rosielle y Hamblin (1981) sugirieron que la selección para incrementar los rendimientos bajo estres ambiental podría reducir la productividad en ambientes sin estres. Ellos aclaran la importancia de elegir sitios de prueba que sean representativos de las regiones productoras. Las pruebas en fincas puede jugar un papel más importante para la selección a estreses abióticos que para estreses bióticos. La relación negativa entre rendimiento, resistencia a enfermedades o estreses abióticos impiden el progreso en la selección para caracteres múltiples.

FIJACION BIOLOGICA DE NITROGENO

Usualmente el nitrógeno es el insumo más costoso en la producción de frijol (Bliss, 1995) y éste es considerado un pobre fijador de nitrógeno (Graham, 1981). Buttery et al. (1992) indicaron que el rendimiento esta frecuentemente más limitado por otros factores tales como sequía, altas temperaturas, enfermedades y plagas. Los factores que limitan el crecimiento de la planta también limitan la fijación biológica de nitrógeno ya que reduce la capacidad de la planta para suministrar nutrientes a los nódulos. De esta forma, cambios en prácticas culturales que incrementen el crecimiento de la planta y la producción de semilla también estimularía la fijación biológica de nitrógeno. Posiblemente el mayor aumento en la fijación biológica de nitrógeno se podría lograr en áreas de producción bajo riego donde el frijol puede expresar su máximo potencial de rendimiento. Coale et al. (1985) compararon la capacidad de fijación biológica de nitrógeno de tres cultivares de soya [*Glycine max* L. (Merr.)] desarrollados durante los pasados 40 años y concluyeron que la selección para mayor rendimiento ha producido cultivares de frijol con mayor capacidad de fijación biológica de nitrógeno y con mayor habilidad para absorber el nitrógeno disponible del suelo. En contraste a la soya, el frijol precoz de hábito de crecimiento determinado es frecuentemente sembrado en áreas de alta productividad y en condiciones de riego. Estos han demostrado tener menor capacidad de fijación biológica de nitrógeno (Graham and Rosas, 1977). Castaño (1990) comparó la capacidad de fijación biológica de nitrógeno (CFBN) de cultivares de frijol rojo moteado de la República Dominicana y encontró que las líneas indeterminadas tienen mayor capacidad de fijación de nitrógeno que las líneas determinadas. También se encontraron diferencias significativas en la CFBN entre líneas de diferente hábito de crecimiento. La línea indeterminada Pompadour E y la determinada Pompadour B tienen la mayor capacidad de fijación biológica de nitrógeno en cada uno de los hábitos de crecimiento.

Digitized by Google

Ya han sido desarrolladas líneas de frijol de grano negro adaptadas al trópico y con alta CFBN (Bliss et al., 1989). El CIAT (1988) reportó que las líneas de frijol tolerante a la sequía BAT 477 y San Cristóbal 83 tienen nodulación temprana. Buttery et al. (1992) recomendaron que para la mayoría de los propósitos la acumulación de N durante el período de crecimiento es el criterio más valido para medir la capacidad de fijación biológica de nitrógeno. Ellos recomendaron la selección en condiciones de campo con baja disponibilidad de nutrientes de tal forma que se puedan identificar líneas con mayor CFBN y se puedan identificar razas nativas de *Rhizobium*. Bliss (1995) recomendó la selección de líneas en ensayos replicados debido a la baja precisión de los métodos de selección indirecta para la CFBN. El método de selección 'inbred backcross line' fue usado por McFerson et al. (1982) para seleccionar líneas con niveles superiores en la capacidad de fijación biológica de nitrógeno. Aunque este método requiere de una gran cantidad de polinizaciones permite preservar la mayor cantidad de las características genéticas del padre recurrente. Este método podría ser usado para introducir la mayor CFBN de germoplasma exótico. Los programas de mejoramiento del Caribe deberían colectar y caracterizar la CFBN de las variedades nativas. Graham (1981) observó un incremento significativo en la CFBN de 'Porrillo Sintético' creando las condiciones que retarden la floración de este cultivar sensitivo al fotoperíodo. El desarrollo de cultivares de frijol con hábito de crecimiento indeterminado y madurez tardía, deberían incrementar la CBFN aunque algunos sistemas de cultivo aun requieren de cultivares precoces determinados.

TOLERANCIA A SEQUIA

La característica climática que presenta mayor variabilidad año tras año en el trópico es la lluvia. En el Caribe la sequía limita los rendimientos de los pequeños productores de frijol, los cuales generalmente siembran en laderas y dependen del agua de lluvia para sus cultivos. Los fitomejoradores pueden utilizar caracteres que ayuden a evitar los efectos de la sequía. La precocidad es un carácter que se usa para evadir el estres de sequía, pero el potencial de rendimiento de las líneas precoces puede estar limitado cuando los patrones de distribución de las lluvias son favorables (Rosas et al., 1991). Muchas líneas de frijol rojo moteado y rojo arriñonado tienen hojas pubescentes, pero el efecto de esta característica para la eficiencia del uso del agua aun no ha sido determinada. Sin embargo, Ghorashy et al. (1971) reportaron que líneas de soya que poseen hojas con alta pubescencia tienen menor tasa de transpiración. En Puerto Rico, las líneas indeterminadas de color rojo moteado seleccionadas por arquitectura erecta, frecuentemente tienen sistemas radicales saludables y fuertes que mejoran el uso de la humedad disponible. Ya que la salud de la raíz es un componente esencial para evitar la sequía, el uso de la rotación de cultivos debe ser una practica recomendada para reducir la incidencia de pudriciones radicales. Enfermedades como la pudrición gris de la raíz y el tallo causada por *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. puede ser más severa bajo condiciones de sequía (Schwartz, 1989). Se han encontrado líneas resistentes a *Macrophomina* en cultivares de la colección de Pompadour (Echavez-Badel, 1992; Echavez-Badel and Beaver, 1987), La herencia de la resistencia a la pudrición gris de la raíz y el tallo de la línea de color negro XAN176 fue cuantitativa (Miklas y Beaver, 1994), mientras la resistencia a la pudrición gris de la raíz y el tallo de la línea tolerante a la sequía BAT477 fue debida a la acción de dos genes dominantes complementarios (Olaya et al., 1996). El desarrollo de líneas de frijol con mecanismos de tolerancia a la sequía es un objetivo a largo plazo. Sin embargo los mejoradores de frijol del Caribe deben aprovechar las ventajas de líneas de frijol rojo moteado tales como San Cristóbal 83

Digitized by Google

que son adaptadas a estas zonas y poseen tolerancia a la sequía. Otras líneas tolerantes a la sequía como 'Pinto Villa' de las zonas altas de México no son adaptadas al Caribe (Acosta et al., 1995). Podría ser útil una característica como la plasticidad fenotípica (Acosta y White, 1995) para mejorar la adaptación de frijol de riego para el Caribe?

Simmonds (1993) sugiere que una fuerte interacción G x A produce resultados para un ambiente especifico y el "valor genético" de la línea puede ser evaluada solo después que la línea exótica ha sido mejorada por adaptación local. En los Estados Unidos, los mejoradores de sorgo frecuentemente han usado este acercamiento para convertir sorgo adaptado a condiciones de trópico a ambientes templados. La tarea de desarrollar líneas para ambientes específicos podría ser más fácil si la genética de adaptación es mejor entendida. Kornegay et al. (1993) sugieren que la adaptación de líneas de origen Andino a ambientes más cálidos podría ser logrado a través de la manipulación de genes que responden al fotoperíodo. Ya han sido reportados progresos considerables en la identificación de marcadores moleculares para respuesta al fotoperíodo en frijol (Gu et al., 1994; Gu et al., 1993) lo cual permitiría la identificación del rango de adaptación de líneas por medio de marcadores moleculares. Eventualmente el frijol 'tepari' puede ser una fuente de mayor tolerancia a la sequía que las fuentes que actualmente están disponibles en el frijol común. Rosas et al. (1991) identificaron líneas derivadas de cruces interespecíficos entre *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus acutifolious* bien adaptadas a condiciones de sequía en Honduras.

Durante los próximos 15 años, cultivares de frijol de semilla grande rojo moteado y rojo arriñonado colectado de áreas de ladera deberían ser evaluados por su tolerancia a sequía. Las líneas promisorias deberían ser utilizadas inmediatamente por los programas de mejoramiento del Caribe. Fuentes exóticas de tolerancia a la sequía deben ser seleccionadas por su adaptación antes de ser evaluadas por su valor en los programas de mejoramiento locales. El Caribe tiene una estación seca característica, época durante la cual, las líneas pueden ser evaluadas por su tolerancia a sequía. El suministro de riego suplementario puede prevenir los estreses de sequía en casos muy severos. Rosas et al. (1991) suspendieron el riego en el estado de desarrollo de prefloración (R5) cuando se selecciono por tolerancia a la sequía. Las parcelas para sequía recibieron aproximadamente 200 mm de agua durante todo el período vegetativo. La capacidad de retención de agua del suelo en el sitio de evaluación afectaría la cantidad y frecuencia de riego. En los viveros donde se evalúa tolerancia a sequía se deben incluir controles que representen los extremos en su reacción a la sequía (James Kelly, Comunicación personal). El uso de discriminación de los isotopos no fue un método efectivo de selección indirecta para tolerancia a sequía (White et al., 1994a). Schneider et al. (1996) encontraron que los marcadores RAPD para caracteres cuantitativos (QTL) que controlan la tolerancia a sequía funcionó para una población especifica y depende de la calidad de los datos tomados en el campo.

Hasta ahora se considera que el rendimiento de semilla es el criterio de selección más efectivo para tolerancia a sequía. White et al. (1994b) concluyeron que el mejoramiento en rendimiento bajo condiciones de estres de agua no debe ser mas difícil que bajo condiciones sin estres. Sin embargo, Singh (1995) reporto que la heredabilidad de rendimiento de semilla bajo condiciones de estres de sequía es bajo para cruces entre razas Mesoamericana y Nueva Granada. Ya que la tolerancia a sequía es considerada como un carácter cuantitativo las líneas deben ser seleccionadas en generaciones avanzadas y en ensayos replicados. Singh (1996) recomendó el uso del método de descendencia de semilla única para el desarrollo de líneas en generaciones avanzadas. El efecto significativo de la interacción genotipo x ambiente para tolerancia a sequía requieren que

Digitized by Google

esas líneas avanzadas sean evaluadas en más de una localidad y época. Singh (1995) reporto que el estres moderado de agua maximiza las diferencias de rendimiento entre líneas en generaciones avanzadas. White et al. (1994b) notaron que el ambiente donde se pretende realizar trabajos de mejoramiento para tolerancia a sequía debe ser bien definido. Los programas de mejoramiento de frijol deben seleccionar las líneas por su desempeño bajo condiciones especificas, lo cual podría limitar el rango de adaptación de las líneas tolerantes a sequía.

TOLERANCIA AL CALOR

Laing et al. (1984) reportaron que la mayoría del frijol producido en América Latina es cultivado en un rango de temperaturas que fructuan entre 18-25°C . En muchas localidades las fechas de siembra se ajustan para que la época de floración ocurra cuando la temperatura promedio esta cerca de los 21°C. En el Caribe las altas temperatura impiden la producción de frijol durante el verano en las áreas de altitud más bajas. Aunque la distribución de las lluvias es favorable durante el verano para el crecimiento vegetativo del cultivo, los cultivares de frijol sensitivos al calor producen pocas vainas y reducen los rendimientos del grano. En varios países los suelos costeros que son usualmente usados para la producción de hortalizas de invierno podrían ser utilizados para la producción de frijol durante el verano. Hall (1990) encontró que en el diseño de un programa de mejoramiento para tolerancia al calor es necesario identificar el tipo de clima de la zona. Debido al efecto amortiguador que tiene el océano que rodea las islas del Caribe, las temperaturas maximas son mas bajas (32-35°) que en otros sitios productores de frijol. Sin embargo, las temperaturas nocturnas en el Caribe, frecuentemente superan los 20°C. Nielson y Hall (1985) demostraron que las altas temperaturas nocturnas reducen significativamente los rendimientos del frijol caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] por la reducción de la carga de las vainas. La disponibilidad de cultivares de frijol que puedan ser sembrados durante todo el año podría incrementar la posibilidad de que el frijol se cultive en diferentes sistemas de cultivo. Laing et al. (1984) reportaron que el frijol adaptado a ambientes más cálidos tienen mayor rendimiento acumulado por día que el frijol adaptado a ambientes más fríos. Variedades de frijol adaptadas al verano caliente y húmedo también se requiere que sean resistentes al VMDF, BC y MH. En Puerto Rico ya se han logrado significativos progresos en la selección de materiales de semilla roja pequeña y blanca que poseen estas características. Las líneas promisorias del Vivero regional de tolerancia al calor de PROFRIJOL, tales como, MD30-75 y DOR557 que combinan la tolerancia al calor y la resistencia al VMDF ya han sido usadas como padres en cruces con líneas de frijol rojo moteado y rojo arriñonado. Aunque el cultivar rojo arriñonado 'Indeterminate Jamaica Red' (IJR) tiene niveles de tolerancia al calor, su rendimiento es frecuentemente bajo debido al VMDF y a la BC. Hall (1990) señalo la necesidad de conocer la herencia de la tolerancia al calor y de la posible existencia de la asociación negativa con la tolerancia al calor que puede afectar la adaptación del cultivo o del uso de éste como cultivar. La herencia de la tolerancia al calor de la línea de grano rojo pequeña 'DOR364' y la línea rojo arriñonada 'IJR' fueron intermedias, lo cual sugiere que la selección de estos caracteres debe ser realizada en ensayos replicados y en generaciones avanzadas (Baiges et al., 1996). Shonnard y Gepts (1994) reportaron efectos aditivos significativos para porcentaje de aborto de flores y para llenado de vainas en el frijol que crece bajo condiciones de altas temperaturas, estos investigadores concluyeron que es posible mejorar la tolerancia al calor. La fijación biológica de nitrógeno también puede estar limitada por las altas temperaturas. Hernadez-Armenta et al. reportaron que 32°C es la

Digitized by Google

temperatura crítica para la nodulación en frijol, sin embargo, ensayos de campo conducidos en Puerto Rico identificaron líneas tolerantes al calor que nodularon bien cuando fueron sembradas durante el verano. En un ensayo realizado en Puerto Rico durante dos épocas de siembra las líneas Talamanca y XAN 176 produjeron los más altos rendimientos , el mayor número de nódulos y el mayor peso de nódulos (Fernández, 1996). En Puerto Rico la selección de líneas tolerante al calor se realiza en ensayos de campo, replicados en Junio. La selección para tolerancia al calor se debe hacer en F_4 o en generaciones más avanzadas. El rendimiento de la semilla y los días a la madurez son criterios efectivos para este tipo de selección.

Para los próximos 15 años debería ser posible mejorar significativamente la tolerancia al calor de líneas de frijol rojo moteado y arriñonado. A corto plazo los mejoradorees deben concentrarse en la introducción de los caracteres de tolerancia al calor de materiales de frijol rojo pequeño y negro en tipos de frijol de semilla mediana y grande producido en el Caribe. A largo plazo, los mejoradores de frijol deberían utilizar el *P. acutifolius* 'tepary' como fuente de tolerancia al calor para el frijol común (Miklas et al., 1994).

ADAPTACION A BAJA FERTILIDAD

Los suelos utilizados en el Caribe para la producción de frijol frecuentemente tienen baja fertilidad y los agricultores en varios países de la región tienen recursos limitados para la compra de fertilizantes. El bajo pH se puede corregir debido a la disponibilidad de fuentes de Cal en toda la región. El aumento de la capacidad de fijación de nitrógeno puede ser usada para reducir la dependencia de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, las fuentes de fósforo tienen que ser importadas. Ya que Lynch y Beebe (1995) han reportado progresos significativos en la adaptación de frijol en suelos de baja disponibilidad de fósforo, los mejoradores de frijol del Caribe deben comenzar a considerar la selección para esta característica. El cultivar 'Carioca' sembrado ampliamente en Brasil es considerado bien adaptado a condiciones de bajo P.

Las líneas de frijol procedentes del norte de los Andes que han sido identificadas por su adaptación a baja disponibilidad de fósforo (Beebe, Comunicación Personal) pueden tener gran importancia para el mejoramiento de líneas de frijol de tipo rojo moteado y rojo arriñonado del Caribe.

Lynch y Beebe (1995) reportaron que pruebas de rendimiento de poblaciones masales y pruebas de rendimiento en generaciones tempranas fueron los mejores métodos para seleccionar líneas de frijol eficientes en la asimilación de fósforo. Sin embargo, la interacción genotipo x ambiente hizo más difícil y costoso la identificación de líneas eficientes en P. Singh et al. (1989) trabajando con poblaciones de frijol de grano pequeño indeterminadas reportaron que no hubo progresos en la selección para rendimiento en ambientes de baja fertilidad. Además sugirieron utilizar cultivares de diferentes centros de origen como fuentes de eficiencia de fósforo. Lynch y Beebe (1995) recomendaron que el mecanismo de mayor eficiencia en asimilación de P deben identificarse y que los marcadores moleculares deben usarse para hacer selección de este carácter.

Durante los próximos años los mejoradores deben evaluar la eficiencia de P de líneas de frijol rojo moteado y rojo arriñonado del germoplasma Caribeño. Debe evaluarse germoplasma indeterminado colectado de las laderas, ya que esos suelos son más propensos a presentar una baja disponibilidad de P. El material exótico identificado como eficiente en fósforo debe ser revisado por su adaptación local.

Digitized by Google

IDEOTIPOS PARA EL CARIBE

Adams (1982) y Laing et al. (1984) discutieron el uso de ideotipos como una estrategia para mejorar el potencial de rendimiento del frijol. Aunque el frijol crece en un amplio rango de ambientes en el Caribe, los ideotipos pueden ser desarrollados para los principales sistemas de producción de frijol. Esta estrategia explotaría la interacción genotipo x ambiente y reduciría el número de caracteres que tienen que ser evaluados para un sistema de producción en particular. Los mejoradores podrían desarrollar tipos de frijol de habito III, con madurez tardía para siembras de época seca con sistemas de monocultivo con riego. Este hábito de crecimiento combinado con la floración y madurez tardía, permitiría una mayor expresión del potencial de rendimiento y aumentaría la oportunidad de incrementar la fijación biológica de nitrógeno. El frijol para estos sistemas de producción debe ser resistente al VMDF y a la roya. Como algunos agricultores prefieren materiales determinados y precoces también se deben continuar seleccionando líneas resistentes a enfermedades con este hábito de crecimiento. Deben desarrollarse líneas de frijol de habito II para ambientes húmedos y calientes. Una planta con menor acame o más erecta podría contribuir a la resistencia a la MH y ayudaría a conservar la calidad de la semilla cuando las condiciones climáticas de cosecha son desfavorables. Los cultivares de frijol para este sistema de producción deben ser resistentes al VMDF, a la BC y a la MH.

Las líneas de habito indeterminado y precoces deben ser desarrolladas para sistemas de producción de ladera. La madurez temprana puede reducir el potencial de rendimiento durante la época de cosecha normal pero ayudaría a evitar los estreses durante los años secos. Los hábitos de crecimiento II y III contribuirían a lograr rendimientos más estables. Los cultivares para estos sistemas de producción deben ser resistentes al VMDF, a la BC, a la MH y a la roya. Los pequeños productores de ladera se beneficiarían grandemente de la tolerancia a los estreses abioticos como sequía y baja fertilidad.

REDUCCION DEL TIEMPO DE COCCION

Muchas familias en el Caribe usan leña o carbón para cocinar el frijol. En países como Haití esta práctica contribuye al ya existente problema de deforestación. Los consumidores en la República Dominicana frecuentemente mencionan el poco tiempo de cocción como un atributo del frijol pinto importado. Jiménez et al. (1989) encontraron que los cultivares de frijol negro 'Venezuela 44' tuvieron menor tiempo de cocción que los cultivares de frijol 'Pompadour Checa' y 'José Beta'.

Se necesita más información relacionada con el tiempo de cocción de los materiales rojo moteado y arriñonado del germoplasma Caribeño. El método estándar para medir el tiempo de cocción consiste en la utilización de una máquina 'Pin-Drop' en la cual una pequeña muestra de semilla es cocinada. Elia et al. (1996) reportaron variabilidad genética significativa para tiempo de cocción aditiva en poblaciones de frijol de origen Andino. La selección recurrente fue recomendada para mejorar este carácter. Sin embargo, los autores advierten que la ganancia genética para selección puede ser lenta. Avila-Rodríguez et al. (1996) reportaron que el cultivar Andino 'Canario 72, 'tiene uno de los más cortos tiempos de cocción en una evaluación realizada en cultivares de frijol de origen Andino y Mesoamericano.

Digitized by Google

APOYO FINANCIERO, ENTRENAMIENTO, COLECCION Y CARACTERIZACION DE GERMOPLASMA

Este documento ha sido enfocado en que podrían hacer los programas de mejoramiento del Caribe durante los próximos 15-20 años para incrementar el potencial de rendimiento y reducir los costos de producción del frijol. Es de todos conocido que la disponibilidad de fondos están limitados para llevar a cabo este tipo de tarea y que el mejoramiento para ciertas características deberán ser aplazados. El logro de los objetivos a largo plazo necesitan mecanismos que permitan mayor autosuficiencia de los programas de mejoramiento. Familiarizarse con el cultivo y la continuidad de esfuerzos son características comunes en todos los programas de fitomejoramiento prósperos.

La producción de semilla ha sido usada con éxito en México y Honduras para generar fondos recurrentes para los programas de mejoramiento. La producción de semilla en ambientes de baja presión de enfermedad aumenta los beneficios de reducir las perdidas por enfermedades como: BC, MH, y VMCF. Los programas de mejoramiento del Caribe también deberían explotar la posibilidad de establecer programas de 'Certificación de Semilla' o la liberación exclusiva de cultivares como un medio de generar ingresos para los programas de mejoramiento. Mecanismos que unan el apoyo financiero para la investigación con el éxito de un cultivar proveerían un poderoso incentivo en los mejoradores de frijol para desarrollar cultivares que sean ampliamente usados por los productores. Puede los científicos sociales ayudarnos a solucionar este importante problema?

A corto plazo los mejoradores del Caribe necesitan apropiado entrenamiento concerniente a técnicas de evaluación, y estrategias de mejoramiento para tolerancia a sequía, eficiencia en P, aumentar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno, reducir el tiempo de cocción y el uso de marcadores moleculares. Por lo menos un día de cada reunión anual de PROFRIJOL debe ser usado para discutir esos y otros tópicos relacionados con el mejoramiento de frijol. Además se debe establecer un mecanismo que permita a los programas de mejoramiento con recursos limitados, tener acceso al uso de marcadores moleculares. Los programas de mejoramiento de frijol del Caribe deben seguir el ejemplo de Cuba y la República Dominicana y colectar cultivares de frijol rojo moteado y arriñonado. Este germoplasma deberá ser evaluado por su resistencia a enfermedades, tolerancia a estreses abióticos y tiempo de cocción. Es necesario preservar la variabilidad genetica, la identificación de nuevas fuentes de caracteres deseables y establecer una base por medio de la cual se puedan medir los logros del fitomejoramiento.

REFERENCIAS

Acosta-Gallegos, J.A., R. Ochoa-Marquez, F. Ibarra-Perez, A. Pajararito-Ravelero, and I. Sanchez-Valdez. 1995. Registration of 'Pinto Villa' common bean. Crop Sci. 35:1211.

Acosta-Gallegos, J.A., and J.W. White. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. Crop Sci. 35:199-204.

Adams, M.W. 1982. Plant architecture and yield breeding in *Phaseolus vulgaris* L. Iowa State J. Res. 56:225-254.

Adames-Mora, C., J.S. Beaver, and O. Diaz. 1996. Una metologia de evaluación del virus del mosaico dorado de habichuela en el invernadero. J. Agric. Univ. Puerto Rico (Submitted).

Anderson, P. 1994. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como vector del virus del mosaico Dorado del frijol. p. 125-143. *In* F. Morales (ed.). Bean Golden Mosaic Research

Digitized by Google

Advances. CIAT, Cali, Colombia.

Arnaud-Santana, E., D.P. Coyne, J.R. Steadman, K.M. Eskridge, and J.S. Beaver. 1994. Heritabilities of seed transmission, leaf and pod reaction to web blight and plant architecture and their associations in dry beans. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 37:46-47.

Avila-Rodríguez, E.H., Ibarra-Perez, F.J., Intriago-Ortega, M.P., and M.L. Valderrama-Chairez. 1996. Genetic variation for grain quality and nutritional characteristics in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars of mesoamerican origin. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:258-259.

Azzam, O., O. Diaz, J.S. Beaver, R.L. Gilbertson, D.R. Russell, and D.P. Maxwell. 1996. Transgenic beans with the bean golden mosaic gemnivirus coat protein gene are susceptible to virus infection. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:276-277.

Baiges, S., J.S. Beaver, P.N. Miklas, and J.C. Rosas. 1996. Evaluation and selection of dry beans for heat tolerance. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:88-89.

Beaver, J.S. 1993. Should the Caribbean be considered the source of a secondary gene pool for Andean red beans? Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 36:30-31.

Beaver, J.S., E. Arnaud-Santana, and D.P. Coyne. 1996. Yield stability of determinate and indeterminate red mottled beans. J. Agric. Univ. of Puerto Rico. (In Press).

Beaver, J.S., and J.D. Kelly. 1989. Yield compensation of beans grown in hill-plots. HortScience 24(1):137-138.

Beaver, J.S., and J.D. Kelly. 1994. Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools. Crop Sci. 34:34-37.

Beaver, J.S., C. Paniagua, D. Coyne, and G. Freytag. 1985. Yield stability of dry bean genotypes in the Dominican Republic. Crop Sci. 25:923-926.

Beaver, J.S., and O. Roman-Hernandez. 1994. Green-shell bean production in Puerto Rico at different planting dates. J. Agric. Univ. Puerto Rico. 78:131-136.

Beaver, J.S., J.R. Steadman, and D.P. Coyne. 1992. Field reaction of landrace components of red mottled beans to common bacterial blight. HortScience 27:50-51.

Beebe, S.B. 1994. Breeding for resistance to bean golden mosaic virus: history and perspectives. p. 148-150. *In* F. Morales (ed.). Bean Golden Mosaic Research Advances. CIAT, Cali, Colombia.

Bird, J., J. Sánchez, R. Rodrídriguez, A. Cortés-Monllor, and W. Kaiser. 1974. A mosaic of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) caused by a strain of common cucumber mosaic virus. J. Agric. Univ. Puerto Rico 58 (2):151-161.

Blair, M.W., J.S. Beaver, and J.C. Rosas. 1993. Heritability of field resistance to bean golden mosaic virus in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 160-170. *In* Bean Golden Mosaic Research Advances. F. Morales (ed). CIAT, Cali, Colombia.

Bliss, F.A. 1985. Breeding for enhanced dinitrogen fixation potential of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) p. 303-310. *In* P.W. Ludden, and J.E. Burris (eds.). Nitrogen fixation and CO2 Metabolism. Elsevier Sci. Pub. Co.

Bliss, F.A., P.A.A. Pereira, R.S. Araujo, R.A. Henson, K.A Kmiecik, J.R. McFerson, M.G. Teixeira, and C.C. da Silva. 1989. Registration of five high nitrogen fixing common bean germplasm lines. Crop Sci. 29:240-241.

Bokosi, J.M., D.P. Coyne, J.R. Steadman, D. O'Keefe, and J. Reiser. 1995. Inheritance and association of specific rust resistance , stem color, leaf pubesecnce and flower color in

Digitized by Google

common bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 38:141-142.

Brown, L.R. 1995. Who will feed China? W.W. Norton. New York, New York. 163 pp.

Buttery, B.R., S.J. Park, and D.J. Hume. 1992. Potential for increasing nitrogen fixation in grain legumes. Can. J. Pl. Sci. 72:323-349.

Carson, M.L., and Z.W. Wicks III. 1989. Theory for selection for yield of plants in disease-stress environments. Phytopathology 79:70-76.

Cataño, H. 1990. Selection of *Phaseolus vulgaris* L. genotypes able to nodulate in the presence of nitrogen. M.S. Thesis. University of Puerto Rico. Mayaguez, Puerto Rico. 55 pp.

Castiñeiras, L., M. Esquivel, L. Lioi, and K. Hammer. 1991. Origin, diversity and utilization of Cuban germplasm of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica 57:1-8.

CIAT. 1988. Ann. Rep. of the Bean Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

CIAT. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. A. van Schoonhoven and M.A. Pastor-Corrales (comps.). CIAT, Cali, Colombia

Coale, F.J., J.J. Meisinger, and W.J. Weibold. 1985. Effect of plant breeding on yield and nitrogen fixation in soybeans under two soil N regimes. Plant Soil 86:357-367.

Coyne, D., E. Arnaud Santana, G. Jung, S. Park, J. Ariyarathne, Z. Zhang, A. Mitra, A. Vidaver, and M. Mohamed. 1996. p. 21-22. *In* Proceedings of the 1st International Common Bacterial Blight of Bean Workshop held in Mayaguez, Puerto Rico from 19-21 February 1996.

Dudley, J.W. 1982. Theory for the transfer of alleles. Crop Sci. 22:631-637.

Echavez-Badel, R. 1992. Reaction of landrace Pompadour beans to Macrophomina phaseolina isolates. J. Agric. Univ. Puerto Rico 76(2):93-95.

Echavez-Badel, R., and J.S. Beaver. 1987. Resistance and susceptibility of beans to ashy stem blight. J. Agric. Univ. Puerto Rico. 72(4):403-406.

Elia, F.M., G.L. Hosfield, and M.A. Ubersax. 1996. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:266-267.

Fernandez, F. 1996. Evaluación de treinta líneas de habichuela común (*Phaseolus vulgaris* L.) con tolerancia al calor para potencial de fijación de nitrógeno. M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico.

Gálvez, G., B. Mora, and M.A. Pastor Corrales. 1989. Web blight . p. 195-209. *In* M.A. Pastor-Corrales, and H.F. Schwartz (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Gálvez, G., and F. Morales. 1989. Aphid-transmitted viruses. p. 333-361. *In* M.A. Pastor-Corrales, and H.F. Schwartz (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Gilbertson, R.L., J.C. de Faria, S.F. Hanson, E. Hendrastuti, P.G. Ahlquist, F.J. Morales, and D.P. Maxwell. 1990. Relationship among bean-infecing gemniviruses. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 33:72-73.

Ghorashy, S.R., J.W. Pendleton, R.L. Bernard, and M.E. Bauer. 1971. Effect of leaf pubescence on transpiration, photosynthetic rate and seed yield of three near-isogenic lines of soybeans. Crop Sci. 11:426-427.

Godoy-Lutz G., J. Arias, J.R. Steadman, and K.M. Eskridge. 1996a. The web blight pathogen: its effect on common bean seed quality, germination and early disease development. Ann. Rep.

Digitized by Google

Bean Improv. Coop. 39:152-153.

Godoy-Lutz G., J. Arias, F. Saladin, J.R. Steadman, and D.E. Carling. 1996b. Characterization of isolates of Rhizoctonia solani that cause web blight on common bean in Central America and the Caribbean with implications for disease management. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:154-155.

Graham, P. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. : a review. Field Crops Res. 4:93-112.

Graham, P.H., and J.C. Rosas. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with Rhizobium. J. Agric. Sci. 88:505-508.

Gu, W.K., Weeden, N.F., and D.H. Wallace. 1993. A DNA marker for ppd, a gene conferring insensitivity to photoperiod in common bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 36:1-2.

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. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 37:125-126.

Hall, A.E. 1990. Breeding for heat tolerance - an approach based on whole-plant physiology. HortScience 25(1):17-19.

Halpay, M. 1994. Evaluación de cinco poblaciones de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) para su reacción a diferentes aislamientos de roya (*Uromyces appendiculatus*). M.S. Thesis. University of Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico.

Hernández Diaz, T., M. Gonzalez Bez , y B. Faure Alvarez. 1995. Situación de la roya del frijol en Cuba. Presentation made at the Bean Rust Workshop held in Zamorano, Honduras from 17 to 22 November 1994.

Jiménez, J.A., D.P. Coyne, and F. Saladin. 1989. Imbibition, germination and cooking time of seeds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) stored in different containers. J. Agric. Univ. Puerto Rico 73(4):327-337.

Kelly, J.D., L. Afanador, and S.D. Haley. 1995. Pyramiding genes for resistance to bean common mosaic virus. Euphytica 82:207-212.

Kelly, J.D., J.R. Stavely, and P.N. Miklas. 1996. Proposed gene symbols for rust resistance genes. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:25-31.

Kenworthy, W.J. 1980. Strategies for introgressing exotic germplasm in breeding programs. p.217-223. *In* F.T. Corbin (ed.). World Soybean Research Conf. II Proceedings. Westview Press, Bolder, Colorado.

Kornegay, J. 1992. BCMV: CIAT's point of view. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 35:56-57.

Kornegay, J., and C. Cardona. 1988. Development of appropriate breeding strategies for resistance to Empoasca krameri in common bean. p. 231-247. *In* Current Topics in Bean Breeding. Proceedings of the International Bean Breeding Workshop held at CIAT, Cali, Colombia from 7 to 12 November 1988.

Kornegay, J., and C. Cardona. 1990. Development of appropriate breeding strategies for resistance to Empoasca krameri in common bean. Euphytica 47:223-231.

Kornegay, J., J.W. White, J.R. Dominguez, G. Tejada, and C. Cajiao. 1993. Inheritance of photoperiod response in Andean and Mesoamerican common bean. Crop Sci. 33:977-984.

Kornegay, 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.

Digitized by Google

Laing, D.R., P.G. Jones, and J.H.C. Davis. 1984. Common beans (*Phaseolus vulgaris* L..) p. 305-352. *In* P.R. Goldsworthy and N. Fisher (eds.). The Physiology of Tropical Field Crops. Wiley, New York.

Lee, D.R. 1995. Western Hemisphere economic integration: implications and prospects for agricultural trade. Amer. J. Agr. Econ. 77:1274-1282.

Lynch, J.P., and S.E. Beebe. 1995. Adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to low phosphorous availability. HortScience 30(6):1165-1171

Mateo-Solano, M., J.S. Beaver, and F. Saladin-Garcia. 1988. Heritabilities and phenotypic correlations for seed yield and seed yield components of beans . J. Agric. Univ. Puerto Rico 72(2):301-308.

McLaughlin, W., J. Beaver, E. Smith, and D. Marsh. 1992. Breeding red peas (*Phaseolus vulgaris* L.) for disease resistance and enhanced biological nitrogen fixation. Bull. Jamaican Soc. Agric. Sci. 4:75-81.

McFerson, J., F.A. Bliss, and J.C. Rosas. 1982. Selection for enhanced nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 39-44. *In* BNF Technology for tropical agriculture. CIAT, Cali, Colombia.

Miklas, P.N., and J.S. Beaver . 1994. Inheritance of field resistance to ashy stem blight in dry bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 37:233-234.

Miklas, P.N., E. Johnson, V. Stone, J.S. Beaver, C. Montoya, and M. Zapata. 1996. Selective mapping of QTL conditioning disease resistance in common bean. Crop Sci. 36: (In press).

Miklas, P.N., J.C. Rosas, J.S. Beaver, L. Telek, and G.F. Freytag. 1994. Field performance of select tepary bean germplasm in the Tropics. Crop Sci. 34:1639-1644.

Mmbaga, M.T., and J.R. Steadman. 1992. Effect of leaf age on uredinia diameter and its epidemiological implications for adult plant resistance. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 35:128-129.

Montoya, C.A, J.S. Beaver, R. Rodriguez, P.N. Miklas, and G. Godoy-Lutz. 1996. Heritability of resistance to web blight in five common bean populations. Crop Science (Submitted).

Morales, F. 1994a. Current situation of bean golden mosaic in Latin America. p. 100-103. *In* F. Morales (ed.). Bean Golden Mosaic Research Advances. CIAT, Cali, Colombia.

Morales, F. 1994b. Control of bean golden mosaic: sources of resistance. p. 144-146. *In* F. Morales (ed.). Bean Golden Mosaic Research Advances. CIAT, Cali, Colombia.

Morales, F.J., and M. Castaño. 1992. Increased disease severity induced by some comoviruses in bean genotypes possessing monogenic dominant resistance to bean common mosaic potyvirus. Plant Dis. 76:570-573.

Nielsen, C.L., and A.E. Hall. 1985. Responses of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in the field to high night temperatures during flowering . II. Plant responses. Field Crops Res. 10:181-196.

Olaya, G., G.S. Abawi, and N.F. Weeden. 1996. Inheritance of resistance to Macrophomina phaseolina and identification of RAPD markers linked to the resistance genes in beans. Phytopathology 86:674-679.

Padgette, S.R., K.H. Kolacz, X. Delannay, D.B. Re, B.J. LaVallee, C.N. Tinius, W.K. Rhodes, Y.I. Otero, G.F. Barry, D.A. Eichholtz, V.M. Peschke, D.L. Nida, N.B. Taylor, and G.M. Kishore. 1995. Development, identification and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. Crop Sci. 35:1451-1461.

Digitized by Google

Pastor-Corrales, M.A. 1996. Traditional and molecular confirmation of the coevolution of beans and pathogens in Latin America. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:46-47.

Peña, E.A., A. Pantoja, J. Beaver, y A. Armstrong. 1993. Oviposición de Bemesia tabaci Genn. en cuatro genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. con diferentes grados de pubescencia. Folia Entomol. Mex. 87:1-12.

Polanco, T., R.P. Rodriguez, and J.S. Beaver. 1996. Microgotas: Metodo de inoculacion con Rhizoctonia solani Kuhn para la evaluar la reaccion de lineas de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) J. Agric. Univ. Puerto Rico (In press).

PROFRIJOL. 1995. Informe 1993-1994 - Vivero de Adaptation Tipo Caribeño. Documento 95:4 del Oficina de Coordinación Regional de PROFRIJOL. San Cristobal, República Dominicana 26p.

Rodríguez, E., de Garcia, R., y F. González. 1995. Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.): Guia tecnica para su cultivo. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 26 pp.

Rosas, J.C., J.D. Erazo, and J.R. Moncada. 1991. Tolerancia a la sequia en germoplasma de frijol común y tepati. CEIBA 32(2):91-106.

Rosielle, A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21:943-946.

Saettler, A.W. 1989. Common bacterial blight. p. 261-283. *In* M.A. Pastor-Corrales, and H.F. Schwartz (eds.). Bean Production Problems in the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Sandlin, C.M., and J.R. Steadman. 1994. Characterization of pathotypes of the bean rust fungus which overcome adult plant resistance. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 37:63-64.

Sandlin, C.M., J.R. Steadman, C.M. Araya, and D.P. Coyne. 1996. Bean rust pathogen isolates show specific virulence to Andean-origin bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 80-81.

Schneider, K., J. Acosta-Gallegos, F. Ibarra-Perez, and J.D. Kelly. 1996. Application of marker assisted selection to improving a quantitative trait in common bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:61-62.

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.

Shaik, M. 1984. Race-nonspecific resistance in bean cultivars to races of *Uromyces appendiculatus* pv. *appendiculatus* and its correlation with leaf epidermal characteristics. Phytopathology 75:478-481.

Shonnard, G. and P. Gepts. 1994. Genetics of heat tolerance during reproductive development in common bean. Crop Sci. 34:1168-1175.

Simmonds, N.W. 1993. Introgression and incorporation strategies for the use of crop genetic resources. Biol. Rev. 68:539-562.

Singh, S.P. 1992. Common bean improvement in the tropics. Plant Breeding Reviews 10:199-269.

Singh, S.P. 1995. Selection for water stress tolerance in interracial populations of common bean. Crop Sci. 35:118-124.

Singh, S.P., C. Cardona, F.J. Morales, M.A. Pastor-Corrales, and O. Voysest. 1996a. Gamete selection for upright Carioca beans with resistance to leaf hopper and four diseases. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 39:86-87.

Singh, S.P., C.G. Muñoz, W. Roca, and M.A. Pastor Corrales. 1996b. Breeding common bean for common bacterial blight resistance in the tropics. p. 23-36. *In* Proceedings of the 1st International Common Bacterial Blight of Bean Workshop held in Mayaguez, Puerto Rico

Digitized by Google

from 19-21 February 1996.

Singh, S.P., C.A. Urrea, J. A. Gutierrez and J. Garcia. 1989. Selection for yield at two fertilizer levels in small-seeded common bean. Can. J. Plant Sci. 69:1011-1017.

Stavely, J.R., G.F. Freytag, J.R. Steadman, and H.F. Schwartz. 1983. The 1983 bean rust workshop. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 26:4-6.

Steadman, J.R. (ed.), J. Beaver, M. Boudreau, D. Coyne, J. Groth, J. Kelly, M. McMillan, R. McMillan, P. Miklas, M. Pastor-Corrales, H. Schwartz, and J. Stavely. 1995. Progress reported at the 2nd International bean rust workshop. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 38:1-10.

Stoup, W.W., P.E. Hildebrand and, C.A. Francis. 1993. Farmer participation for more effective research in sustainable agriculture. p. 153-186. *In* Technologies for sustainable agriculture in the tropics. American Society of Agronomy Special Publication No. 56. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Urrea, C.A., P.N. Miklas, J.S. Beaver, and R.H. Riley. 1996a. A codominant RAPD marker useful for indirect selection of BGMV resistance in common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (In Press).

Urrea, C., P. Miklas, J. Beaver, and M. Zapata. 1996b. Genetics of resistance to common bacterial blight in tepary bean. p. 87-95. *In* Proceedings of the 1st International Common Bacterial Blight of Bean Workshop held in Mayaguez, Puerto Rico from 19-21 February 1996.

Varela, O., J.S. Beaver, M. Zapata, P. Miklas, and S. Cianzio. 1996. Evaluacion de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en generaciones tempranas para resistencia a Xanthomonas campestris pv. phaseoli (Smith) Dye. J. Agric. Univ. of Puerto Rico (Submitted).

Velez, J., M.J. Bassett, J.S. Beaver, and A. Molina. 1996. Inheritance of resistance to bean golden mosaic virus in common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (Submitted)

Wallace, D.H., J.P. Baudoin, J.S. Beaver, D.P. Coyne, D.E. Halseth, P.N. Masaya, H.M. Munger, J.R. Myers, and M. Silbernagel. 1993. Improving efficiency of breeding for higher crop yield. Theor. Appl. Genet. 86:27-40.

White, J.W., J.A. Castillo, J.R. Ehleringer, J.A. Garcia, and S.P. Singh. 1994a. Relations of carbon isotope discrimination and other physiological traits in common bean (*Phaseolus vulgaris*) under rainfed conditions. J. Agric. Sci. 122:275-284.

White, J.W., J. Kornegay, J. Castillo, C.H. Cajiao, and G. Tejada. 1992. Effect of growth habit on yield of large-seeded bush cultivars of common bean. Field Crops Res. 29:151-161.

White, J.W., R. Ochoa, F. Ibarra, and S.P. Singh. 1994b. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfed conditions. J. Agric. Sci. 122:265-273.

Yoshii, K, G.E. Galvez, and G. Alvarez. 1978. Screening bean germplasm for tolerance to common blight caused by *Xanthomonas phaseoli* and the importance of pathogenic variation to varietal improvement. Plant Dis. Rept. 62:343-347.

Zapata, M. 1996. Race identification of Xanthomonas campestris pv. phaseoli on *Phaseolus vulgaris* leaves. p. 53-68. *In* Proceedings of the 1st International Common Bacterial Blight of Bean Workshop held in Mayaguez, Puerto Rico from 19-21 February 1996.

Digitized by Google

Mejoramiento del Frijol para la Costa del Perú

Angel Valladolid Chiroque
Comisión para la Promoción de las Exportaciones (PROMPEX),Chiclayo, Perú

RESUMEN

La historia del mejoramiento del frijol *Phaseolus vulgaris* en la Costa del Perú, puede dividirse en dos etapas; la primera comprendida entre 1957 y 1975, iniciada con la creación del Programa Nacional de Frijol; y la segunda, a partir de la década del 80, con el establecimiento del Programa Nacional de Leguminosas de Grano de INIA. En la primera etapa se desarrollaron y difundieron una docena de variedades caracterizadas fundamentalmente por su precocidad (100 a 120 días) y porte arbustivo (tipo I), en contraposición a las tradicionales de 150 días y de crecimiento semipostrado (tipo III). A principios de la década del 80, aún se cultivaban variedades criollas y 5 mejoradas, de grano amarillo (canario), café claro (bayo), de tamaños grande y mediano; y blancos pequeños y grandes. Debido a la sensibilidad de estas al fotoperíodo y susceptibilidad a enfermedades se les cultivaba en las estaciones de menor temperatura y luminosidad, con bajos rendimientos (800 kg/ha). Los objetivos del mejoramiento en esta etapa se orientaron a la obtención de variedades resistentes al virus del mosaico común (BCMV), roya, nemátodes y pudriciones radicales, a fin de mejorar y estabilizar los rendimientos y reducir los costos de producción. En 1983 se identificaron, con la colaboración del CIAT, los primeros progenitores resistentes a virus y roya, y en 1986 ya se contaba también con materiales resistentes a nematodos, y pudriciones radicales; además de líneas tolerantes a la sequía, materiales que fueron utilizados en diversos tipos de cruzamientos. La selección por resistencia a virus y roya de hizo de manera simultánea utilizando el método de pedigrí con pruebas de resistencia a virus en invernaderos del CIAT; así se obtuvieron las variedades Blanco Chinchano (1985), Blanco Larán (1989); y las primeras variedades resistentes a BCMV de grano amarillo: Canario 2000, con genes recesivos y Canario Centinela-INIA con el gen dominante I (1991). En el mejoramiento por resistencia a nematodos se utilizó germoplasma mesoamericano: la variedad americana Nema snap y las colecciones G 2587 y G 6278, como fuentes de resistencia en cruzas con variedades locales y líneas avanzadas; se observó incompatibilidad con las variedades y buena habilidad combinatoria con algunas de las líneas. El método utilizado fue el de selección masal negativa (elimínación de plantas susceptibles) desde F_2 a F_5 seguida de selecciones individuales en F_6; así, la cruza CIFEM 690 x NEMASNAP dió origen a la variedad Larán Mejorado-INIA (1993). Para ampliar la base genética de la resistencia a virus y roya, y mejorar la adaptación y el potencial de rendimiento, se utilizaron las mejores líneas en nuevos ciclos de mejoramiento. El avance de generación se realizó mediante el método "masal" de una vaina por planta con pruebas de rendimiento en generaciones tempranas (F_2-F_5). En cada generación fueron eliminadas la poblaciones inferiores a la variedad testigo, las selecciones individuales en F_6 fueron realizadas en las poblaciones de mayor rendimiento; así se obtuvieron las variedades: Bayo Mochica-INIA (1994), Huerequeque-INIA (1994) y Garza-INIA (1994); además de dos líneas promisorias de grano amarillo CIFAC 90105 y CIFAC 90106 en proceso de multiplicación para su liberación. Como resultado de esta segunda etapa del mejoramiento se cuenta con variedades resistentes a las principales enfermedades en los tres tipos principales de grano, el rendimiento promedio supera los 1,100 kg/ha, el costo de producción se ha reducido en aproximadamente 30 % y se puede cultivar frijol durante todo el año; además, se cuenta con mas de 600 líneas con resistencia múltiple que facilitará la obtención de nuevas variedades. Dadas las expectativas exportadoras de nuestros país, y las ventajas comparativas que ofrece la costa, el mejoramiento actual está orientado a la obtención de variedades de grano blanco grande (tipo fabada, alubia y great northern), pintos y rojos kidney.

El presente trabajo se refiere a los resultados mas relevantes del mejoramiento del frijol, obtenidos entre 1983 y 1995 por el Programa Nacional de Investigación en Leguminosas de Grano del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria); Programa en el cual, el autor se desempeño, durante el mismo período, como mejorador del frijol para la región Costa y como Coordinador

Digitized by Google

Nacional entre 1992 y 1995.

El autor deja constancia de su agradecimiento a todas aquellas personas que directa o indirectamente han contribuido con el mejoramiento del frijol, especialmente a los asistentes: Fernando Pachas, Octavio Arroyo, Miguel Santivánez y Enrique Cueto; al Dr. Guillermo Hernández Bravo, asesor del PILG-INIPA/CIAT; y, a todos los Investigadores que participaron en la validación, liberación y difusión de las variedades; así mismo, al Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT , a las autoridades del INIA y a los proyectos: Investigación, Extensión y Educación-IEE-INIPA/AID; Transformación de la Tecnología Agropecuaria-TTA-INIA/AID y Proyecto de Frijol para la Zona Andina-PROFRIZA-CIAT/COTESU, por el invalorable apoyo brindado a los trabajos de investigación.

El frijol es una especie de origen americano. Las formas silvestres que dieron origen a las cultivadas de hoy se les ha encontrado ampliamente distribuidas desde México hasta Argentina. Tanto los frijoles silvestres como los cultivados de centro y Sudamérica, comparten caracteres morfológicos que hacen suponer dos grandes centros de domesticación (Debouck y Tohme, 1988). Los frijoles del centro mesoamericano y los del centro andino, pueden ser divididos en seis razas. Tres originadas en Mesoamérica (Durango, Jalisco y Mesoamérica) y tres en los Andes (Chile, Nueva Granada y Perú). La gran diversidad de formas, colores y tamaños, evidencian la gran importancia que tuvo esta especie entre las culturas Precolombinas (Singh et al., 1991a). La raza P (Perú) tiene los cultivares de granos más grande (45-80 gramos/100 semillas), producto de las continuas selecciones realizadas a través de los siglos. Las pocas variedades criollas que aún se cultivan en la Costa provienen de selecciones en cultivares de la Sierra.

En el Perú se cultivan 11 especies de leguminosas, mas conocidas como "menestras", distribuidas en 130,000 ha, de las cuales el 50 % están cubiertas con frijol (*Phaseolus vulgaris*). Del área total sembrada con frijol el 30 % está ubicada en la Costa de donde se obtiene más del 40 % de la producción nacional (Tabla 1). La importancia de esta especie radica en su alto contenido de proteínas (22%), constituyéndose en la principal fuente de proteínas para millones de personas principalmente de escasos recursos; sin embargo, el consumo per cápita apenas alcanza los 2.8 kg, cifra consideraba muy baja si la comparamos con la de países como México, Brasil o Colombia de más de 12 kg. anuales. El mejoramiento del frijol en los últimos años ha estado orientado a la obtención variedades de mayor consumo local; sin embargo, el rápido incremento de las exportaciones peruanas de menestras de los últimos 5 años ha generado justificadas expectativas en el frijol y otras leguminosas, que han dado origen a la reorientación de los trabajos de selección hacia variedades requeridas por el mercado externo. En el presente trabajo se describen los objetivos y logros alcanzados por el mejoramiento del frijol en los últimos 15 años, y los desafíos actuales para lograr el incremento de la producción y productividad en una región que ofrece ambientes agroclimáticos muy favorables y extensas áreas sub explotadas .

Digitized by Google

Tabla 1. Producción de Frijol *Phaseolus vulgaris* en el Perú. 1994-1995.

Región	Area ha	(%)	Rendimiento Kg/ha	Producción t	(%)
Costa	19,215	(31)	1,220	23,488	(42)
Sierra	27,573	(45)	775	21,366	(38)
Selva	13,966	(24)	806	11,269	(20)
Total	60,754		923	56,083	

Fuentes: Anuarios Estadísticos, OIA-MAG 1996.

LA PRODUCCION DE FRIJOL EN LA COSTA

La costa del Perú es una extensa faja de 2,500 Km de longitud ubicada entre los 2° y 18° de latitud sur, con altitudes que van desde 0 m hasta los 500 msnm, posee el 25 % del área agrícola nacional en 52 valles irrigados por ríos que bajan de la cordillera occidental, algunos de los cuales tienen agua permanentemente, en tanto que la mayoría (más de 30), son de régimen estacional; tienen agua solo cuando llueve en la Sierra. Así, el recurso hídrico en esta región es escaso y caro en la mayoría de los valles. La corriente marina fría de Humboldt que corre de sur a norte a lo largo de la costa le da un clima muy singular. Por su localización debería tener precipitaciones de 1300 a 1500 mm anuales, en años normales solo se producen ligeras "garuas" y en años con "fenómeno del niño" las precipitaciones en la costa /Norte (Piura-Tumbes), alcanzan 250 a 300 mm. En cuanto a la temperatura los valles de la costa tienen menores temperaturas que aquellos ubicados en las mismas latitudes del hemisferio norte, varía entre los 15°C en la estación mas fría (invierno) hasta los 37°C en el verano, con una humedad relativa que va de 30 % a 95 % . En cuanto a la irradiación y temperatura hay dos épocas bien diferenciadas en la costa central y sur; una de mayor luminosidad y temperatura, entre los meses de noviembre y abril, y otra de mayor nubosidad y menor temperatura, de mayo a setiembre, esta diferenciación es menos acentuada en la costa norte. El clima según la clasificación de Koppen es simbolizado por Bwhm (Warn, desert, foggy, humid) o cálido, desértico, nebuloso, húmedo (Molestina, 1966). Los suelos son de topografía plana y textura variable, pobres en materia orgánica y con problemas de salinidad en las partes bajas. Las condiciones climáticas son desfavorables para muchas enfermedades del frijol en condiciones lluviosas y de temperaturas altas.

En la costa se cultivan 8 especies de leguminosas en monocultivo una vez por año, siendo el frijol el cultivo más importante, pues ocupa 20,000 ha y alcanza una producción anual de 24,000 TM aproximadamente. Se le siembra bajo riego en rotación con maíz, arroz, algodón y camote. La preparación del suelo para la siembra, se hace utilizando maquinaria. Aunque, también es frecuente, entre los pequeños agricultores, utilizar implementos ligeros halados por caballo. En la costa central el cultivo es mayormente mecanizado por la predominancia de variedades precoces de porte arbustivo. Las variedades más cultivadas son de 4 clases comerciales: de grano amarillo "canario" y café claro (bayo) de tamaño grande (> 40 gr/100 semillas); y blancos de grano pequeño (< 25 gr/100 semillas) y grande. De todos estos tipos de frijol el que goza de mayor preferencia es el llamado "canario". Prácticamente el 60 % de la producción corresponde a frijol "canario". La

Digitized by Google

productividad promedio es de 1.2 t/ha, uno de los más altos de América Latina ; sin embargo, los rendimientos podrían ser mayores dada las condiciones agroecológicas favorables.

RESEÑA HISTORICA DEL MEJORAMIENTO DEL FRIJOL

El mejoramiento del frijol tuvo sus inicios en los años cuarenta con los primeros trabajos de selección en variedades criollas realizados en la Estación Experimental Agrícola La Molina (Lima). En 1957, se inició el mejoramiento organizado con la creación del primer Programa Nacional de Frijol con sede en la EEA-La Molina, bajo los auspicios de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU) de los Estados Unidos de Norte América. Hasta fines de 1975 año en que concluye el convenio con NCSU y se interrumpe el Programa Nacional por falta de apoyo gubernamental, se habían desarrollado y difundido variedades de porte arbustivo de menor período vegetativo entre las que destacaba 'Canario Divex 8120', que permitió la mecanización y el desplazamiento de las variedades criollas de la costa central hacia la costa sur (Voysest, 1983b)
Entre 1975 y 1981, el mejoramiento del frijol, se redujo a esfuerzos aislados en las Estaciones Experimentales La Molina y Vista Florida en Lambayeque. En 1983, el entonces Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agraria-INIPA, con los auspicios de la Misión Agrícola de la NCSU, la Agencia para el Desarrollo Internacional, el Banco Mundial y el CIAT, conformó el Programa Nacional en Leguminosas de Grano-PILG con lo cual se fortaleció la organización de la investigación en frijol que se venía gestando con el apoyo de CIAT desde 1980. La sede del mejoramiento del frijol para la costa se estableció en la EE-Chincha, en el departamento de Ica . Hasta 1995, año en que se desactivó, por segunda vez el Programa de Leguminosas, se habían desarrollado y difundido catorce variedades resistentes a las principales enfermedades en los cuatro tipos comerciales de frijol (Tabla 2).

PROBLEMAS DE LA PRODUCCION

En la década del 80 los problemas mas importantes que afectaban la producción de frijol eran: a), enfermedades como el virus del mosaico común (BCMV), roya (*Uromyces appendiculatus*), nemátodes del género *Meloydogine* y pudriciones radicales causadas por los hongos *Fusarium solani y Rhizoctonia solani;* b), plagas barrenadoras de brotes y vainas (*Epinotia aporema, Laspeyrecia leguminis*), y *Empoasca kraemeri;* y c), la poca disponibilidad de agua para el frijol en la época normal de siembra. Estos factores sumados a la escasa disponibilidad de semilla de calidad eran las principales causas de la baja productividad (900 kg/ha).

OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO

Los objetivos del mejoramiento estuvieron orientados inicialmente al desarrollo de variedades de buen rendimiento, resistentes (en orden de importancia) al: virus del mosaico común, roya, nemátodes del nudo y pudriciones radicales; de buena adaptación en los cuatro tipos comerciales de frijol. Posteriormente se planteó los objetivos de desarrollar variedades tolerantes a la sequía y variedades de grano amarillo tolerantes al calor, con la finalidad de ampliar la producción a las épocas de mayor disponibilidad de tierras y agua (verano).

Digitized by Google

Tabla 2. Variedades mejoradas de frijol desarrolladas entre 1983 y 1995 para la región Costa.

Variedad	Línea	Grano Color / tamaño	Gr/100 Semilla	Características sobresalientes	Año de introduc
Bayo Florida					
Bayo Lambayeque		Bayo / grande	43	Tipo de grano	1985
Bayo Mochica - INIA	VF 200	Bayo / grande	42	Tolerancia a roya	1987
Huerequeque - INIA	CIFYM	Bayo / grande	48	Resist. virus y roya	1994
	90101	Bayo / grande	46	Resist. virus y roya	1994
Blanco Chancay	CIFYM				
Panamito Molinero†	90104	Blanco / grande	42	Tipo de grano	1985
Blanco Larán		Blanco / pequeño	22	Precoz, resist. virus/roya	1986
Larán Mejorado - INIA	LINEA 25	Blanco / grande	50	Rndto, resist. virus/roya	1989
Garza-INIA	W 126	Blanco / grande	55	Resist.	1993
	CIFEM 691	Blanco / grande	45	nemátodes,virus/roya	1994
Canario Chinchano	NEMA			Resist. virus y roya	
Canario Huaralino	89022	Amarillo /	45		1986
Canario Barranquino	CIFEM	mediano	40	Resist. roya	1986
Canario Molinero	90104	Amarillo /	50	Resist. roya	1986
Canario 2000-INIAA		mediano	45	Resist. roya	1986
Canario Centinela-INIAA	PF 210-12	Amarillo /	54	Resist. roya	1991
	PF 210-69	mediano	45	Resist. virus y roya	1991
	PF 210-119	Amarillo /	54	Resist. virus y roya	1997‡
	PF 210-N4	mediano	55	Rndto, resist virus/roya	1997‡
	CIFAC	Amarillo / grande		Rndto, resist virus/roya	
	87005	Amarillo /			
	CIFAC	mediano			
	87133	Amarillo / grande			
	CIFAC	Amarillo / grande			
	90105				
	CIFAC				
	90106				

†. Variedad liberada por la Universidad Agraria La Molina
‡. Líneas avanzadas en proceso de multiplicación de semilla

METODOS DE MEJORAMIENTO

La selección en germoplasma local, la introducción de germoplasma para la selección de fuentes de resistencia y la hibridación, fueron los principales métodos utilizados en el mejoramiento del frijol.

Mejoramiento por Selección

Entre 1975 y 1982, se realizaron trabajos de selección en variedades locales que condujeron a la obtención y liberación de las siguientes variedades:

Digitized by Google

"Bayo Florida" y "Blanco Chancay" (1985) .- Estas variedades proceden de selecciones individuales por tipo de grano, realizadas en las variedades criollas "Bayo común" y "Blanco local" por Cesar Apolitano y Alberto Sandoval en la EE Vista Florida. Son de hábito de crecimiento semipostrado (tipo III), de 115 a 120 días de período vegetativo, susceptibles al virus del mosaico común y a la roya, y de adaptación restringida a las épocas de otoño-invierno (Sandoval, 1985. Blanco Chancay nueva variedad de frijol. Plegable N° 12.CIPA II).

"Bayo Lambayeque" (1986).- Esta variedad procede de la línea VF 200 seleccionada de la cruza: Cocacho x II 227, realizada por C. Apolitano y colaboradores en la EE-Vista Florida. Es resistente a la roya pero muy susceptible al virus del mosaico común.

"Canario Chinchano", "Canario Huaralino", "Canario Barranquino" y "Canario Molinero" (1986).- Proceden de selecciones por tipo de grano realizadas en la var. `Canario PF 210' por R.Montalvo en la EE-La Molina. La línea PF 210-12 fue denominada `Canario Chinchano'; PF 210-69, `Canario Huaralino'; PF 210-119, `Canario Barranquino'; y PF 210-N4, `Canario Molinero' (Montalvo, 1986). La variedad PF 210 fue desarrollada como un compuesto de seis líneas fenotípicamente iguales y puesta a disposición de los agricultores en 1975 (Voysest, 1983a). Estas variedades resistentes a roya como PF 210, pero de grano mas uniforme, lograron rápida difusión en la costa central.

Con la introducción de éstas variedades en la agricultura de la costa se logró mayor uniformidad del cultivo y sobre todo de los granos; sin embargo, el potencial de rendimiento y la adaptación al ambiente no cambiaron apreciablemente.

Mejoramiento por Hibridación y Selección

Mediante este procedimiento se transfirió a las variedades comerciales locales la resistencia a enfermedades y otras características deseables de diversas fuentes. La primera etapa de este procedimiento consistió en la evaluación de miles de materiales introducidos del CIAT para la selección de progenitores (Tabla 3). En 1983 se identificaron las primeras fuentes de resistencia a virus y roya y en 1986 ya se contaba también con materiales resistentes a nemátodes, pudriciones radicales y tolerantes a la sequía; materiales que fueron utilizados en diversos tipos de cruzamientos (Valladolid, A. 1989). Como resultado de los trabajos de hibridación y selección se desarrollaron variedades resistentes a virus y roya y a virus-roya y nemátodes (Tablas 2 y 9); además de 600 líneas mejoradas con resistencia múltiple entre las que se cuentan líneas resistentes a pudriciones radicales, tolerantes a la sequía; y de grano amarillo tolerantes al calor, germoplasma que facilitará futuros trabajos de mejoramiento.

Mejoramiento para resistencia a virus y roya

Entre los grupos de patógenos que atacan el frijol los virus están considerados entre los más importantes, habiéndose reportado más de 70 tipos en este cultivo (Morales, 1986). El virus del mosaico común (BCMV), es la enfermedad de mas amplia distribución, se transmite por semilla y por áfidos en el campo y se le encuentra en casi todos los países del mundo. Puede ocasionar pérdidas del rendimiento de 6 a 98 % dependiendo de la variedad y de la edad al momento de la

Digitized by Google

Tabla 3. Evaluación de germoplasma introducido para la selección de fuentes: 1982-1986. Chincha, Perú.

Características	N° entradas
Viveros de adaptación de líneas avanzadas	3047
Ensayo Internacional de Roya-IBRN 1983/1984	104
Ensayo Internacional para *R. solani y F. solani*	60
Ensayo Internacional para *Macrophomina*	47
Líneas y poblaciones con resistencia a nemátodes	31
Ensayos de sequía: BIDYT - BIDAN	186
VEF e IBYAN	584
Poblaciones segregantes F_2-F_4	551
Vivero de *P. coccineus subsp polyanthus*	30
Total	4640

infección (Gálvez, 1980). La susceptibilidad al BCMV estuvo estrechamente ligada a los tonos suaves de los colores amarillo canario, bayo y rojo moteado; pero un recombinante de la cruza Pompadour Checa x Turrialba 1, hizo posible recombinar estos colores suaves con el gen I de resistencia (Temple, 1983). La roya causada *por Uromyces appendiculatus* , es otra de las enfermedades de amplia distribución que causa grandes pérdidas del rendimiento en las regiones húmedas tropicales y sub tropicales. Se le considera como uno de los problemas mas importantes de la producción en muchas regiones de América Latina; en la costa del Perú, las pérdidas del rendimiento se estimaban en 18 a 28% (Dongo, 1971). El hongo posee mucha variabilidad patogénica y su incidencia varía de un año a otro, como de una zona a otra, dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), variedad utilizada y de las razas presentes. En la zona sur de la costa central del Perú fueron identificadas 4 razas fisiológicas (Guerra y Dongo, 1973), no habiéndose aún estudiado las razas existentes en la zonas sur y norte. La resistencia genética contra estas dos enfermedades fueron los primeros objetivos enfrentados por el mejoramiento; para ello se utilizaron diversas fuentes de resistencia seleccionadas por su adaptación a las condiciones de la costa.

Principales fuentes de resistencia a virus y roya

Virus	Roya
BAT 1388, NY 81, NY 50, BAT 1369 A 457, A 471, Cristal Blanco Fénix, Cambridge Countess, A248 y BAT 1373	CC 07332 (CAN 20), CC 06002, EMP 81 Kentucky Wonder 814, W 126, BAT 1282, CR 8812 (Mayocoba/IVT 80337)

Digitized by Google

Los primeros cruzamientos se iniciaron en 1983, utilizando diferentes tipos de cruzas (simples, dobles, triples, top y múltiples). Un aspecto observado con cierta frecuencia fue la presencia de enanismo de plantas en la F_1 de ciertas cruzas debido a los genes complementarios de semiletalidad Dl1 y Dl2, presentes en el germoplasma de los centros Mesoamericano y Andino (Singh y Gutiérrez, 1984). En una primera fase del mejoramiento en vista de no disponer de fuentes de resistencia a virus con grano de colores comerciales se utilizó el método pedigrí (Figura 1). Las generaciones F_2 a F_4 eran sembradas rodeadas de plantas atractantes de áfidos (cebada) y una mezcla de variedades de frijol muy susceptibles a roya, a fin de provocar la mayor incidencia natural de estas dos enfermedades. En cada generación se realizaron selecciones individuales y masales de plantas sin síntomas de virus y roya, las líneas eran sometidas a pruebas (NL 3) de resistencia a virus en el CIAT, con lo cual se avanzaban sólo las progenies resistentes. En 1987 se codificaron las primeras líneas, dos de las cuales dieron origen en 1991 a las variedades `Canario 2000-INIAA' y `Canario Centinela-INIA'. `Canario 2000', tiene genes recesivos de resistencia a virus y proviene de la cruza CR8812-CM(20)-M-19A x Canario Divex 8130, realizado en 1983 por A. Valladolid en la EEA-Chincha. La línea CR8812, a su vez procede de selecciones realizadas en las EE's La Molina y Chincha de una cruza en F_3 introducida del CIAT. `Canario centinela', tiene genes dominantes de resistencia a virus, y proviene de la cruza CC7816-12-1-CM-CM x Canario Divex 8130, realizada en el CIAT; las selecciones, a partir de la generación F_3, fueron realizadas en Chincha. Por su resistencia a las dos enfermedades mas importantes, buena adaptación y mayor rendimiento, estas variedades desplazaron rápidamente a sus similares susceptibles. Dos variedades adicionales de grano blanco que fueron liberadas como resultado de esta primera fase del mejoramiento fueron `Blanco Chinchano' (1985) y `Blanco Larán'(1989), ambas resistentes a virus (gen I) y roya, procedentes de cruzas realizadas antes de 1983 en la EE-Vista Florida. `Blanco Chinchano', no obstante su buen rendimiento, no tuvo el éxito esperado debido a su tipo de grano (blanco, pequeño , arriñonado); en cambio, `Blanco Larán', alcanzó buena difusión dado su alto potencial de rendimiento (2.0 a 2.5 t/ha) y buen tamaño de grano (50 gr/100 semillas).

Una segunda fase del mejoramiento fue iniciada en 1988 utilizando híbridos dobles y retrocruzas resistentes a virus con la finalidad de mejorar el potencial de rendimiento. Las poblaciones híbridas fueron avanzadas mediante cosecha masal de una vaina por planta con pruebas de rendimiento en generaciones F_2 a F_4, seguida de selecciones individuales en F_5 en las poblaciones seleccionadas por rendimiento (Singh, 1991b)(Figura 2). El rendimiento de las poblaciones híbridas fue evaluado utilizando diseños en látice o BCA con 3 repeticiones (Tabla 4). Las mejores líneas conformaron ensayos de rendimiento evaluado durante 1992 y 1994 en diferentes localidades de la costa norte, centro y sur. Como resultado fueron liberadas las variedades: `Bayo Mochica-INIA', `Huerequeque-INIA' y `Garza-INIA', para la costa norte; y actualmente se encuentran en proceso de multiplicación la semilla de las líneas CIFAC 90105 y CIFAC 90106 para la costa sur (Tabla 5).

Digitized by Google

Figura 1. Método pedigrí usado en el mejoramiento de frijol para resistencia a virus y roya en la Costa del Perú.

Año	Generación	Actividades
1983	Parental	Cruzamientos
	F_1	Verificación de híbridos y cosecha masal
	F_2	Selección de plantas sin síntomas de virus, cosecha individual y masal
	F_3	Pruebas de progenie y selecciones individuales y masales de granos claros y grandes.
	F_4	Pruebas de progenie y selecciones individuales sin síntomas de virus, roya y color de grano.
	F_5	Pruebas de progenie, evaluación de virus en CIAT, cosecha de líneas resistentes.
	F_6	Prueba de progenie, selección por adaptación y reacción a roya y cosecha masal.
1987	F_7	Codificación de líneas (CIFAC, CIFEM), prueba de rendimiento y cosecha masal.
	F_8	Ensayo de rendimiento multilocales Parcelas en campo de agricultores Producción de semilla
1989		Liberación de variedad BLANCO LARAN
1991		Liberación de CANARIO 2000 y CANARIO CENTINELA-INIA

Digitized by Google

Figura 2. Método masal con pruebas de rendimiento en generaciones F_2-F_4 usado en el mejoramiento del frijol. Chincha, Perú.

Año	Generación	Actividades
1988	Parental	Cruzamientos
	F_1	Verificación de híbridos y cosecha masal
	F_2	Cosecha masal de una vaina por planta y selección de las poblaciones de mayor rendimiento
	F_3	Idem.
	F_4	Idem.
	F_5	Selección individual de plantas en las poblaciones de mayor rendimiento.
	F_6	Prueba de progenie, selección por reacción a roya y color de grano y cosecha masal de familias seleccionadas.
1990	F_7	Codificación de líneas (CIFAC, CIFEM, CIFYM), prueba de rendimiento y cosecha masal.
	F_8,F_9	Ensayo de rendimiento multilocales Parcelas en campo de agricultores Producción de semilla
1994		Liberación de variedades: BAYO MOCHICA-INIA, HUEREQUEQUE-INIA y GARZA-INIA
1997		Liberación de : CIFAC 90105 y CIFAC 90106

Digitized by Google

Tabla 4. Rendimiento promedio de las generaciones F_2 y F_3 de poblaciones de frijol con resistencia a virus y roya. Chincha-Perú 1989D.

Poblaciones	Generación		
	F_2	OM	F_3
	Kg/ha		
CIFRI 808-(246)	2300	4	1594
CIFRI 860-(231)	1986	8	1574
CIFRI 811-(M30)	2030	7	1466
CIFRI 809-(229)	1784	14	1423
CIFRI 811-(251)	2030	7	1351
CIFRI 804-(218)	2095	6	1345
CIFRI 859-(107)	2561	2	1162
CIFRI 804-(M30)	2095	6	1145
CIFRI 808-(M30)	2300	4	1053
CANARIO CORRIENTE (T)	-		580
CANARIO DIVEX 8120 (T)	1721	16	546
C.V %	14.5		37.4
DMS 0.05	477.0		667.0

Tabla 5. Rendimiento de líneas de frijol amarillo canario en parcelas de comprobación. Arequipa 1993.

Línea	Camaná Prom. 4 loc	Majes Prom. 9 loc	Promedio Kg/ha
CIFAC 90101	1481	1308	1395
CIFAC 90102	1238	1304	1271
CIFAC 90105*	2271	2120	2196
CIFAC 90106*	2670	2380	2525
CIFAC 89018	1467	1496	1482
Canario corriente (T)	2428	2198	2313

'Bayo Mochica', 'Huerequeque' y 'Garza-INIA', son tres variedades de porte semipostrado (tipo III), de 110 días de período vegetativo, de buen potencial de rendimientos y resistentes a virus y roya. Bayo Mochica y Huerequeque, provienen de la cruza II-52-F1-5-2-16M x (BAT 1373 x

Digitized by Google

Canario Corriente)F_4; en tanto que, GARZA proviene de la cruza CIFEM 690 x (VF 85 x (CR8811-CM(24)-M-11C x Canario Corriente)). El progenitor femenino CIFEM 690, es una línea hermana de la variedad Blanco Larán. Bayo Mochica y Huerequeque tienen grano ovoide y ovoide alargado de mayor tamaño que el de la variedad mas difundida en la costa norte (Bayo Florida); su color de grano es de mejor calidad comercial y no se oscurecen con el tiempo de almacenamiento. Huerequeque, tiene un mayor rango de adaptación y resistencia a roya que Bayo Mochica; tiene además, tolerancia a la mosca minadora. Se le puede sembrar a lo largo de toda la costa y en los valles abrigados interandinos del departamento de Cajamarca (Alto Jequetepeque).

Garza INIA, es similar en color y tamaño de grano (43 gr/100 semillas) que la variedad 'Blanco Chancay', la segunda mas importante en la costa norte después de Bayo Florida. Igual que las variedades de grano bayo se le puede sembrar desde marzo hasta agosto alcanzando rendimientos de 1.5 a 2.0 t/ha.

Mejoramiento para resistencia a nemátodes

Los nemátodes son fitopatógenos que atacan a diversos cultivos ocasionando grandes pérdidas económicas. Las especies más importantes son los nemátodes del nudo correspndientes al género *Meloidogyne*. Estas especies causan daños al sistema radical, debilitamiento del crecimiento y desarrollo de la planta y reducción del rendimiento, cuando ocurren infestaciones muy severas las pérdidas pueden ser del orden de 50% a 90 % (Agudelo, 1980). Los síntomas se presentan en las partes aéreas de la plantas, las cuales se vuelven cloróticas, raquíticas, presentan quemazón en los bordes de las hojas y terminan por marchitarse, principalmente durante los períodos de falta de humedad. Los síntomas en las raíces consisten en la formación de agallas y en acortamiento y engrosamiento de las raíces primarias y secundarias. Estas agallas interfieren con la capacidad de la planta para obtener humedad y nutrientes del suelo (Cardona et al. 1982). Las medidas de control cultural y químicas, en campos infestados son muy difíciles y muy costosas.

Mullin (1990), identificó a *M. incognita* como la especie más ampliamente distribuida en la costa del Perú. También identificó a *M. javanica* con muy poca frecuencia en los valles de Ica y Virú. *M. incognita* es una de las cinco especies más importantes de este género. Chitwood (1949), citado por Santoso (1973) describe que su amplio rango de hospederos incluye plantas de las familias: leguminosae, Compositae, Solanaceae, Bromeliaceae, Crucifereae, Gramineae, Chenopodiaceae, Rosaceae, Musaceae, Vitaceae, Convolvulaceae, Cayophyllaceae y Euphorbiaceae; y tiene diferentes patotipos o razas.

En evaluaciones de germoplasma introducido del CIAT se identificaron las fuentes de resistencia: Nema snap, G 2587 (PI 313709), G 3736 (Alabama 1), G 6278 (Manoa wonder), A 211 y A 445 (Cantoral, 1991). Nemasnap, es una variedad americana de habichuela resistente a *M. incognita*, su resistencia se deriva de PI 165426 (Wyatt et al., 1983) un material criollo procedente de México y cuya resistencia es superior a la de "Alabama 1", progenitor de "Manoa Wonder", la resistencia en este material afecta la reproducción de los nemátodes y los estudios de segregaciones sugieren que la resistencia se debe a genes recesivos. Los tipos de segregación observados en los cruzamientos (gran número de segregantes susceptibles, algunos de reacción intermedia y la obtención de líneas resistentes a partir de selecciones segregantes), sugieren que la susceptibilidad se debe a pocos genes con dominancia incompleta (Fassuliotis et al., 1970). Debido a la especificidad de la resistencia PI 165426, se muestras susceptible frente a una infección simultánea

Digitized by Google

de *M. incognita* y *M. javanica* (Ngundo, 1977).

Con el objetivo de desarrollar variedades locales resistentes se utilizó: Nemasnap, G 2587 y G 6278 en cruzas con las variedades comerciales: Canario Divex 8120, Bayo Chimú y las líneas mejoradas CIFEM 690 y CIFEM 691. En la generación F1, se observó enanismo de plantas que no llegaron a producir vainas en todos los cruzamientos entre las fuentes y las variedades comerciales debido a los genes complementarios de semiletatilidad, el gen DL1 encontrado en frijoles mesoamericanos y el DL2 en frijoles andinos (Singh y Gutierrez, 1984); en cambio, en los cruzamientos con las líneas mejoradas se observó una buena habilidad combinatoria expresado en una alta heterosis en F_1. La F_2 y generaciones sucesivas hasta la F_6 se condujeron en campos de agricultores con alta infestación natural. Las poblaciones fueron dispuestas en bloque completos al azar con dos repeticiones para lograr una mayor exposición al ataque de los nemátodes. A la madurez fisiológica eran extraídas las raíces de todas las plantas y se seleccionaban aquellas que no presentaban agallas o las tenían en poco grado. En las generaciones F_2 y F_3 sólo se hizo eliminación de plantas atacadas (selección negativa) (Figura 3). Las plantas seleccionadas eran secadas al medio ambiente, trilladas y su semillas sembradas masalmente en la siguiente generación. Para la selección de plantas se utilizó el índice de agallamiento con la escala de 1 a 5, propuesta por Sasser. A partir de F_4 sólo las plantas con grado 1 y 2 que tenían buen rendimiento eran avanzadas a la generación siguiente. En la generación F_6 se obtuvieron líneas que luego fueron multiplicadas y evaluadas en un ensayo de rendimiento, simultáneamente en un campo infestado estas mismas líneas fueron evaluadas empleando el índice de agallamiento y el número de masas de huevos a la madurez fisiológica como criterios para seleccionar plantas resistentes. Para evaluar las masas de huevos se utilizó el método de tinción con "Phloxine B" a la dosis de 0.15 gr/litro de agua, sumergiendo las raíces durante 15 minuto al cabo de los cuales las masas de huevos en las plantas susceptibles quedaban teñidas. La escala empleada fue de 1 a 5: 1 = 0 masas de huevos; 2= 1 a 2; 3 = 3 a 6; 4 = 7 a 10 y 5 = > 10 masas de huevos. De las 80 líneas evaluadas se obtuvieron las 20 mejores en rendimiento y resistencia (grado 1), para ser evaluadas bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones replicado en tres localidades, dos con altos niveles de nemátodes y una sin nemátodes. Los resultados indican que las líneas no difieren en rendimiento de la variedad local bajo condiciones de suelo sin nemátodes; en cambio, en suelos infestados, las cinco mejores líneas rindieron en promedio 233 % más que la variedad testigo "Blanco Larán" que perdió 72.9 % de su rendimiento (Tabla 6). Las líneas seleccionadas son de grano blanco grande (45 a 55 gr/100 semillas) y también resistentes a virus y roya. En parcelas de comprobación destacó por rendimiento la línea NEMA 89022, la cual fue liberada en 1993 con el nombre de LARAN MEJORADO-INIAA. Esta variedad es de porte arbustivo indeterminado (tipo II), de 115 días de período vegetativo. Bajo riego alcanza rendimientos de 2.0 a 2.5 t/ha de grano seco y de 6 a 7 t/ha de grano verde. Se adapta muy bien en todas las zonas productoras de la Costa y de los valles interandinos hasta los 1200 msnm, en siembras desde febrero a setiembre.

Digitized by Google

Figura 3. Método masal-pedigrí usado en el mejoramiento de frijol para resistencia al nemátode *M. incognita.*

Año	Generación	Actividades
1986	Parental	Cruzamientos
	F_1	Verificación de híbridos y cosecha masal
	F_2	Siembra en bloques repetidos, eliminación de plantas atacadas y cosecha masal
	F_3	Siembra en bloques repetidos, eliminación de plantas atacadas y cosecha masal de plantas con buen rendimiento.
	F_4	Siembra en bloques repetidos, cosecha masal de plantas sin agallas y de buen rendimiento.
	F_5	Siembra en bloque repetidos, cosecha individual
	F_6	Prueba de progenie, selección por adaptación y reacción a nemátodes * y cosecha masal de progenies seleccionadas.
1989	F_7	Codificación de líneas (NEMA), prueba de rendimiento con y sin nemátodes, confirmación de reacción * y cosecha masal.
		Ensayos de rendimiento multilocal, Parcelas de comprobación, Producción de semilla.
1993	F_8,F_9	Liberación de variedad LARAN MEJORADO-INIAA

* Evaluación de masas de huevos con inmersión de raíces en "Phloxine B".

Digitized by Google

Tabla 6. Rendimiento de los 5 mejores genotipos de frijol bajo condiciones de campo con y sin nemátodes en tres localidades de la Costa central. Chincha-Perú, 1989 D.

Genotipo	S/nemátodes	C/nemátodes
	Chincha	Cañete
	Kg/ha	
NEMA 89004	1566	1609
NEMA 89014	1650	1631
NEMA 89022 *	1658	1908
NEMA 89061	1544	1902
NEMA 89069	2015	1621
Promedio 5 líneas	1687	1734
BLANCO LARAN (T)	1920	520
CANARIO DIVEX 8120 (T)	864	252
Reducción por nemátodes (%)		72.9
Promedio 20 líneas	1518	1273
C.V %	28	33
DMS 0.05	719	495

* Variedad `Larán Mejorado-INIAA'.

Mejoramiento para resistencia a pudriciones radicales

El complejo de pudriciones radicales, ocasionado por diversos hongos patógenos presente en el suelo, es otro de los problemas importantes de la producción de frijol en la costa del Perú. En un estudio realizado en 440 muestras de plantas atacadas de distintos lugares de la costa central (valles de Ica, Chincha, Cañete, Mala, Huaral, Chancay, Huacho y Huaura), se determinó que *Rhizoctonia solani* es el patógeno de mayor frecuencia y distribución (56.7%), seguido por *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina*, y *Sclerotium rolfsii* con 27.1%, 8.2% y 7.3 % respectivamente (Chumbiauca, L y Munive, J. 1993).

Con el objetivo de desarrollar líneas resistentes a *Rhizoctonia y Fusarium solani*, se inició en 1986 un programa de cruzas utilizando las líneas: BAT 1576, NAG 39, BAT 1297, H 376-F_5 y A 211, en cruzas con líneas de grano amarillo, blanco y bayo, de alto rendimiento y resistentes a virus y roya; de este modo se buscaba adicionar la resistencia al complejo radical y ampliar la base genética de la resistencia a virus y roya de las líneas avanzadas. Las poblaciones híbridas fueron conducida en suelos con infestación natural, empleando el método masal de una vaina por planta con pruebas de rendimiento en generaciones F_2 a F_4. En cada generación fueron eliminadas las poblaciones que no superaron en rendimiento a la variedad testigo y aquellas que no mostraron buena

Digitized by Google

recombinación con el color de grano. Selecciones individuales fueron realizadas en F_5 y pruebas de progenie en F_6 donde se obtuvieron 40 líneas seleccionadas en las 10 poblaciones de mayor rendimiento. En 1991, se evaluó el potencial de rendimiento de estas líneas bajo un diseño de látice, con 3 repeticiones en parcelas de 4 surcos de 5 m; simultáneamente, en un campo altamente infestado, fueron evaluadas estas mismas líneas por su reacción al CPR en las etapas de floración (R6) y madurez fisiológica (R9). Los resultados indican que las líneas CIFEM 91407 , CIFEP 91406 y CIFEP 91407 (de grano blanco) y CIFAC 91408 (amarillo grande), son resistentes al CPR bajo condiciones de campo.

Mejoramiento por tolerancia a calor

Las variedades de frijol de mayor producción y consumo son las de grano amarillo de tamaño grande , cultivadas en las estaciones de menor temperatura y luminosidad (otoño-invierno). En siembra de setiembre a diciembre, estas variedades reducen su rendimiento, tamaño de grano en más de 30 % y calidad comercial por la decoloración del grano. Selecciones individuales efectuadas en 1988 en germoplasma mejorado y cuyos granos no decoloran en siembras de primavera, fueron evaluadas por rendimiento. Después de 2 etapas de evaluación, la línea CIFAC 88011, tuvo el mejor comportamiento con un rendimiento superior en 100 % al testigo local. Con la finalidad de aumentar el tamaño de grano (38 gr/100 semillas) de esta línea se inició un nuevo ciclo de hibridaciones y selección con líneas de grano grande. Las poblaciones híbridas fueron avanzadas por el método "masal" con prueba de rendimientos de generaciones tempranas. En 1992 se codificaron 18 líneas avanzadas para ser evaluadas en ensayos de rendimiento. Entre octubre de 1993 y febrero de 1994, se evaluaron en parcelas semicomerciales las 8 mejores líneas junto a dos testigos. Los resultados muestran que la línea CANVER 92018, misma que obtuvo el primer lugar en siembras de otoño-invierno, fue la mas sobresaliente en rendimiento; sin embargo, las líneas que mantuvieron mejor color y tamaño de grano fueron las líneas CANVER 92004 y CANVER 92001 que ocupan el tercer y octavo lugar respectivamente (Tabla 7) (Valladolid, 1994).

Mejoramiento para tolerancia a la sequía

En la costa central se cultiva el frijol con tres riegos de crecimiento adicionales al riego de remojo; y en la costa norte y sur, con suelos más retentivos, se utiliza sólo la humedad remanente del cultivo de arroz para una siembra de frijol. Bajo estos dos sistemas los rendimientos son afectados por la inoportunidad e insuficiencia de agua en el primer caso; y por la insuficiencia de humedad en el sistema de rotación. En ambas situaciones, variedades con capacidad para hacer un uso mas eficiente del agua tendrían mejor comportamiento que las variedades locales. Con el objeto de recombinar tolerancia a la sequía con caracteres agronómicos de las variedades comerciales, en 1985 se realizaron cruzamientos utilizando San Cristóbal 83, A 59, G 4495 y G4525 con variedades locales y líneas avanzadas. Las poblaciones híbridas se manejaron bajo estrés de sequía (un solo riego en prefloración), seleccionando masalmente las plantas más sobresalientes de cada generación. En F_5 se obtuvieron líneas que fueron incrementadas y evaluadas por rendimiento bajo condiciones de estrés (un sólo riego en R5) y sin estrés (tres riegos). Las mejores líneas se obtuvieron de la cruza: Blanco local x San Cristóbal 83. Estas líneas, de grano blanco pequeño y mediano (22-30 gr/100 semillas), alcanzan altos rendimientos bajo condiciones de sequía y no reducen

Digitized by Google

significativamente su tamaño de grano, son además, resistentes al virus del mosaico común y a la roya (Tabla 8).

Tabla 7. Rendimiento de líneas de frijol amarillo para verano en parcelas de comprobación. Chincha, 1993-1994.

Líneas	Reacción		Rendimiento Kg/ha Prom 3 loc
	BCMV	Roya	
CANVER 92018	R	3.2	2011
CANVER 92003	R	1.2	1918
CANVER 92004	R	2.0	1897
CANVER 92017	R	4.2	1839
CIFAC 88011 (TM)	R	1.0	1823
CANVER 92015	R	4.0	1790
CAN. CENTINELA (T)	R	1.0	1556
CANVER 92001	R	1.0	1529
CANVER 92014	R	4.6	1521
CANVER 92002	R	1.8	1482

BCMV : R = II; Roya: 1 = resistente; 9 = muy susceptible

Tabla 8. Rendimiento de líneas de frijol blanco tolerantes a la sequía. Chincha, 1989 D.

Línea	Riego 3 riegos	Sequía 1 riego en R5	Dif kg	Dif %
CIFEP 89005	2414	2446	-32	0
CIFEP 89008	2184	1770	414	19
CIFEP 89009	2012	1583	428	21
CIFEP 89015	1925	1474	451	23
CIFEP 89004	1977	1422	555	28
Panamito Mejorado (TL)	2052	1153	899	44
Prom. 25 líneas	2212	1425		
C.V. %	25	31		
DMS (0.05)	703	729		

Digitized by Google

Tabla 9. Origen de las variedades de frijol desarrolladas por hibridación que se cultivan en la costa del Perú.

Variedad	Línea	Genealogía	Año
Blanco Larán	CIFEM 691	[Muy Finca x II 247-F1-2-1-15)F_4 x VF 19	1989
Larán Mejorado-INIAA	NEMA 89022	NEMA SNAP x CIFEM 690	1993
Garza - INIA	CIFEM 90104	[VF 85 x ((G11891 x IVT 80337) x Can Corriente)-23-2/F_4]	1994
Bayo Mochica-INIA	CIFYM 90101	[Cocacho x Red Kidney x (BAT 1373 x Can Corriente)-29-	1994
Huerequeque-INIA	CIFYM 90104	1/F_4]	1994
		[Cocacho x Red Kidney x (BAT 1373 x Can Corriente)-28-	
Canario 2000-INIAA	CIFAC 87005	1/F_4]	1991
Canario Centinela	CIFAC 87133		1991
		[(G 13094 x IVT 80337) x Canario Divex 8130]	
	CIFAC 90105	(CC 7816 x Canario Divex 8130)	1997
	CIFAC 90106		1997
		[Can Corriente x (CAN 20 x Can. Corriente)-51-4/F_4]	
		[Can Corriente x (CAN 20 x Can. Corriente)-51-4/F_4]	

II 52-F1-5-2-16M = Cocacho x Red Kidney; II 247-F1-2-1-15 = Canario Corriente x Royal Red, VF 19 = Tumi Blanco = Blanco local x Caraota LM 58 y Muy Finca = California Small White 59

Mejoramiento por Introducción

Con la finalidad de aprovechar las ventajas comparativas que ofrece la costa para producir frijoles de exportación; el mejoramiento actual mediante el método de introducción está orientado a la selección de variedades de granos blanco de tipos fabada, alubia y great northern, pintos, rojos kidney y cariocas. Recientes trabajos de selección han permitido identificar a: AND 262, G 4450, KID 53 y ZAA 54 de grano rojo kidney; Alubia cerrillos , WAF 78 y Cristal Blanco Fénix, de grano blanco; RAZ 13, RAZ 5-1 y CO 33142 de grano pinto; y, Carioca de grano crema rayado, como los materiales mas promisorios.

SITUACION ACTUAL DE LA PRODUCCION Y DEL MEJORAMIENTO

Como resultado de lo que podríamos llamar una segunda etapa del mejoramiento del frijol en el Perú (1983-1995), se dispone de variedades resistentes a las principales enfermedades, precoces y de mayor adaptación que sus similares mejoradas o criollas, con las cuales se puede lograr rendimientos superiores y mas estables. La resistencia genética es uno de los aspectos mas relevantes por su incidencia en la reducción de los costos de producción y de la contaminación ambiental. El rendimiento promedio del frijol en la Costa, se ha incrementado de 900 a 1200 kg/ha y el costo de producción se ha reducido en aproximadamente 30 % por el menor uso de pesticidas y de mano de obra.

Por reestructuración del INIA y falta de recursos económicos se ha discontinuado el mejoramiento de variedades de consumo local existiendo el riego de perderse, irremediablemente

Digitized by Google

la identidad genética y todo el germoplasma mejorado existente. Con esfuerzos privados y recursos muy limitados el mejoramiento actual se ha orientado a la selección de variedades para exportación.

PERSPECTIVAS

No obstante la tendencia actual de producir para el mercado externo, los frijoles tradicionales de grano amarillo, blanco y bayo, seguirán por mucho tiempo teniendo las preferencias de los consumidores locales; por lo tanto, las variedades mejoradas serán las mejores alternativas de producción de estos tipos de frijol; en consecuencia, la producción de semilla y la transferencia tecnológica son actividades que requerirán de mayores atención para lograr mejores niveles de productividad y rentabilidad.

La desactivación del Programa de Investigación en el INIA y la escasez de recursos económicos, harán difícil mantener la identidad genética de las variedades, ampliar la base genética de la resistencia y generar nuevas variedades.

La selección de variedades de buen rendimiento requeridas por el mercado externo y la apertura de mercados externos para los frijoles blancos y amarillos canarios de consumo local junto a las ventajas que ofrece la costa permitirán incrementar significativamente la producción y rentabilidad del frijol. En la costa, se puede lograr altos niveles de productividad en cualquier época del año sin incidencia de enfermedades graves como bacteriosis, antracnosis y virosis que afectan el cultivo en países como Argentina y Chile; sin embargo, la producción de semilla, prácticas agronómicas adecuadas y un mayor nivel de mecanización son aspectos que deberán recibir una mayor atención.

Finalmente, dada la escasez de recursos económicos y la falta de un programa de investigación estatal, la unión de esfuerzos públicos y privados con objetivos bien definidos, de corto y mediano plazo, serán cada vez mas relevante y necesario si se quiere desarrollar la producción del frijol y de las menestras en general.

REFERENCIAS

Agudelo, F.V, de. 1980. Nemátodes. *In* Schwartz, H y G. Gálvez (ed). Problemas de producción del Frijol: Enfermedades, Insectos, Limitaciones Edáficas y Climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT, Cali, Colombia. 423 pp.

Cardona, C., C.A. Flor, F.J. Morales, y M.A. Pastor Corrales. 1982. Problemas de campo en los cultivos de frijol en America Latina. Serie CIAT No 07SB-1. 2a. ed. Cali, Colombia. 184 pp.

Chumbiauca, L, y J. Munive. 1993. Identificación de los principales patógenos asociados al complejo radicular del frijol(*Phaseolus vulgaris* L.) en la Costa central. Resúmenes de RELEZA III. Chiclayo-Perú.

Debouck, D.G., y J. Thome. 1988. Recolección de Germoplasma de *Phaseolus* en el centro sur del Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 23 pp.

Dongo, D.S. 1971. Control Químico de la roya (*Uromyces phaseoli-typica*) del frijol. Invest. Agrop. (Lima) 2:23-27.

Fassuliotis, G., J. R. Deakin, and J.C. Hoffman. 1970. Root-knot nematode resistance in snap-beans: breeding and nature of resistance. J. Am. Soc. Hort. Sci. 95:640-644.

Galvez, G.E. 1980. Virus Transmitidos por Afidos. *In* Schwartz, H y G. Gálvez (ed). 1980. Problemas de producción del Frijol: Enfermedades, Insectos, Limitaciones Edáficas y

Digitized by Google

Climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT, Cali, Colombia. 423pp.

Guerra, E., y S.L. Dongo. 1973. Determinación de razas fisiológicas del hongo *Uromyces phaseoli* var t*ypica* Arth en el Perú. Invest. Agropec. (Lima) 3(2):92-94.

INIPA (Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria). 1983. Programa Nacional de Leguminosas - Documento Base. Lima, Perú. 43 pp.

Molestina E,C. 1966. La Reforma Agraria y el agua de regadío en la costa del Perú. Fit. Lat. 3(1):17-31.

Morales, F. 1986. Virus diseases of beans in tropics. Rev. Trop. Pl.Path. 3:405-419.

Montalvo, Rufino. 1986. Frijoles Canarios Arbustivos Tolerantes a Roya (*Uromyces phaseoli*). Selecciones INIPA. Serie Informe Especial No.01 Marzo, Lima-Perú.

Mullin, B.A. 1990. Ecology and host-parasite relationships of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) infecting dry edible beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Colombia and Peru. Ph. D. Thesis. Ithaca, NY. Cornell University. 143 pp.

Ngundo, B.W. 1977. Screening of bean cultivars for resistance to *Meloidogyne* spp. in Kenya. Plant Dis. Rep 61(11):991-993.

Santoso, I. 1973. The effect of various factors on the expression of genetic resistance to Root-Knot nematode (*Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood) in snap-bean (*Phaseolus vulgaris* L), Tomato (Lycopersicon Esculentum Mill), soybean (*Glycine max* Merr.), and Lima Bean (*Phaseolus vulgaris* L). Ph. D. Thesis. University of Hawaii. 110 pp.

Singh, S.P. 1991b. Breeding for seed yield. p. 383-443. *In* Schoonhoven, A. van,a nd O. Voysest (eds.). Common beans: Research for crop improvement. Wallingford, UK, C.A.B. International; CIAT, Cali, Colombia.

Singh, S.P, P. Gepts, and D.G. Debouck. 1991a. Races of common beans *Phaseolus vulgaris* Fabaceae). Economic Botany 45(3):379-396.

Singh, S.P, and J.A. Gutierrez. 1984. Geographical distribution of Dl 1 y Dl2 genes causing hybrid dwafism in *Phaseolus vulgaris* L. their association with seed size, and their significance to breeding. Euphytica 33:337-345.

Singh, S.P, R. Lépiz, J.A. Gutiérrez, C. Urrea, A. Molina, and H. Terán. 1990. Yield testing of early generation populations of common bean. Crop Science 30:874-878.

Temple, S.R. 1983. Linkage of dominant hypersensitive resistance to BCMV to seed color in *Phaseolus vulgaris* L. Bean Improv. Coop. Ann. Rept. 26.

Valladolid, A. 1989. Desarrollo, evaluación y uso del germoplasma de frijol común en el Perú. p. 285-298. *In* CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Progresos en la Investigacón y producción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). (Advances in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) research and production). Calí, Colombia.

Valladolid, A. 1994. Contribución de la Investigación en Leguminosas de Grano en los últimos diez años. Lima, Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Informe Técnico N° 19-94. 45 pp.

Voysest, O. 1983a. Variedades de frijol en América Latina y su orígen. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Calí, Colombia 87 pp.

Voysest, O. 1983b. Resúmen de la Investigación de Frijol en el Perú: 1957 - 1975. Reunión de trabajo sobre Investigación, Producción y Transmisión de Tecnologías de Frijol en el Perú. 19 - 21 de setiembre Chiclayo, Perú. 27 pp.

Wyatt, J.E., G. Fassuliotis, J.C. Hoffman, and J.R. Deakin. 1983. NemaSnap snap bean. Hort Science 18(5):776.

Digitized by Google

99

Mejoramiento de Fréjol Voluble en la Zona Andina: Problemas, Logros y Perspectivas

L. Minchala, E. Peralta, A. Murillo, J. Pinzón y R. Lépiz
INIAP-PROFRIZA, Cuenca, Ecuador

RESUMEN

Con las excepciones de Bolivia y Venezuela, más del 60% de la superficie dedicada al fréjol, se localiza en el área serrana. El cultivo se realiza bajo condiciones de secano, generalmente en terrenos de ladera en asociación con maíz (Lépiz, 1994). En el Perú, el 37% del área cultivada con fréjol esta en la sierra y en Ecuador el 84%. La mayor superficie de fréjol voluble en la Zona Andina está situada de 2000 a 2800 msnm (Broers, 1994; INIAP, 1994 y 1995; Tobón, 1992). El promedio de rendimiento de los dos países no sobrepasa los 300 kg/ha, por problemas que son comunes en la Zona Andina como: falta de uso y disponibilidad de semilla de buena calidad, variedades locales tardías, agresivas y susceptibles a enfermedades (Broers, 1994; Peralta et al., 1994; Tobón, 1992). Por lo anterior los programas nacionales de leguminosas de Ecuador, Perú y Bolivia, con el apoyo técnico y científico de CIAT - PROFRIZA, entre los años 1989 a 1996, han evaluado germoplasma uacional e introducido. El propósito fue identificar líneas y variedades que vinieran a resolver o a mitigar algunos de los problemas de producción relacionados con las variedades tradicionales (INIAP 1991, 1992, 1993, 1994, 1995; Lépiz, 1994, 1996). Durante este período se liberaron cinco nuevas variedades mejoradas de fréjoles volubles, tres en el Perú, Kori Inti, INIAA Cajabamba e INIAA Puebla. En Ecuador se entregó a los productores las variedades INIAP 412 Toa e INIAP 416 Canario (Lépiz, 1996). Además de las variedades, se identificaron líneas con buena adaptación en la Zona Andina, las misma que pueden usarse como padres en futuros cruzamientos para el mejoramiento de fréjoles volubles en la Zona Andina (Lépiz, 1991-1992, 1993, 1994, 1995).

De las 12 leguminosas de grano que se cultivan en la Zona Andina, el fréjol común *(Phaseolus vulgaris* L.) es la especie más importante, representado más del 50% de la superficie total dedicada a este tipo de leguminosas. Con las excepciones de Bolivia y Venezuela, más de 60% de la superficie dedicada al fréjol, se localiza en el área serrana. El cultivo se realiza bajo condiciones de secano, generalmente en terrenos de ladera en asociación con maíz, en suelo de mediana a baja fertilidad y con problemas de manejo agronómico. Los cultivadores en su gran mayoría son agricultores pequeños, mas orientados a la producción para el autoconsumo, sin descartar la existencia de áreas donde los agricultores producen para el mercado (Lépiz, 1994).

En Perú, estadísticas de 12 años (1980-1991), indican un área promedio de 57,900 ha sembradas con el cultivo de fréjol. De acuerdo a esta información, del área total sembrada con fréjol, el 32% está ubicada en la costa, el 37% en la sierra y el 31% en la selva; el rendimiento promedio de la sierra es de 678 kg/ha, y en la sierra norte es de 200 kg/ha (Broers, 1994; Tobón 1992).

En el Ecuador, durante 1995, se sembraron alrededor de 76,270 ha de fréjol, de las cuales 37,820 corresponden a fréjol voluble asociado con maíz, cuya distribución es como sigue: 84% en la sierra, 14% en la costa y el 2% en el oriente; y el rendimiento no sobrepasa los 300 krlha (INEC, 1995; Peralta et al., 1994).

La mayor superficie de fréjol voluble de la sierra andina de Ecuador y Perú, está situada de 2,000-2,800 m. Las siembras se efectúan de septiembre a noviembre y prefieren las variedades de colores claros, como amarillo (canario), blanco (caballero), rojo, cargamantos, bayos, mixturados, mayormente (Tobón, 1992).

Digitized by Google

Los problemas de producción del fréjol voluble son similares en la Zona Andina, como: falta de uso y disponibilidad de semilla de buena calidad, variedades locales tardías, agresivas, de adaptación restringida y susceptibles, a enfermedades (antracnosis, roya, ascochyta, virus del mosaico común, pudriciones radicales), el uso de fertilizantes o abono orgánico en el sistema es limitado y en general no se combaten plagas ni enfermedades (Broers, 1994; Minchala et al., 1995; Tobón, 1992).

De acuerdo con los datos de consumo per cápita de fréjol en los países de la Zona Andina, es como sigue: Bolivia, 5.7 kg; Perú, 3.6 kg; Ecuador, 5.8 kg; Colombia, 6.0 kg; y Venezuela, 5.0 kg. Comparando estas cifras de consumo con las que registran los países centroamericanos, México o Brasil, de alrededor de 15 kg/persona/año, el consumo es realmente bajo, dando como resultado una dieta muy pobre en proteínas especialmente en la población serrana. (Lépiz, 1994).

Anteponiendo la importancia agrosocioeconómica de este rubro en los sistemas de producción de la Zona Andina, los programas nacionales de leguminosas de los países de Bolivia, Perú y Ecuador, con el apoyo técnico científico de CIAT-PROFRIZA, desde el año de 1989, se han planteado los siguientes objetivos:

1. Identificar y seleccionar genotipos locales o introducidos, resistentes o tolerantes a las principales plagas patogénicas de alto rendimiento y de grano comercial.
2. Identificar y seleccionar líneas precoces menos agresivas e identificar la mejor combinación maíz-fréjol para que el sistema sea mas eficiente.
3. Generar germoplasma vía hibridación en forma local para una mejor adaptación, resistencia a las principales enfermedades, con alto rendimiento y de grano comercial.

MATERIALES Y METODOS

El mejoramiento de fréjol voluble para la sierra andina, apoyado por el Proyecto de fréjol del CIAT para la Zona Andina, PROFRIZA, en el período 1989-1995, se llevó a cabo principalmente en Ecuador y Perú. En la sierra del Perú, el programa de leguminosas cuenta con dos centros de evaluación y distribución de germoplasma de fréjol localizados en Cajamarca (sierra norte) y Cusco (sierra sur); igualmente Ecuador dispone de la E.E. Chuquipata en la sierra sur y de la E.E. Sta. Catalina en la sierra norte (Broers, 1994; INIAP, 1994, 1995; INIAP, 1992, 1993, 1994, 1995).

La Coordinación PROFRIZA, atendiendo a la recomendación hecha en el taller de antracnosis de mayo de 1990, en la ciudad de Pasto, Colombia, a partir de la campaña 1990/91/92, organizó viveros a nivel de la Zona Andina, como el VIAZA (Vivero de adaptación de la Zona Andina) con el propósito de proporcionar germoplasma de fréjol voluble preseleccionado en la región, a los programas nacionales de la Zona Andina y de identificar líneas con adaptación general y/o específicas a los sitios de evaluación. El vivero de adaptación y rendimiento de la Zona Andina (VIARZA), estuvo integrado con menor número de líneas pero con material más avanzado/adaptado en la sierra andina. El vivero para antracnosis de fréjol voluble (VIFAZA) para la Zona Andina, se evaluó dentro de la estrategia de control integrado de enfermedades, principalmente antracnosis, puesto que el componente principal es el desarrollo y utilización de variedades resistentes. El vivero en la mayoría de los casos se evaluó bajo infección natural y en pocos con inoculación artificial (Lépiz, 1994).

Digitized by Google

El vivero de adaptación Ecosistemas (VAEZA), lo organizó CIAT en 1991/92 con el fin de evaluar la adaptación de un grupo de líneas a los diferentes sitios de evaluación (ecosistemas) y determinar la similitud de respuesta del germoplasma, el vivero constó de 65 entradas (Lépiz, 1991-1992, 1993, 1994, 1995).

En el área de influencia de la E.E. Chuquipata uno de los problemas principales es el mosaico común, por lo que a través de la coordinación PROFRIZA se pudo evaluar un vivero de CIAT con resistencia al virus, y para dar mayor seguridad a la evaluación se procedió a mantener baja la población de empoasca para evitar enmascaramiento de síntomas. A más de evaluar el vivero para resistencia al virus, se seleccionaron por resistencia a roya, oidio y rendimiento (INIAP, 1994, 1995; Minchala et al., 1995).

Las Líneas seleccionadas fueron evaluadas en un ensayo de adaptación y rendimiento en más de un localidad, con repeticiones. Las líneas élite fueron evaluadas en forma participativa en campos de agricultores (parcelas de confirmación), bajo el manejo del agricultor. La identificación y selección de los mejores genotipos se realizó en base a los siguientes criterios: adaptación a la zona, grado de asociación maíz-fréjol, agresividad, resistencia a las principales enfermedades, rendimiento, color, forma, y tamaño comercial de grano.

RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación se han logrado a través de la investigación compartida de los programas nacionales y CIAT y a la evaluación participativa con agricultores. Se identificó, seleccionó y liberó las siguientes variedades:

Kori Inti

Características Agronómicas. Variedad de fréjol voluble de granos amarillos grande, resistente a roya, antracnosis y añublo de halo. Es precoz y en asociación con maíz desarrolla en los dos tercios inferiores de la gramínea, característica que evita el volcamiento del sistema y permite el buen rendimiento del maíz. Tiene adaptación en los valles y laderas de la sierra sur, con alturas no mayores a los 3,100 m (Lépiz, 1996).

Orígen. Kori inti corresponde a la línea ZAV 83099 proveniente de la cruza doble (G 11819 / G 2545 //Liborino Voluble / Poroto Parado) realizada en el CIAT. Fue introducida a Cusco en 1985 e evaluada por el programa de leguminosas Andenes de Cusco del INIA; se registró como variedad mejorada en septiembre de 1989 (Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado tipo IVA
Número de días a la floración:	80
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color del grano:	Amarillo dorado
Forma del grano:	Arriñonado

Digitized by Google

Peso de 100 gramos:	65 gramos
Número de granos por vaina:	4
Días a madurez:	170

INIAA Cajabamba

Características Agronómicas. La variedad INIAA Cajabamba es de hábito trepador o voluble, de granos blancos pequeños del tipo conocido como panamito. Tiene resistencia a roya y antracnosis, es precoz y en asociación con maíz desarrolla en los dos tercios inferiores del sistema, característica que permite un buen rendimiento de la gramínea. Su área de adaptación incluye las regiones importantes del departamento de Cajamarca donde se siembra fréjol asociado con maíz, entre los 1,200 y 2,800 msnm. Su rendimiento promedio en los ensayos de prueba fue de 700 kg/ha en asociación con maíz y de 1,200 en unicultivo (Lépiz, 1996).

Orígen. Fue desarrollada por hibridación y selección en el Campo Experimental Pampa Grande de Cajabamba, perteneciente a la Estación Experimental Baños del Inca del INIA, a partir de la cruza simple entre las variedades Poroto Local / Panamito Arbustivo. La línea es origen de INIA Cajabamba, se derivó de la población segregante respectiva en la generación F_5; se evaluó en ensayos de rendimiento y en parcelas de confirmación en varios sitios y años y se registró como nueva variedad en el primer semestre de 1990 (Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado IVA
Número de días a la floración:	62
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color del grano:	Blanco
Forma del grano:	Ovoide
Peso de 100 gramos:	17 gramos
Número de granos por vaina:	6
Días a madurez:	125

INIAA Puebla

Características Agronómicas. Esta variedad es de hábito trepador o voluble, de granos medianos color amarillo claro, resistente al ataque de antracnosis, enfermedad más importante de la región. Muestra muy buena adaptación en las regiones productoras de fréjol asociado en el departamento de Cajamarca; por su precocidad, buen rendimiento y tipo de grano, ha tenido mucha aceptación para la cosecha en vaina verde y consumo como grano tierno. En asociación con maíz, mostró un rendimiento promedio experimental de 740 kg/ha (Lépiz, 1996).

Orígen. INIAA Puebla es una variedad de origen mexicano introducida por el programa de leguminosas de la Estación Experimental Baños del Inca del INIA, a través del CIAT en 1978 con

Digitized by Google

el código de Puebla 444. Las primeras evaluaciones se hicieron en Campo Experimental Pampa Grande de Cajabamba; su evaluación en campos de agricultores se inició a partir de 1984 y se liberó como nueva variedad en el primer semestre de l 990 (Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado IVA
Número de días a la floración:	65
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color del grano:	Amarillo claro
Forma del grano:	Semiovalada plana
Peso de 100 gramos:	44 gramos
Número de granos por vaina:	6
Días a cosecha:	135

INIAP 416 Canario

Características Agronómicas. INIAP 416 Canario es una variedad de fréjol voluble de granos grandes y amarillos, del tipo conocido en la sierra ecuatoriana como Canario. Tiene resistencia intermedia baja a roya, antracnosis y añublo de halo y es susceptible a mosaico común, enfermedad virosa que se presenta con intensidad en Azuay y Cañar. Su principal característica reside en su grano, tipo canario, de mayor demanda y precio para consumo en seco en la sierra. No obstante que muestra su mejor adaptación en el norte del país, también se puede sembrar en las provincias del sur. Su rendimiento promedio en 26 localidades en asociación con maíz, fue de 632 kg/ha (Lépiz, 1996; INIAP, 1992, 1993, 1994, 1995).

Orígen. La variedad INIAP 416 Canario es de origen peruano, del área de Cajamarca. Fue introducida a Ecuador por el Programa de Leguminosas a través del CIAT en 1983 con la identificación G 11780F. En Ecuador se le registró en el Departamento Nacional de Recursos Genéticos como ECU 8379. Se evaluó en ensayos de rendimiento a lo largo de la sierra ecuatoriana y se registró como variedad mejorada en junio de 1994 (Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado IVA
Número de días a la floración:	85-95
Color de la flor:	Rosada
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color del grano:	Amarillo
Forma del grano:	Redonda
Peso de 100 gramos:	63-65 gramos
Número de granos por vaina:	7
Días a cosecha:	165-175

Digitized by Google

INIAP 412 Toa

Características Agronómicas. INIAP 412 Toa es una variedad de fréjol común de tipo voluble o trepador de granos rojos moteados, es resistente a antracnosis, a pudriciones de raíz y con resistencia intermedia a roya. En lugares templado-fríos y lluviosos es susceptible al ataque de añublo de halo. Se distingue por su amplia adaptación y precocidad, por su eficiente asociación con maíces de porte intermedio, por su alto rendimiento y madurez uniforme. Su tipo de grano y vaina, tiene demanda para cosecha en verde o como grano seco. En los ensayos en asociación con maíz mostró un rendimiento medio de 744 kg/ha; en el sistema de espaldera o tutorado, ha llegado a producir 4,600 kg/ha (INIAP, 1992, 1993, 1994, 1995; Lépiz, 1996).

Orígen. Proviene de la línea TIB 3042 desarrollada por el Instituto Colombiano Agropecuario a partir de la cruza doble (L 138 / Cargamanto // Segregante mortiño / Diacol Calima). Se introdujo por primera vez a Ecuador en 1983; por su buen comportamiento en el Departamento de Nariño, Colombia, vecino de Ecuador, se volvió a introducir en 1989 por el Proyecto PROFRIZA, se evaluó por el Programa Nacional de Leguminosas del INIAP en un vivero nacional y fue liberada como variedad mejorada en junio de 1993 (Lépiz 96; INIAP 1992, 1993, 1994, 1995).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado IVA
Número de días a la floración:	80-95
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Rosada
Color del grano:	Rojo moteado
Forma del grano:	Redondo
Peso de 100 gramos:	50-55 gramos
Número de granos por vaina:	6 a7
Días a cosecha:	160-170

Además de las variedades, se identificaron líneas con buena adaptación en la Zona Andina, como resultado de la evaluación de los viveros uniformes distribuidos en los países. Del VIAZA, las líneas AND 478, AND 845, LIB 6, OBN 104, y LAS 298, son las más sobresalientes; del VIARZA, nuevamente LAS 298 es el mejor al igual que LAS 295 y CAFEL 17. Las mejores líneas del vivero de resistencia a antracnosis evaluados en la Zona Andina son ASC 39, CAFEL 29, CAFEL 47, y CAR 1, entre las más destacadas. En el vivero de Ecosistemas instalados en 6 sitios de la Zona Andina hubo líneas con adaptación local y otras que mostraron buena adaptación en varios sitios. Por adaptación general destacaron las siguientes líneas: LAS 441, AND 958, LAS 399, CAB 28, LAS 449, OBN 104, y AND 951. En la sierra sur de Ecuador por resistencia a mosaico común se destacaron las líneas AND 951, AND 845, MCR 2003, y ASC 39 (Lépiz, 1991-1992, 1993, 1994, 1995; INIAP 1992, 1993, 1994, 1995; INIAP 1994, 1995)

Digitized by Google

DISCUSION

El mejoramiento de fréjol voluble presenta ciertas limitantes, debido a las siguientes causas: Las áreas de producción de fréjol están en su mayor parte en el sistema asociado con maíz y las condiciones climáticas son muy adversas (frecuentes sequías, granizadas, vientos). Además las variedades criollas que son preferidas por los agricultores y en el mercado son de grano grande, tipo bolón, muy agresivos, susceptibles a las enfermedades y sobre todo de adaptación restringida. La identificación y selección de los mejores genotipos en el sistema asociado con maíz se complica, debido a que el fréjol es sensible a la competencia con el maíz (entre 2 a 8% para la gramínea y de 30 a 75% para la leguminosa) (Tobón, 1992).

Por otro lado el ciclo de cultivo es demasiado largo (7 a 8 meses), únicamente se puede realizar una campaña por año, y en muchos lugares de la Zona Andina el maíz recibe mayor atención de parte del agricultor.

Debido a estas limitantes los programas nacionales, se han propuesto mejorar los genotipos locales (cruzamientos locales), para de esta manera generar germoplasma con mayor potencial de adaptación.

Posteriormente, el manejo de poblaciones segregantes, la identificación y selección de los mejores genotipos se realizará en el sistema asociado maíz-fréjol poniendo énfasis en la mejor combinación de la resistencia a las principales enfermedades, y color, tamaño y forma de grano comercial.

REFERENCIAS

BROERS, L. 1994. Resistencia duradera en cultivos alto andinos. Memorias del Primer Taller sobre resistencia duradera en cultivos alto andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Quito, Ecuador. 111 pp.

INEC. 1995. Estadísticas de producción agropecuaria. Quito, Ecuador.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1994, 1995. Informes Anuales, Programa de Leguminosas. Estación Experimental Chuquipata. INIAP Azuay, Ecuador.

INIAP. 1992, 1993, 1994, 1995. Informes Anuales, Programa de Leguminosas. EESC. INIAP. Quito, Ecuador.

Lépiz, R. 1991-1992, 1193, 1994, 1995. Informes Técnicos. Proyecto de Frijol del ICAT para la Zona Andina, PROFRIZA. Quito, Ecuador.

Lépiz, R. 1994. Informe Segunda Fase 1991-1993. Proyecto de Frijol del CIAT para la Zona Andina, PROFRIZA. Quito, Ecuador. 71 pp.

Lépiz, R. 1996. Variedades de fréjol liberadas por los programas nacionales de Bolivia, Perú y Ecuador. Período 1988-1995. PROFRIZA. Quito, Ecuador. 52 pp.

Minchala, L., M. Villacís, y R. Lépiz. 1995. Desarrollo de germoplasma de fréjol voluble con resistencia al virus del mosaico común en Azuay y Cañar. p. 58-59. *En* Reunión de leguminosas de la Zona Andina RELEZA V. INIAP, Ibarra, Ecuador.

Peralta, E., J. Vásquez, R. Lépiz, y J. Pinzón. 1994. Producción de semilla de fréjol voluble o trepador. Publicación Miscelánea No. 63. INIAP. Quito, Ecuador. 32 pp.

Digitized by Google

Peralta, E., J. Vásquez, E. Mora, A. Murillo, J. Pinzón y R. Lépiz. 1994. INIAP 416 Canario, variedaad mejorada de fréjol voluble. Plegable No. 141. Programa de leguminosas, E.E. Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, E., J. Vásquez, R. Mora, J. Pinzón, y R. Lépiz. 1993. INAP 412 Toa. Variedad de fréjol voluble o trepador de ciclo intermedio. Programa de leguminosas, E.E. Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

Tobón, J. 1992. Curso internacional sobre cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de laderas de la Zona Andina. ICA, CORPOICA, PROFRIZA. Rionegro, Colombia. 94 pp.

Digitized by Google

Logros, Problemas y Perspectivas para el Mejoramiento del Fréjol Arbustivo en el Ecuador

A. Murillo, E. Peralta, J. Pinzón, y R. Lépiz
INIAP y PROFRIZA, Quito, Ecuador

30 JUL 1998

RESUMEN

En Ecuador, el fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), se siembra principalmente en los valles semicálidos (mesotérmicos) de la sierra ecuatoriana, entre 1000 a 2500 msnm y en menor grado en el litoral (cuenca baja del Guayas), pero con gran potencial para el cultivo. Las provincias mas productoras son: Carchi, Imbabura, Tungurahua, Azuay y Loja en la sierra y Guayas y Los Ríos en la costa. Los principales factores que limitan la producción de fréjol arbustivo son: plagas y enfermedades, variedades susceptibles, falta de semilla de calidad y factores edafo climáticos como la sequía y suelos pobres. La pérdida gradual del suelo y su fertilidad se debe principalmente a erosión hídrica (precipitaciones) en áreas de ladera y en otros sitios por mal manejo del agua de riego. Frente a estos múltiples problemas el Programa Nacional de Leguminosas del INIAP, con el apoyo, científico, técnico y administrativo de PROFRIZA-CIAT; desde los años 1989 a 1996 desplegó una gran actividad para el desarrollo y evaluación de germoplasma de fréjol; cuyos objetivos fueron: 1) Identificar materiales resistentes a las principales enfermedades, de alto rendimiento y de grano comercial; y, 2) Identificar líneas promisorias con resistencia estrés hídrico o sequía terminal. Para lograr estos objetivos, se evaluaron variedades y líneas de fréjol arbustivo introducidas principalmente del CIAT en las provincias de Loja, Azuay, Imbabura, Carchi y Guayas. Con el propósito de identificar materiales resistentes a roya, antracnosis, bacteriosis de halo y virus; de alto potencial de rendimiento y con grano de aceptación comercial en cada zona. Se utilizó el método de mejoramiento por introducción y selección; primero en forma de viveros a nivel de Estación Experimental y después en ensayos en campos de agricultores. Resultados del trabajo participativo entre investigadores y agricultores, se liberó las siguientes variedades: para las provincias de Azuay y Loja INIAP-413 Vilcambamba e INIAP-414 Yunguilla con resistencia a roya, antracnosis y bacteriosis de halo; INIAP-417 Blanco Imbabura (Veranero), resistencia a roya y antracnosis. Para las provincias de Imbabura y Carchi se liberó las siguientes variedades: INIAP-411 Imbabello con resistencia intermedia a roya, resistente a antracnosis y bacteriosis de halo; INIAP-418 JE.MA resistente a roya, antracnosis y bacteriosis de halo. Además se identificó las líneas AND-1005 de color ojo moteado y CAP-9 de color amarillo (Canario), de amplia demanda en el mercado interno, estas líneas pueden ser futuras variedades. El siguiente objetivo fue, identificar líneas promisorias con resistencia a estrés hídrico o sequía terminal de buen rendimiento y resistente a enfermedades. Para ello se evaluó germoplasma del CIAT con estas características; el estudio consistió en someter al germplasma a condiciones de estrés hídrico a partir de los 25 días después de la siembra hasta la cosecha, es decir no se proporciono riego durante este período. Al final de cuatro ciclos se seleccionaron las siguientes líneas promisorias: SEQ-8, SEQ-20, SEQ-15, SEQ-32, AFR-476 y Paragachi. El siguiente reto del mejoramiento del fréjol arbustivo es; generar e identificar materiales de color de grano comercial para satisfacer el mercado exterior y de grano amarillo (Canario) para el mercado interno.

En Ecuador, se siembra anualmente alrededor de 67.00 ha de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., de las cuales 17.000 ha aproximadamente (INEC, 1991-94), son de fréjol arbustivo. El fréjol arbustivo se siembra en unicultivo principalmente en los valles semicálidos (mesotérmicos) de la sierra, entre 1000 a 2500 msnm y en menor superficie, en la región litoral.

Los principales factores bióticos y abióticos que limitan la producción de fréjol son: plagas insectiles y patogénicas, variedades susceptibles a enfermedades, falta de semilla de buena calidad y factores edafoclimáticos como sequía y baja fertilidad de los suelos (Jiménez et al., 1996; Vásquez et al., 1992).

Digitized by Google

Frente a estos problemas, el Programa Nacional de Leguminosas del INIAP, con el apoyo científico y técnico del CIAT, PROFRIZA, en los años 1989 a 1996, desplegó una gran actividad para evaluar y desarrollar germoplasma de fréjol , con el objetivo de identificar genotipos resistentes a las principales plagas patogénicas como roya, *Uromyces appendiculatus,* antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum,* bacteriosis de halo *Pseudomonas phaseolicola,* de alto rendimiento y de grano comercial, además de líneas con tolerancia a sequía terminal (estrés hídrico) (INIAP, 1992-95).

Al final de este período, se seleccionó y se entregó las siguientes variedades: INIAP-413 Vilcabamba (crema moteado), INIAP-414 Yunguilla (rojo moteado), con resistencia a los patógenos de la roya, antracnosis y bacteriosis de halo e INIAP-417 Blanco Imbabura (blanco grande), resistente a los patógenos de roya y antracnosis, para las provincias de Azuay y Loja (INEC, 1991-94). INIAP-411 Imbabello (rojo moteado), con resistencia intermedia a roya, y resistente a antracnosis y bacteriosis de halo (Peralta et al., 1993; 1991), e INIAP-418 Je.ma (rojo moteado), con resistencia a roya, antracnosis y bacteriosis de halo (Murillo et al., 1996), para el Valle del Chota, Imbabura y Carchi (Tabla 1).

También se identificó líneas promisorias con tolerancia a sequía terminal: SEQ-8, SEQ-20, SEQ-15, SEQ-32, AFR-476 y Paragachi seleccionado (INIAP, 1992-95).

Tabla 1. Variedades de fréjol arbustivo liberadas para la Sierra Ecuatoriana - Perioodo 1991 a 1996.

Año	Variedad	Zona de cultivo	Reacción a:			Color de grano	Rendimiento kg/ha
			Roya	Antrac.	Bac. halo		
1991	INIAP 411 IMBABELLO	Provincias del Norte (Imbabura y Carchi)	Interm.	Resist.	Resist.	Rojo Moteado	2000
1993	INIAP 413 VILCABAMBA	Provincias del Sur (Azuay y Loja)	Resist.	Resist.	Resist.	Crema Moteado	2100
1993	INIAP 414 YUNGUILLA	Provincias del Sur (Azuay y Loja)	Resist	Resist.	Resist.	Rojo Moteado	1900
1995	INIAP 417 BLANCO IMBABURA	Provincia de Loja	Resist.	Resist.	---	Blanco	1600
1996	INIAP 418 JE.MA	Provincias del Norte (Imbabura y Carchi)	Resist.	Resist.	Resist.	Rojo Moteado	2000

Digitized by Google

En los Valles semicálidos y estribaciones de la sierra ecuatoriana, se cultivan anualmente alrededor de 12.000 ha y en la parte litoral, en la cuenca baja del río Guayas, alrededor de 5.000 ha de fréjol arbustivo. Este rubro es sembrado por pequeños, medianos y grandes agricultores, generalmente bajo condiciones de riego, en unicultivo y en menor cantidad intercalado con maíz y caña (Jiménez et al., 1996). En cierta medida los productores hacen un manejo agronómico adecuado del cultivo, y la mayoría de ellos obtienen rendimientos aceptables. Sin embargo, se detectó algunos problemas que reducen la producción y productividad de este cultivo, como son: uso de semilla de mala calidad, uso de variedades susceptibles a plagas patogénicas, daños de plagas insectiles y uso irracional de plaguicidas y agroquímicos (Jiménez et al., 1996; Vásquez et al., 1992), como también la sequía y/o escasez de agua de riego en etapas críticas del cultivo. A esto se suma la pérdida gradual de la fertilidad de los suelos, debido al mal manejo en áreas de ladera, que favorece la erosión eólica e hídrica (precipitaciones eventuales y mal manejo de agua de riego en algunos sitios) (INIAP, 1992-95).

En las áreas más importantes para el cultivo, se realizan dos ciclos de siembra (3 a 4 meses por ciclo), entre febrero a abril y septiembre a noviembre (Jiménez et al., 1996; Vásquez et al., 1992). Las variedades más utilizadas son de color de grano rojo moteado, tipo cargabello, de gran demanda en grano seco por el mercado colombiano; y en menor superficie se siembra variedades de color blanco, crema moteado, rosado moteado, amarillos y otros; se cosechan principalmente en vaina verde para el mercado nacional; tanto en la sierra norte como en la sierra sur, respectivamente (Minchala et al.,1995; Vásquez et al., 1992). En la costa la siembra se realiza a partir del mes de mayo es decir cuando termina el ciclo de lluvias.

Ante esta situación, el Programa Nacional de Leguminosas, con el apoyo científico y técnico de CIAT, PROFRIZA, desde el año 1989, se planteó los siguientes objetivos:

1. Identificar y seleccionar genotipos resistentes o tolerantes a las principales plagas patogénicas, de alto rendimiento y de grano comercial, locales o introducidos.
2. Identificar líneas promisorias con tolerancia a estrés hídrico o sequía terminal.
3. Generar germoplasma vía hibridación en forma local con resistencia o tolerancia a las principales plagas patogénicas, de alto rendimiento y de tipo comercial.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos de mejoramiento genético de fréjol arbustivo, se llevaron a cabo principalmente en localidades ubicadas en la cuenca del río Chota, cubriendo las provincias de Imbabura y Carchi en el norte del país, en altitudes comprendidas entre 1.500 a 2.400 msnm (INIAP, 1992-95). En los valles de Yunguilla (Azuay), Vilcabamba y Malacatos (Loja) al sur, en altitudes comprendidas entre los 900 a 2.400 msnm (Minchala, 1995; Jiménez, 1996); y en la Estación Experimental Boliche (Guayas) en el litoral, a 17 msnm.

El proceso de mejoramiento se inició con la introducción de germoplasma, principalmente del CIAT, con el propósito de evaluar y seleccionar materiales que respondan a los objetivos nacionales de mejoramiento, es decir que se adapten a las diferentes áreas agroecológicas y se ajusten a las necesidades de mercado y exigencias del agricultor. El mejoramiento consistió en una selección sistemática de los mejores materiales a partir de ensayos preliminares compuestos generalmente de muchas líneas, en localidades representativas de los centros de producción. Las

Digitized by Google

líneas seleccionadas fueron seguidamente evaluadas en ensayos de adaptación y rendimiento, en más de una localidad y con repeticiones (CIAT, 1991). Las líneas élite fueron evaluadas en forma participativa en fincas de agricultores (parcelas de confirmación), bajo el manejo del productor. En todas las etapas de mejoramiento, las principales variables evaluadas fueron: grado de adaptación, resistencia a plagas patogénicas de la zona, alto rendimiento, color y tamaño comercial del grano. Una variable adicional fue resistencia o tolerancia a sequía terminal, para determinar materiales más adaptables a las condiciones de sequía del valle del Chota (área muy importante de producción), ésta evaluación se realizó, suspendiendo el riego a los 25 días después de la siembra, hasta la cosecha (INIAP, 1992-95).

RESULTADOS

Durante este lapso, el proceso de mejoramiento del fréjol arbustivo fue constante y muy dinámico en las áreas principales de producción de este rubro a nivel nacional. Como resultado de la investigación compartida INIAP-CIAT y la evaluación participativa con agricultores, se identificaron y liberaron las siguientes variedades con características deseables para cada localidad:

Para Valles de la Zona Norte

Variedad: INIAP 411, Imbabello

Características Agronómicas. Esta variedad de fréjol arbustivo de grano rojo moteado grande, tiene resistencia intermedia a roya, resistencia antracnosis y bacteriosis de halo. No debe sembrarse en suelos pesados o con problemas de drenaje, por ser susceptible a pudriciones de raíz. Se distingue por su adaptación en los valles semicálidos interandinos ubicados entre los 1.500 a 2.200 m de altura sobre el nivel del mar, de las provincias de Imbabura y Carchi (cuenca del río Chota), y por su alto potencial de rendimiento (Peralta et al., 1993; 1991). Por su color de grano tipo cargabello, tiene demanda en el mercado colombiano país a donde se exportan aproximadamente entre 9.000 a 13.000 toneladas de este tipo de fréjol (Lépiz, 1996).

Origen. Es un compuesto balanceado de 20 líneas uniformes desarrolladas por selección individual a partir de la variedad local cargabello, sembrada en la provincia de Imbabura (Peralta et al., 1991). Las selecciones y evaluaciones de líneas se hicieron en el Programa de Leguminosas de la Estación Santa Catalina del INIAP. En 1989, se integró el compuesto y se hicieron las pruebas de rendimiento y adaptación en el valle del Chota, para ser liberada en noviembre de 1991 (Lépiz, 1996; Peralta et al., 1993).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado, tipo II a
Número de días a floración:	45 a 50
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color del grano:	Rojo moteado

Digitized by Google

Forma del grano:	Arriñonado
Peso de 100 granos:	55 g
Tamaño del grano:	Grande
Número de granos por vaina:	4
Días de madurez fisiológica:	95 a 105

Variedad: INIAP 418 , JE.MA

Características Agronómicas. Esta variedad de fréjol arbustivo de grano rojo moteado grande, tiene resistencia a roya, antracnosis y bacteriosis de halo. Se distingue por su adaptación a áreas agroecológicas de la cuenca y subcuencas del río Chota, en Imbabura y Carchi, entre los 1.800 y 2.500 msnm, y por su alto potencial de rendimiento. Por su color de grano tipo cargabello, tiene demanda en el mercado colombiano (Murillo et al., 1996).

Origen. La línea LSA-54 que dió origen a INIAP 418 JE.MA, deriva de la cruza entre G12722 (ICA Viboral) x G21720 (Cargabello), realizada en el CIAT. La línea fue evaluada en el Departamento de Protección Vegetal del INIAP en 1991 para fijación de nitrógeno. Posteriormente en el Programa de Leguminosas de la Estación Santa Catalina fue identificada con el código PHA-E-1638, a su vez se registró en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU-9221. Entre 1993 y 1995, se realizaron las pruebas de rendimiento y adaptación en el valle del Chota, para ser liberada en agosto de 1996 (Murillo et al., 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Indeterminado, tipo II b
Número de días a floración:	50 a 55
Color de la flor:	Rosado
Color de la vaina en madurez:	Amarilla
Color de grano:	Rojo moteado
Forma del grano:	Arriñonado
Peso de 100 granos:	60 g
Tamaño del grano:	Grande
Número de granos por vaina:	4 a 5
Días a madurez fisiológica:	90 a 100

Para la Zona Sur o Austral

Variedad: INIAP 413, Vilcabamba

Características agronómicas. Variedad mejorada de fréjol arbustivo de porte bajo, de granos grandes, color crema moteado, del tipo conocido internacionalmente como "sugar"o percal rayado en Loja. Es resistente a roya, antracnosis y bacteriosis de halo; es de amplia adaptación, logrando sus mejores rendimientos en los valles lojanos y de la provincia del Azuay. Sus rendimientos experimentales en Loja fueron 2.124 kg por ha. Se prefiere para consumo como grano tierno, sin

Digitized by Google

embargo su grano seco, también tiene mercado en las provincias del sur del país (Lépiz et al., 1993; Lépiz, 1996).

Origen. La línea SUG-55 que dió origen a INIAP-413, Vilcabamba, deriva de la cruza ICA 15423 X BAT-1620, hecha en el CIAT. Se introdujo a Loja en un ensayo internacional en 1991, de donde pasó a Azuay en 1992. Se evaluó en ensayos y parcelas de confirmación en campos de agricultores por personal de PROFRIZA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Loja y del Programa de Leguminosas del INIAP, fue liberada en septiembre de 1993 (Lépiz et al., 1993; Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Determinado, tipo I b
Número de días a floración:	41
Color de la flor:	Blanca con estandarte rosado
Color de la vaina en madurez:	Rosada
Color del grano:	Crema moteado
Forma del grano:	Elongada, abolada
Peso de 100 semillas:	51 g
Tamaño del grano:	Grande
Número de granos por vaina:	5 a 6
Días de madurez fisiológica:	88

Variedad: INIAP 414, Yunguilla

Características Agronómicas. Es una variedad de fréjol de tipo arbustivo, de grano grande, rojo moteado, conocido en Loja como Chabelo. La variedad es resistente a roya, bacteriosis de halo y antracnosis y de buen rendimiento; en los ensayos de evaluación registró un rendimiento promedio de 1.937 kg por ha. Una de las características importantes de la variedad, es su amplio rango de adaptación; produce bien en todos los valles semicálidos y cálidos de las provincias de Loja y Azuay. Además, se está sembrando con muy buenos rendimientos y adaptación en algunas localidades de Guayas, Manabí y Los Ríos (Lépiz et al., 1993; Lépiz, 1996).

Origen. La línea PVA-773, que dió origen a INIAP 414, Yunguilla, proviene de la cruza realizada en el CIAT, entre las líneas ICA 24, ICA 10009 y la variedad Mulato Gordo. En Ecuador se evaluó primero en Imbabura y después en Azuay y Loja; ha mostrado su mejor adaptación en lugares cálidos semihúmedos. Se liberó como variedad mejorada para Loja y Azuay, en septiembre de 1993 (Lépiz et al., 1993; Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Determinado, tipo I a
Número de días a floración:	46
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez	Amarilla

Digitized by Google

Color del grano:	Rojo Moteado
Forma del grano:	Semi arriñonado
Peso de 100 granos:	50 g
Tamaño del grano:	Grande
Número de granos por vaina:	5
Días de madurez fisiológica:	95

Variedad: INIAP 417, Blanco Imbabura (veranero)

Características Agronómicas. Esta variedad de hábito de crecimiento determinado de granos blancos grandes, es resistente a roya y antracnosis. No es apta para siembras en épocas o lugares lluviosos y de temperaturas bajas, por su susceptibilidad a bacteriosis de halo. Tiene buena adaptación y rendimiento en los valles semicálidos y semisecos de las provincias de Loja y Azuay, siendo su mayor atributo el tipo de grano blanco y grande, altamente preferido por productores, comerciantes y consumidores. El grano tierno, estado en que más se consume, posee además la característica de permanecer por dos o tres días sin oxidarse, después de haber sido extraído de las vainas (Jiménez et al., 1995; Lépiz, 1996).

Origen. La variedad INIAP 417, Blanco Imbabura (veranero) fue colectada en San Roque, cantón Antonio Ante (Atuntaqui), provincia de Imbabura. El material se registró en el Programa Nacional de Leguminosas de Grano de la Estación Santa Catalina, con el código PHA-E-1613; a su vez, la variedad se registró en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU-8309. En el área de Ibarra, Imbabura, algunos productores lo identifican como blanco de leche y en Loja es muy conocido como blanco Imbabura. La variedad fue liberada en agosto de 1995 (Jiménez et al., 1995; Lépiz, 1996).

Descriptores de Interés Agronómico.

Hábito de crecimiento:	Determinado tipo I
Número de días a floración:	37 a 44
Color de la flor:	Blanca
Color de la vaina en madurez:	Amarillo claro
Color del grano:	Blanco
Forma del grano:	Arriñonado cilíndrico
Peso de 100 granos:	55 a 70 g
Tamaño del grano:	Grande
Número de granos por vaina:	4 a 5
Días a madurez fisiológica:	85 a 90

Además., están identificadas las líneas promisorias AND-1005 y AND-994 de color de grano rojo y morado moteado, respectivamente, con resistencia a roya y antracnosis y de buen rendimiento y la línea CAP-9 de color de grano amarillo (canario), de amplia demanda en el mercado interno. Estas líneas pueden ser futuras variedades (INIAP, 1992-95).

Digitized by Google

También se identificó líneas promisorias con tolerancia a sequía terminal tales como: SEQ-8, SEQ-20, SEQ-15, SEQ-32, AFR-476 y Paragachi seleccionado (INIAP, 1992-95) (Tabla 2).

Tabla 2. Líneas seleccioandas por reacicón a sequía terminal y rendimiento en el Valle del Chota, Ecuador. 1994-1996.

Línea	Características principales				Rendimiento kg/ha
	Hábito	Color de flor	Color de grano	Reacción a sequía* Terminal	
SEQU-8	1	Blanco	Crema	4	1587
SEQ-20	2	Blanco	Canario	5	1443
SEQ-20	1	Lila	Crema	5	1241
SEQ-32	1	Lila	Negro	6	1100
AFR-476	2	Blanco	Rojo Crema	4	1386
Paragachi	2	Blanco	Rojo Moteado	4	998

* Escala 1 a 9, donde: 1 a 3 es resistente; 4 a 6 es intermedio y 7 a 9 son susceptibles o sensibles a estrés hídrico o sequía terminal

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Además de los resultados antes mencionados, el Programa Nacional de Leguminosas, está dando un manejo integral a los problemas de producción, distribución y consumo de las leguminosas de grano en el país, en el marco de la investigación participativa, de demandas y del desarrollo agrícola sostenible (INIAP, 1992-95).

Bajo este nuevo enfoque, se implementó la producción artesanal de semilla (PAS), a la cual se consideró como una de las principales actividades estratégicas de apoyo al mejoramiento genético. Se identificó grupos de agricultores organizados en las principales áreas de producción; en el valle del Chota (Imbabura y Carchi); valle de Yunguilla en Azuay y Chaupi en Loja, con el propósito de producir, difundir , abastecer y comercializar en forma sistemática y oportuna, semillas de fréjol de buena calidad en sus respectivas áreas de producción. Se brindó asesoramiento y apoyo técnico durante todo el proceso de producción de la semilla (INIAP, 1992-95).

Digitized by Google

Otra de las actividades fue la de identificar sitios (en áreas de ladera), con problemas de erosión hídrica y eólica en zonas frejoleras del valle del Chota. Esta actividad se está ejecutando en la comunidad de El Inca, en la provincia de Imbabura a 2.450 msnm. El objetivo fue realizar trabajos de manejo y conservación de suelos, aguas, diversificación, etc., con el enfoque de MANEJO SOSTENIBLE DE FINCAS; para ello se están incorporando acciones de fertilidad de suelos (lombricultura y nitreras), agroforestería (árboles y cultivos), producción de semillas, MIP y otros (INIAP, 1992-95).

El manejo integral de plagas (MIP), también fue considerado como una actividad de apoyo a los trabajos de fitomejoramiento, cuyo objetivo principal fue definir el umbral de acción de las principales plagas de fréjol arbustivo en las zonas productores, con el fin de disminuir la contaminación del hombre, suelos, aguas y alimentos por el uso irracional de los pesticidas. Se definió el umbral de acción de las siguientes plagas: mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W), principal plaga en el valle del Chota, Imbabura (INIAP, 1992-95). Mosquilla (*Empoasca kraemeri*, Ross y Moore) y cogolleros o barrenadores de brotes (*Epinotia aporema*, Walsm), principales plagas en las provincias de Azuay y Loja (Jiménez et al., 1996). En resumen, durante cuatro años (1992-1995), se llevó adelante trabajos de investigación, validación y difusión de la tecnología MIP.

DISCUSIÓN

En Ecuador, la mayor parte de las áreas de producción de fréjol arbustivo, son sembradas con variedades de color de grano rojo moteado, crema o blanco, de tamaño mediano a grande, por tener un mercado asegurado en Colombia (grano seco) y en menor cantidad se comercializa en vaina verde en el mercado nacional. Además, el mercado interno requiere de variedades de grano amarillo (canario) y rojo sólido, de tamaño mediano a grande, especialmente para las provincias centrales de la sierra como Tungurahua, Chimborazo y Bolívar; por esto es necesario e imprescindible generar líneas y variedades con éstas características; para de esta manera sostener e incrementar la superficie cultivada e incentivar el consumo de fréjol en la población ecuatoriana. Además, incrementar las evaluaciones en los valles de la sierra para identificar materiales resistentes o tolerantes a estrés hídrico. De la misma manera seleccionar líneas que reúnan características deseables de color, forma y tamaño exigidos por el mercado internacional.

Durante los últimos siete años, el mejoramiento genético de fréjol arbustivo se ha enfocado principalmente para los valles semicálidos de la sierra ecuatoriana. En el futuro es importante ampliar el rango de acción, es decir se deberá generar germoplasma para incursionar en las provincias del litoral, donde existe un gran potencial de producción de fréjol, especialmente en la cuenca baja del río Guayas, puesto que actualmente depende de la producción de la sierra, para abastecer el consumo de fréjol.

Para lograr estos objetivos en los próximos años, será necesario fortalecer a las instituciones que se dedican a la investigación y al mejoramiento de fréjol y que las acciones tengan una connotación interinstitucional e interdisciplinaria, para obtener resultados más contundentes y en menor tiempo.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1991. Fríjol: Investigación y Producción. Cali, Colombia, 419 pp.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1992, 1993, 1994 y 1995. Informes Técnicos Anuales. Programa de Leguminosas de la Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 1991 a 1994. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional. Quito, Ecuador.

Jiménez, R.; T. Ramón, R. Lépiz, y J. Ullauri. 1996. El cultivo de fréjol común en los valles de la provincia de Loja. Agronomía y Manejo de Plagas. Folleto Divulgativo No. 257. INIAP. Quito, Ecuador. 24 pp.

Jiménez, R, T. Ramón, L. Minchala, E. Peralta, J. Vásquez, y J. Ullauri. 1995. INIAP-417 Blanco Imbabura (veranero). Variedad mejorada de fréjol arbustivo para Loja. Plegable Divulgativo No. 158. INIAP. Loja, Ecuador.

Lépiz, R. 1996. Variedades de fréjol liberado por los Programas Nacionales de Bolivia, Perú y Ecuador. Período 1988-1995. Quito, Ecuador. 52 pp.

Lépiz, R.; L. Minchala, R. JIMENEZ, y M. Villacís. 1993. INIAP-413 Vilcabamba. Variedad mejorada de fréjol arbustivo para el Austro ecuatoriano. Plegable Divulgativo No. 133. INIAP. Cuenca, Ecuador.

Lépiz, R.; L. Minchala, R. JIMENEZ, y M. Villacís 1993. INIAP-414 Yunguilla. Variedad mejorada de f réjol arbustivo para el Austro ecuatoriano. Plegable Divulgativo No. 134. Cuenca, Ecuador.

Lépiz, R. E. Peralta, L. Minchala, y R. Jiménez. 1995. Diagnóstico Agrosocioeconómico del cultivo de fréjol en la sierra ecuatoriana. Documento de trabajo. INIAP-PROFRIZA No. 1. Quito, Ecuador. 45 pp.

Minchala, L., M. Villacís, R. Lépiz, y M. Guaman. 1995. El cultivo de fréjol arbustivo en Azuay y Cañar. Plegable Divulgativo No. 157. INIAP. Cuenca, Ecuador.

Murillo, A., E. Peralta, J. Pinzón, R. Lépiz, y A. Ortega. 1996. INIAP-418 JE.MA. Variedad mejorada de fréjol arbustisvo (*Phaseolus vulgaris* L.) para la cuenca del río Chota, Imbabura y Carchi. Plegable Divulgativo. INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, E., J. Vásquez, J. Pinzón, y R. Lépiz. 1991. INIAP-411 Imbabello. Variedad de fréjol arbustivo. Plegable No. 122. INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, E., J. Vásquez, J. Pinzón, y R. Lépiz. 1993. INIAP-411 Imbabello. Variedad de fréjol arbustivo. Boletín Divulgativo N. 230. INIAP. Quito, Ecuador.

Vásques, J. E. Peralta, J. Pinzón, y R. Lépiz. 1992. El fréjol arbustivo en Imbabura. Sugerencias para su cultivo. Publicación Miscelénea No. 57. INIAP. Quito, Ecuador. 24p.

Digitized by Google

SECCION VIII. PRUEBAS DE GERMOPLASMA, IDENTIFICACION Y ADOPCION DE NUEVOS CULTIVARES

Digitized by Google

Digitized by Google

33805

Fundamentos de un Eficiente Sistema de Pruebas de Germoplasma de Frijol

Oswaldo Voysest
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

Las pruebas de evaluación de germoplasma constituyen un componente importante del proceso operacional de un programa de mejoramiento. Todo programa de mejoramiento debe iniciarse con objetivos bien definidos y el sistema de pruebas de evaluación de germoplasma tiene que organizarse en concordancia con estos objetivos. El rendimiento es el atributo mas importante en las evaluaciones como quiera que el objetivo supremo de todo programa de mejoramiento es el de desarrollar variedades mas productivas. Implícito en este objetivo supremo, está el concepto de cliente y ámbito. Cada sistema de producción, región o tipo de agricultor podría tener necesidad de una variedad diferente y por ello un eficiente sistema de pruebas de germoplasma será aquel que considere en sus evaluaciones genotipos apropiados ensayados en ambientes pertinentes. Aparte de estar ligado a los objetivos de mejoramientos, la eficiencia de un sistema de pruebas debe estar en sintonía con las estrategias básicas de trabajo para alcanzar estos objetivos. La tarea de mejoramiento exige un manejo ordenado de tareas que se inician con la consideración de cuáles materiales deben usarse en las hibridaciones que darán origen a las poblaciones segregantes a partir de las cuales surgirán las líneas fijas que serán sometidas a competencias sucesivamente mas estrictas para finalmente escoger las mejores. Los ensayos de rendimiento tienen dos funciones primordiales: proveer sustento a las recomendaciones de tipo agronómico y proveer bases para el trabajo de selección de genotipos en el mejoramiento genético. Los ensayos de rendimiento que se llevan a cabo con materiales estables básicamente tienen dos objetivos supremos: el escrutinio rápido de un grupo numeroso de líneas para eliminar aquellas obviamente indeseables y la evaluación crítica de unas pocas líneas altamente promisorias para identificar nuevas variedades potenciales. En el presente artículo se describen las características principales de los dos tipos de ensayos básicos, la importancia del uso de testigos y se dan referencias claves para el análisis estadístico de los ensayos regionales. La evaluación del comportamiento de los genotipos en ensayos regionales o mas concretamente en múltiples ambientes es una actividad central en un programa de mejoramiento, toda vez que los objetivos de estos ensayos tienen que ver con los efectos de las interacciones genotipo por ambiente, lo cual requiere un análisis cuidadoso.

PAPEL INTEGRAL DEL SISTEMA DE PRUEBAS DE GERMOPLASMA EN EL PROCESO DE MEJORAMIENTO GENETICO

De una manera convencional podríamos establecer que el proceso operacional de un programa de mejoramiento tiene 4 categorías: 1) planeación e hibridación; 2) selección y estabilización; 3) prueba de evaluación de líneas; y 4) lanzamiento del cultivar. Lo que aquí llamamos sistema de pruebas de germoplasma es precisamente el conjunto de actividades comprendidas en la categoría de evaluación de líneas. En algunos programas estas actividades son realizadas por una persona diferente al mejorador, un agrónomo, pero en uno u otro caso lo importante para tener en cuenta es que un sistema de pruebas de germoplasma, para ser eficiente tiene que estar organizado bajo la premisa de que es parte del proceso de mejoramiento y no una actividad aislada. Sin embargo, mas que por ser parte del proceso operacional, la eficiencia de un sistema de pruebas está sustentada por su relación con los objetivos y estrategias del programa de mejoramiento.

Todo programa de mejoramiento debe iniciarse con objetivos bien definidos y la evaluación de germoplasma para ser considerada eficiente tiene que organizarse en concordancia con estos

Digitized by Google

objetivos. El objetivo supremo de todo programa de mejoramiento es el de desarrollar variedades mas productivas. En el caso particular del frijol esto implica mejorar y proteger la capacidad de rendimiento del cultivo, garantizar que las variedades se adapten eficientemente a los sistemas de producción locales y que sean aceptadas por los consumidores.

CONCEPTOS SOBRE ALTO RENDIMIENTO EN FRIJOL

Como quiera que el rendimiento es el atributo mas importante en las evaluaciones, es importante hacer algunas precisiones respecto al valor que damos a los números absolutos cuando se trata de juzgar los logros en productividad. El concepto de capacidad de rendimiento merece una aclaración importante cuando estamos tratando de un cultivo como el frijol que tiene variedades con períodos vegetativos que van desde menos de 70 hasta mas de 270 días y que pueden tener hábitos de crecimiento erecto, rastrero o voluble, en cuyo caso que deben ser sembradas con un tutor. Alto rendimiento resulta, en el caso del frijol, un valor ligado a una situación particular: a la duración del período vegetativo, al hábito de crecimiento y al tamaño de la semilla; todo esto sumado a las diferencias que resultan de las ventajas o limitaciones que enfrenta cualquier cultivo, derivadas del potencial del ambiente en sí. El hecho concreto es que para definir la productividad de una variedad de frijol, de ninguna manera puede dejar de considerarse la situación especial de cualquier región productora, particularmente en lo que se refiere a sus sistemas de producción y el papel que el frijol desempeña en ellos. Un solo ejemplo bastaría para ilustrar lo que queremos decir: un frijol voluble que rinde 5 mil kg/ha de grano seco en 270 días es obvio que, en términos absolutos, produce mas que un frijol arbustivo que apenas rinde 2 mil kg/ha en 70 días. Sin embargo, para el mejorador que está trabajando en una región en la cual, el clima o los sistemas de producción le han fijado una estación de siembra a cosecha no mayor de 90 días, lograr una variedad capaz de rendir 3000 kg/ha en ese lapso, le habrá significado no sólo haber producido una variedad con alta capacidad de rendimiento sino una de mayor eficiencia. La capacidad productiva de 5000 kg/ha de frijol seco del tipo voluble es irrelevante para esa situación de producción que requiere una planta de 90 días. Además, aún en su propio ambiente de producción esta capacidad productiva podría ser sólo un dato académico, sin ningún valor práctico si es que este frijol lo siembra un campesino para su propio sustento, lo cual implica que él le importe mas un frijol que distribuye su producción durante un largo período de tiempo ofreciéndole vainas, grano tierno y algo de grano seco, antes que una producción abundante de grano seco solamente. Este concepto tan sencillo para quienes trabajamos en frijol, no lo entienden muchos administradores y activistas "verdes", de los 2 tipos, los de la revolución y los de la paz, para quienes mas kg/ha, así a secas, es sinónimo de alto rendimiento. Un eficiente sistema de pruebas de germoplasma de frijol debe empezar por reconocer que está trabajando por lo menos con unas 16 categorías distintas de materiales con las cuales pueden hacerse comparaciones válidas y significativas; estas categorías pueden reducirse a cuatro o cinco para efectos prácticos (Tabla 1).

Digitized by Google

Tabla 1. Combinaciones de características usualmente encontradas en variedades de frijol y posibles formas de agrupar los genotipos en un mismo ensayo, para evaluaciones comparables.

Tamaño de semilla (g/100sem)	Siembra-maduración† (días)		Hábito de crecimiento			
G (>45)	>150	Tardío	-	-	III	IV
	90-150	Intermedio	-	-	III	-
	<90	Precoz	I	-	-	-
M (26-40)	>110	Tardío	-	-	III	IV
	75-110	Intermedio	-	-	III	IV
	<75	Precoz	I	-	-	-
P (<25)	>110	Tardío	-	-	-	IV
	75-110	Intermedio	-	II	III	IV
	<75	Precoz	I	II	III	--

†Bajo condiciones del trópico.

Como puede verse en la Tabla 1, los tipos I de cualquier tamaño y período vegetativo podrían ensayarse juntos; en este grupo también podrían incluirse los tipos II y II precoces de grano pequeño; los tipos III de cualquier tamaño, excepto los precoces pequeños, podrían compararse en un ensayo común, en el cual también podría incluirse los tipos II de grano pequeño y período vegetativo intermedio; los tipos IV tardío forman una clase aparte que deben ensayarse por separado mientras que el resto de tipos IV podrían ensayarse juntos en la zona tropical (e.g. altiplano de Guatemala), pero tendrían que hacerse en 2 grupos separados (medianos y pequeños) si la evaluación ocurre en climas templados (zona templada húmeda de México por ejemplo).

CLIENTES Y AMBITOS

Implícito en el objetivo supremo de desarrollar variedades mas productivas y mas eficientes, está el concepto de cliente y ámbito. Las variedades son creadas para los agricultores, pero estos, que pueden ser grandes, medianos o pequeños requieren diferentes tipos de variedades; según sus circunstancias el mejorador debe tener presente no sólo para quiénes trabaja sino el área de influencia de sus materiales, la cual puede ser una región determinada o todo un país. Un eficiente sistema de pruebas de germoplasma está formado de genotipos apropiados que se ensayan en ambientes pertinentes.

EL SISTEMA DE PRUEBAS Y LA ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO

La eficiencia de un sistema de pruebas no sólo está ligada a los objetivos del mejoramiento sino a la estrategia básica de trabajo para alcanzar estos objetivos. Esta estrategia, aparte de identificar las prioridades de investigación, orientar las metas y diseñar las actividades, debe

Digitized by Google

contemplar también estos cuatro aspectos:

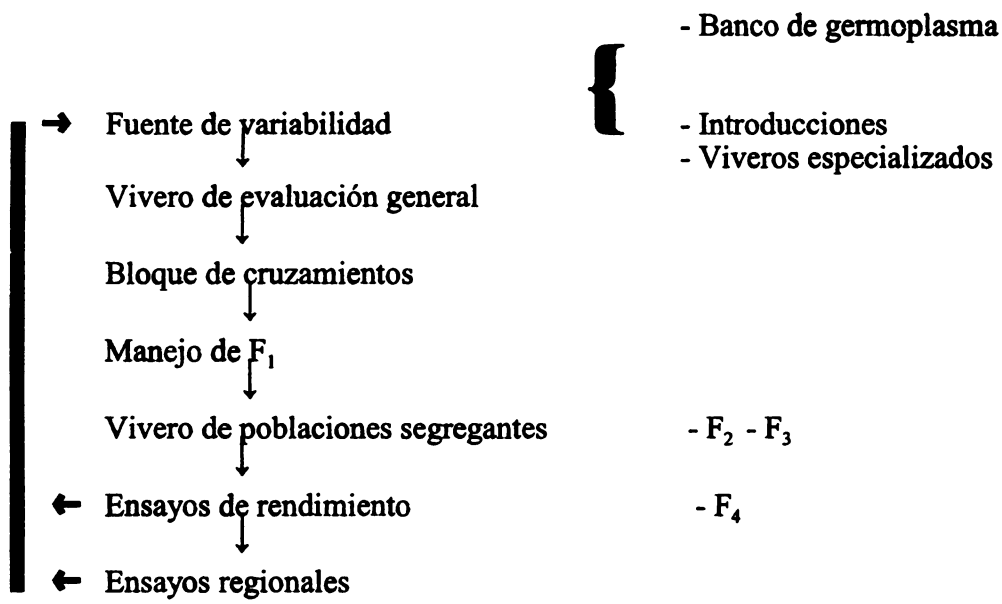
- buscar soluciones a través del trabajo multidisciplinario
- involucrar al agricultor como miembro del equipo de investigación
- someter los materiales a una presión de selección severa
- establecer un flujo ordenado de los materiales genéticos

Como veremos en el transcurso de la discusión, los requisitos para un eficiente sistema de pruebas están íntimamente ligados a estos aspectos de la estrategia de mejoramiento.

EL FLUJO DE MATERIALES GENETICOS Y EL ENSAYO DE RENDIMIENTO

Todo programa de mejoramiento está involucrado en un problema de dinámica de poblaciones. La tarea del mejorador es sintetizar poblaciones genéticamente variables y seleccionar los mejores genotipos de esas poblaciones mediante un manejo apropiado de las mismas. El fin último es la creación de una nueva variedad. Esta tarea exige un manejo ordenado de tareas que se inician con la consideración de cuáles materiales deben usarse en las hibridaciones que darán origen a las poblaciones segregantes a partir de las cuales surgirán las líneas fijas que serán sometidas a competencias sucesivamente mas estrictas para finalmente escoger las mejores. Todo este proceso puede resumirse en un esquema básico como el que se muestra a continuación:

Figura 1. Esquema básico del flujo de materiales genéticos en un programa de mejoramiento.



El esquema de flujo de materiales en realidad se reduce a evaluar el rango de variabilidad genética disponible para alcanzar el objetivo fijado, que en términos generales es encontrar una

Digitized by Google

variedad mas eficiente. Sea que el programa descanse en la variabilidad genética existente o cree nueva variabilidad por hibridación, en todo caso debe haber un sistema de pruebas de germoplasma diseñado para responder dos preguntas básicas: 1) tiene el material genético bajo prueba, el potencial para convertirse en un nuevo cultivar; ó 2) puede mantenerse este germoplasma por cualquier otra razón, e.g. fuente de resistencia contra un determinado factor limitante, buena arquitectura de planta, etc. El ensayo central de este sistema de pruebas de germoplasma es el ensayo de rendimiento.

Los Ensayos de Rendimiento: Categorías y Características

Los ensayos de rendimiento tienen dos funciones primordiales:

1. Proveer sustento a las recomendaciones de tipo agronómico. En este contexto los tratamientos son entes genéticamente estables y el propósito de los ensayos es identificar los mejores genotipos para una región determinada.

2. Proveer bases para el trabajo de selección de genotipos en el mejoramiento genético. En este contexto, los tratamientos son genotipos en proceso de desarrollo, genéticamente inestables.

Nuestra discusión sobre el sistema de pruebas de germoplasma versará sobre los materiales genéticamente estables. Los ensayos de rendimiento que se llevan a cabo con estos materiales toman diversos nombres en los programas de mejoramiento: ensayos de observación, preliminares, avanzados, uniformes, de comprobación, verificación o regionales. Lo importante, sin embargo, no es el nombre del ensayo sino sus objetivos. A este respecto me parece pertinente citar la base filosófica de los ensayos de rendimiento establecida por Jennings, Coffman y Kauffman (1979).

"Todos los programas de evaluación de rendimiento tienen dos objetivos supremos: 1) el escrutinio rápido de un grupo numeroso de líneas para eliminar aquéllas obviamente indeseables; y 2) la evaluación crítica de unas pocas líneas altamente promisorias para identificar nuevas variedades potenciales".

Sobre esta base puede establecerse que en líneas generales hay sólo dos tipos de ensayos de rendimiento.

El primer tipo de ensayos corresponde a aquéllos mediante los cuales se trata de eliminar las líneas malas, ensayos en los cuales se evalúa un número grande de líneas bajo presión aguda de estreses relevantes, donde la toma de datos accesorios se minimiza, donde las repeticiones en el tiempo y en el espacio se mantienen al mínimo y donde en fin lo importante es eliminar las líneas realmente malas y no perder ninguna buena. Un aforismo que dice que lo bueno puede dañarse pero lo malo difícilmente se torna bueno es aplicable aquí; no tiene gran importancia que algunas líneas poco meritorias escapen del proceso eliminatorio pues éstas en los ensayos críticos serán fácilmente detectadas, lo fatal sería perder alguna buena. En el Anexo 1 se señalan algunas características generales de estos tipos de ensayos.

Digitized by Google

Anexo 1

Ensayos para escrutinio rápido

- Son comunmente conocidos como viveros de observación
- Registran observaciones preliminares de rendimiento
- Eliminación de líneas basada en reacciones a estreses

Características generales:

- Localidades:
  - Generalmente una
  - Mas de una en zonas de producción heterogeneas

- Material genético
  - Líneas avanzadas: F_4 en adelante
  - Introducciones

- Diseño experimental:
  - Sistemático; sin repeticiones
  - Testigos dispersos sistemáticamente
  - Parcelas pequeñas:
    - Número de hileras: <3
    - Largo de hilera: 2-4 m

- Manejo agronómico:
  - Optimo, i.e. equivalente al de un buen agricultor

Anexo 1 (continuación)

Dependiendo de los recursos del programa y l disponibilidad de semillas se puede optar por cualquiera de estas opciones:

A- 2 o mas viveros con el mismo material:

- un vivero con manejo óptimo+ control de estrés
- viveros paralelos: de rendimiento y de estreses

B.- Un solo vivero: manejo óptimo+promoció de estreses

- Observaciones:
  - Días a floración y maduración
  - Hábito de crecimiento
  - Reacción a estreses
  - Acame
  - Dehiscencia
  - Rendimiento absoluto (kg/ha)
  - Rendimiento relativo al testigo local
  - Productividad diaria (kg/ha/dia)

- Bases para selección de líneas:
  - Libro de campo mejor que estadística
  - Rendimiento>testigo local
  - Estreses: reacción = o < testigo R

- Recomendación práctica:
  - Cosechar sólo líneas seleccionadas

El segundo tipo de ensayos se refiere a aquéllos mediante los cuales se busca seleccionar las líneas mas promisorias; están formados por un número reducido, pero selecto, de líneas, probadas en muchos ambientes para tener información precisa sobre su adaptación; se busca estimados de rendimiento exactos para minimizar el riesgo de entregar a los agricultores materiales inferiores, lo cual podría ocurrir si permitimos que en las fases mas críticas de selección de líneas participen materiales de poco valor agronómico. En el Anexo 2 se señalan algunas características importantes de estos ensayos agrupados en dos categorías, ensayos de rendimiento y ensayos regionales. En un

Digitized by Google

trabajo aparte se sugiere la inclusión de un tipo de ensayo mas en el sistema de pruebas de germoplasma de frijol (Voysest, 1997).

Anexo 2

Ensayos de Evaluación Crítica

A. Ensayos de Rendimiento

- Conocidos como Preliminares, Avanzados, Uniformes, etc.
- Principal objetivo evaluar el rendimiento
- Selección de líneas basadas en estabilidad del rendimiento

Características generales

- Localidades:
  - Diversas pero sujetas a una zonificación racional Ver ejemplos en Anexo 3
- Material
  - Número reducido de líneas (< 36)
  - Seleccionado de los ensayos de observación
- Diseño experimental:
  - con repeticiones
  - parcelas grandes:
    - Número de hileras: >3
    - Largo de hileras: 4-6 m
- Observaciones:
  - Igual que las de los ensayos de observación
  - Características comercilaes y culinarias
- Manejo agronómico:
  - Optimo + control de insectos
- Bases para la selección de líneas:
  - Estabilidad (comportamiento en localidades)
  - Confiabilidad (comportamiento a través de años)
- Recomendaciones prácticas:
  - Agrupar materiales por característica comunes:
    - hábito, maduración (Ver Tabla 1)
  - Usar ensayos de tamaños estandar
  - Dividir el número de lineas en 2 o mas ensayos
  - Incluir lineas comunes en estos ensayos

Anexo 2 (continuación)

B. Ensayos Regionales

- Llamados algunas veces ensayos de comprobación
- Objetivo: mostrar al agricultor un material superior
- Selección de líneas basadas en ensayos previos

Características Generales

- Localidades:
  - La mayor cantidad posible
  - Establecer ensayos en campos de agricultores
  - Involucrar al agricultor en el manejo del ensayo
- Material genético:
  - Número selecto de lineas (< 16)
- Diseño experimental:
  - con repeticiones
  - parcelas grandes:
    - Número de hileras: >4
    - Largo de hileras: 6-10 m
- Observaciones:
  - Igual que las de los ensayos de rendimiento
  - Recoger aquellas de los agricultores
- Manejo agronómico:
  - Optimo mas control de insectos
- Bases para la selección de líneas:
  - Las mismas de los ensayos de rendimiento
  - Prestar atención a caso excepcional de adaptacion específica
- Recomendaciones prácticas:
  - Seleccionar ensayos para campos demostrativos
  - Identificar el ensayo con letreros
  - Identificar uniformemente cada línea
  - Identificar en forma diferencial los testigos

Digitized by Google

Aparte de los ensayos de rendimiento que están a cargo del mejorador o el agrónomo ligado a su programa, existen los viveros especializados en los cuales el personal especializado de las disciplinas de entomología, fitopatología, virología, suelos y fisiología estudian la reacción de las líneas a diversos estreses. En las Tablas 2 y 3 se incluyen en forma simplificada los procedimiento usados en la evaluación de las plagas mas comunes del frijol.

Tabla 2. Procedimientos de evaluación usados para determinar resistencia a insectos en frijol.

Procedimiento de evaluación	Apion	Empoasca	Brúquidos
Evaluación en el campo	✓	✓	No
- Infección o infestación natural	✓	✓	No
- Infección o infestación natural con manipulación del cultivo o del ambiente			
· Epoca de siembra (Enero-Marzo y Julio-Sept. para Empoasca; Postrera para Apion)	✓	✓	
· Siembra en relevos para Empoasca	No	✓	
· Distancias de siembra	No	No	
· Nutrición de plantas (por ej. exceso de N)	No	No	
· Factores climáticos (luz, humedad, temp) - Epoca seca para Empoasca - Epoca lluviosa para Apion	✓	✓	
· Luz artificial	No	No	
· Aplicación de insecticidas selectivos - Para Empoasca - Para Apion Contra interferencias	✓	✓	
· Uso de muchos bordes susceptibles	✓	✓	
Evaluación el laboratorio			✓
- Inoculación o infestación artificial	No	No	✓
- Inoculación o infestación artificial con manipulación ambiente			✓
· Epoca de siembra			No
· Modificación de temperatura			Sí
· Modificación de humedad			Sí
· Modificación de luz			Sí
· Fuentes de resistencia de no escogencia con alimentación forzada			Sí

Digitized by Google

Tabla 3. Procedimientos de evaluación usados para determinar resistencia a enfermedades[†] en frijol.

Procedimiento de Evaluación	ANT	ALS	Roya	WB	Fus	Rhiz	SCL	CBB	HB	BCMV	BGMV	BSMV
Evaluación en el campo	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓
- Infección o infestación natural	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
- Infección o infestación natural con manipulación del cultivo o del ambiente												
· Epoca de siembra	✓		✓	✓							✓	✓
· Siembra en relevos (continuas)					✓	✓					✓	✓
· Distancias y densidad de siembra	✓			✓			✓					✓
· Nutrición de plantas (por ej. exceso de N)	✓	✓	✓	✓			✓					
· Factores climáticos (luz, humedad, temp)	✓	✓	✓	✓			✓				✓	✓
· Luz artificial												
· Aplicación de insecticidas selectivos											✓	✓
- Inoculación o infestación artificial											✓	
· Inoculación individual de plantas	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
· Inoculación masal	✓	✓									✓	
· Inoculación razas andinas o mesoamericanas	✓	✓	✓									
· Inoculación con mezcla de cepas	✓	✓	✓						✓			
Evaluación en invernadero o casas de mallas												
- Inoculación o infestación artificial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
- Inoculación o infestación artificial con manipulación del cultivo o ambiente												
· Modificación de temperatura	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
· Modificación de humedad	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓			
· Modificación de luz										✓	✓	✓

ANT = antracnosis, ALS = mancha angular, WB = mustia, Fus = Fusarium, Rhiz = Rizhobium, SCL = moho blanco, CBB = bacteriosis común, HB = añublo de halo, BCMV = mosaico común, BGMV = mosaico dorado, BSMV = mosaico severo.

Digitized by Google

El Diseño Eficiente de las Pruebas de Evaluación de Germoplasma

El objetivo del mejorador es desarrollar variedades mas productivas para los agricultores y el ensayo de rendimiento es el conducto a través del cual él puede conseguir que sus selecciones sean mas confiables, sin embargo, el horizonte de un programa de mejoramiento va mas allá de simplemente encontrar variedades que rindan mas que las variedades locales. Salvo casos muy especiales en los cuales se busca una adaptabilidad muy especifica, en general una variedad se diseña para ser sembrada en un rango amplio de ambientes. El mejorador tiene que saber cual es el ámbito dentro del cual esta variedad puede ser recomendada para evitar que por falta de información la difusión de un material inapropiado en una región se produzca una no deseada variabilidad de rendimientos. Es por esto que es norma corriente evaluar los materiales en un rango amplio de localidades en dos o mas estaciones de siembra sucesivas. Gracias a los ensayos de rendimiento, por lo tanto, será posible dar recomendaciones sobre la capacidad productiva de determinados materiales genéticos y sus rango de adaptación; estas recomendaciones deben ser exactas y precisas en cuanto a la magnitud del incremento en rendimiento y en el grado de interacción con el ambiente. De esto se deduce que un sistema de pruebas de germoplasma eficiente es aquel que: 1) está formado por ensayos que permitan detectar con la mayor exactitud posible las diferencias entre los genotipos; 2) detecta y explica la reacción de los genotipos a un amplio espectro de ambientes; y 3) asigna los recursos económicos de una manera racional.

La exactitud de los estimados de rendimiento

La exactitud tiene que ver con minimizar la diferencia entre un estimado empírico y el verdadero valor del parámetro; comúnmente se mide por el error standard y el coeficiente de variación. Parcelas mas grandes, selección de sitios con suelos uniformes, manejo de campo uniforme, mejor diseño de las repeticiones o aumento del número de repeticiones son algunas de las medidas aconsejadas para aumentar la exactitud. Lamentablemente, las medidas mas expeditivas, como por ejemplo aumentar el número de repeticiones, resultan costosas y por ello se deben examinar otras opciones . Una de ellas es refinar el análisis estadístico, hacerlo mas eficiente. A partir de la década de 1980 se está usando cada vez con mayor frecuencia un modelo de análisis estadístico conocido como AMMI, siglas del inglés Additive Main effects and Multiplicative Interaction (Efectos principales aditivos e interacción multiplicativa). El modelo AMMI comienza con un análisis de varianza corriente para calcular los efectos aditivos del genotipo y el ambiente; luego aplica el análisis de componentes principales para analizar los efectos no aditivos de la interacción. Lo interesante de este modelo, para el propósito de nuestra discusión, es que se puede alcanzar un mejor análisis estadístico con un nivel dado de exactitud con un menor número de repeticiones. Existe una buena referencia sobre análisis estadísticos de ensayos regionales utilizando este modelo (Gauch, 1992).

La adaptabilidad de los genotipos

Una variedad exitosa debe estar adaptada a un amplio rango de condiciones ambientales para asegurar la estabilidad del rendimiento, en consecuencia, es una práctica normal evaluar los

Digitized by Google

materiales bajo un amplio rango de localidades, tan temprano, en su estado de desarrollo, como sea posible; los materiales avanzados incluso se evalúan además, en por los menos dos estaciones de siembra consecutivas. En ambas circunstancias, mediante el análisis estadístico se cuantifican los valores de las interacciones en el análisis de varianza, que de una manera general tiene los siguientes componentes:

Fuentes de variación		
Genotipos	G	
Localidades	L	
Años	Y	
Interacciones		
Localidades x Años	LY	
Genotipos x Localidades	GL	
Genotipos x Años	GY	{ Int. Genotipo x Ambiente (GA)
Genotipos x Localidades x Años	GLY	

El mejorador sólo puede explotar la interacción GL, desarrollando variedades para localidades específicas, pero esto es una tarea casi imposible porque significaría un trabajo de mejoramiento para una innumerable cantidad de micro regiones, por esto, el mejorador busca que sus genotipos tengan amplia adaptabilidad y estabilidad, esto es, una habilidad de producir rendimientos esperados en el nivel de productividad del ambiente respectivo, en pocas palabras, un genotipo que muestre la mínima interacción genotipo por ambiente. Si se quiere identificar genotipos con amplia adaptabilidad y estabilidad de rendimiento, es indispensable la evaluación y selección en un amplio rango de ambientes.

Los dilemas de la eficiencia

El concepto de eficiencia en el sistema de pruebas de germoplasma está ligado al propósito de este sistema. Nuestro interés es medir con la mayor exactitud el rendimiento del mayor número de genotipos para ubicar los mejores para seleccionar una nueva variedad que pueda ser entregada a los agricultores ; nos interesa saber el ámbito de adaptación de esta nueva variedad, su comportamiento en todos los ambientes pertinentes, i.e aquellos hacia los cuales está dirigida y entender las causas que motivan su comportamiento diferencial con otros ambientes, i.e. su interacción. La forma de cómo lograr esta información con el menor número de parcelas, y por lo tanto con el menor costo, nos dará una idea de la eficiencia de nuestro sistema.

La fundamentación de como el número de repeticiones contribuye a aumentar la exactitud de un experimento se encuentra ampliamente discutida en reconocidos textos de estadística (Cochran y Cox, 1957). La noción de la importancia de las pruebas en amplia escala para definir el grado de adaptación de los genotipos es reconocida por los mejoradores desde el primer cuarto de este siglo cuando se desarrollaron conceptos novedosos respecto a las respuestas de las plantas a su habitat (Turesson, 1922). Por último, es reconocido que dentro de las estrategias de los mejoradores es imperativo probar el mayor número de genotipos posibles bajo las mas diversas condiciones. El

Digitized by Google

dilema que surge está relacionado con la asignación de recursos que desde una perspectiva práctica es el factor que determina la eficiencia de un sistema de pruebas de germoplasma: cúal es el balance ideal de repeticiones (*r*), ambientes (*a*) y genotipos (*g*) para lograr nuestros objetivos o dicho en otra forma como armonizamos la exactitud o sea la probabilidad de identificar correctamente un material superior (*r*), el ámbito de adaptación de estos genotipos (*a*) y la probabilidad de incluir en nuestras evaluaciones los mejores genotipos (*g*). Por supuesto que no existe una respuesta universal para este dilema pero si hay ciertas medidas que podemos tomar para hacer nuestro sistema de pruebas de germoplasma mas eficiente.

Medidas Indispensables para Alcanzar Eficiencia en las Pruebas de Germoplasma

Los testigos como filtro

El mejor recurso que tiene un mejorador para identificar genotipos promisorios son los testigos. Del uso de testigos apropiados depende mucho el éxito de las selecciones.

En los ensayos para escrutinio rápido (viveros de observación) no debe faltar el testigo local, esto es la variedad aceptada por los agricultores. Esta, algunas veces, no es la de mayor rendimiento, pero reúne una serie de características generales que la hacen aceptable. En estas primeras evaluaciones es conveniente probar un gran número de genotipos, pero lo mas importante es no seleccionar aquellos que no hayan sido capaces de siquiera igualar el comportamiento del testigo. Además de la comparación con el testigo local, es importante comparar las líneas respecto a su reacción a lo estreses, bióticos o abióticos, pertinentes. Para esto es indispensable usar por lo menos 2 tipos de testigos, el testigo resistente al estrés en estudio, y el testigo susceptible; en algunos casos en lugar de testigo resistente se puede hablar de testigo intermedio. La buena disposición de los testigos en el campo, es vital para hacer comparaciones confiables en los diseños sistemáticos donde se prueba un gran número de materiales. Mediante la selección de los materiales que son tan buenos o superan a los testigos local y resistente podemos aumentar las probabilidades de que los materiales que se prueben en la siguiente fase de ensayos mas críticos, sean realmente los mejores.

En los ensayos de rendimiento, con repeticiones además del testigo local es recomendable usar lo que podríamos llamar un testigo élite, que puede ser una variedad o una línea que, en el área o región de prueba, se distingue particularmente por su alto rendimiento, superior al del testigo local, pero que por alguna razón no se ha popularizado a nivel comercial. En Palmira, Colombia la línea de grano negro, BAT 271 es la de mayor rendimiento consistente; por ser susceptible a antracnosis, tener un hábito postrado y mostrar una adaptación sumamente específica no ha sido lanzada como variedad, sin embargo esta línea resultó ser el mejor patrón para seleccionar especialmente líneas de grano negro de alto rendimiento. En caso de no disponer de un testigo élite de una clase comercial de grano determinada, se puede usar uno de otra clase siempre y cuando el tamaño de grano, entre otras características, sea similar (ver Tabla 1). Cuando se trata de ensayos que se prueban en muchos lugares y se repiten a través del tiempo una buena estrategia es incluir un testigo de largo plazo algunas veces también llamado testigo internacional. Este es una variedad de comportamiento estable y amplia adaptabilidad que permite al investigador comparar genotipos a través de lugares y años según su comportamiento relativo a un testigo común en el tiempo y en el espacio. El CIAT en sus ensayos internacionales usó las variedades Jamapa (ensayos de grano

Digitized by Google

negro), Carioca (ensayos de grano crema), ExRico 23 (ensayos de grano blanco pequeño) como testigos a largo plazo.

En resumen, en los estados mas tempranos de la evaluación de un gran número de líneas, las diferencias entre éstas son muy grandes y no es necesariamente con muchas repeticiones mediante las cuales se van a detectar estas diferencias. El uso de testigos y un buen diseño de campo podrían ser mas efectivos que las repeticiones. La evaluaciones posteriores de estos materiales seleccionados si precisan de repeticiones. Teóricamente, cuantas mas, mayor exactitud en nuestros estimados, pero aquí tenemos que hacer un compromiso pues necesitamos saber en cuantas localidades vamos a instalar el ensayo. Un interesante estudio sobre este dilema entre aumentar el tamaño de un ensayo o repetirlo en otras localidades ha aparecido recientemente.

Una representación ambiental ligada a las situaciones de producción

En un programa de mejoramiento es imperativo determinar el área propuesta para un cultivar y la mejor forma de hacerlo es probando los genotipos en diversos localidades. Aunque se presume que la estación central de pruebas es representativa de la región, esto no siempre es así y además la variedad puede estar destinada para mas de una región. La escogencia de otras localidades de prueba es una decisión crítica por la gran influencia en el costo del experimento y por ello se debe hacer de una manera racional. Debido a que el comportamiento de los genotipos no necesariamente será el mismo en diferentes sitios (interacción genotipo x ambiente), probar el ensayo en diferentes sitios no sólo contribuirá a que los agricultores reciban las recomendaciones apropiadas sino que el análisis de esta información deberá ayudar al mejorador en la orientación de su programa. La escogencia de localidades debe hacerse con mucho cuidado; es importante recordar que la interpretación del componente de la interacción VL solo tiene significado si ésta es consistentemente mas grande que los de GY y GLY. Como no es muy común que esto suceda, generalmente las interacciones son grandes y complejas, entonces podría ser necesario orientar el desarrollo de variedades para diferentes regiones homogéneas, cada una con diferentes objetivos. De hecho, todo mejorador empieza trabajando dentro de zonas ecológicas determinadas *a priori*; el anexo 3 muestra ejemplos de estas regiones, cada una con sus propios requerimientos, en 2 países de América Latina, pero aun así, dentro de cada una de estas regiones se dan casos de sub áreas homogéneas para cada una de las cuales las recomendaciones varietales podrían ser diferentes. Debido la importancia de las interacciones genotipo x ambiente en las decisiones del mejorador, éste debe estar familiarizado con las técnicas para analizar estas relaciones. La interacción GA puede ser analizada por técnicas paramétricas de regresión lineal o por técnicas multivariadas.

Digitized by Google

Anexo 3

Zonas Agroecológicas de Investigación en Frijol

COLOMBIA

CORPOICA

Zona de clima cálido-moderado:	800-1200 m
Zona de clima medio, húmedo:	1300-1600 m
Zona de clima medio, seco:	1300-1600 m
Zona de clima frio-moderado:	1700-2400 m
Zona de clima frio:	> 2400 m

CENICAFE

Zona cafetera marginal alta:	1600-1800 m
Zona cafetera optima	1200-1600 m
Zona cafetera marginal baja	1100 m

MEXICO

INIFAP

Zona cálida con invierno seco
Zona cálido-húmeda
Zona templada húmeda
Zona templada semi-árida
Zona cálido-árida

Digitized by Google

Análisis Estadístico de los Ensayos Regionales

La siguiente es una relación de los análisis estadísticos que usualmente se realizan en los ensayos regionales:

Análisis estadísticos convencionales
- Análisis de varianza

Análisis de estabilidad
- Análisis de regresión conjunto

Interacciones cruzadas

Análisis multivariado de ensayos en localidades múltiples
- Técnicas ordinales
  - Análisis de componentes principales
  - Análisis de coordenadas principales
  - Análisis de factores
- Técnicas de clasificación
  - Análisis de conglomerados
  - Análisis discriminante

Bibliografía Recomendada

Sobre análisis estadístico de ensayos en múltiples localidades

Análisis de estabilidad

Eberhart, S.A., and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.

Linn, C.S., M.R. Binns, and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Sci. 26:894-900.

Skukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity 29:237-245.

Wricke, G. 1962. Uber eine Methode zur Erfassung der okologischen Streubreite in Feldversuchen. Z. Pfflanzenzuchtg. 47:92-96.

Interacciones cruzadas (crossover interactions)

Baker, R.J. 1988. Tests for crossover genotype-environmental interactions. Can. J. Plant Sci. 68:405-410.

Digitized by Google

Análisis multivariado de ensayos en múltiples localidades

a.- Técnicas ordinales

Análisis de componentes principales

Crossa, J., H.G. Gauch, and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30: 493-500.

Zobel, R.W., M.J. Wright, and H.G. Gauch Jr. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.

Análisis de coordenadas principales

Crossa, J, B. Westcott, and C. Gonzalez. 1989. The yield stability of CIMMYT's maize germplasm. Euphytica 40:245-251

Fox, P.N., and A.A. Rosielle. 1982. Reference sets of genotypes and selection for yield in unpredictable environments. Crop Sci. 1171-1175.

Análisis de factores

Peterson, C.J., and W.H. Pfeiffer. 1989. International winter wheat evaluation: relationships among tests sites based on cultivar performance. Crop Sci.29:276-282.

Seiler, G.J., and R.E. Stafford. 1985. Factor analysis of components of yield in guar. Crop Sci. 25:905-908.

Walton, P.D. 1972. Factor analysis of yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci. 12:731-733.

Técnicas de clasificación

Analisis de conglomerados (cluster analysis)

Ver Lin *et al.* (Crop Science 26:894-900.1986) y Westcott, B. (J .Agric. Sci.108:267-274. 1987)

REFERENCIAS

Cochran, W.G., and G.M. Cox. 1957. Experimental Designs, Second Edition. John Wiley, New York, N.Y.

Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Ams.

Gauch Jr. H.G., and R.W. Zobel. 1996. Optimal replication in selection experiments. Crop Sci. 36:838-843.

Jennings, P.R., W.R. Coffman, and H.E. Kauffman. 1979. Rice improvement. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines

Digitized by Google

Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. Hereditas 3:100-113

Voysest, O. 1997. PRO-PAIS: Una propuesta para evaluar el aumento de productividad (PRO), la protección del ambiente (PA) y el impacto social (IS) de la investigación en frijol. p. 457-458. *En* S.P. Singh y O. Voysest (eds.). Taller de mejoramiento para el Siglo XXI: Bases para una estrategia apra América Latina. CIAT, Cali, Colombia.

Digitized by Google

33806
09 FEB. 1998

Participación de los Agricultores en la Identificación y Adaptación de Nuevos Cultivares de Poroto: Agricultura Empresarial en Argentina

J.R. Ricci
Rosario de la Frontera, Salta, Argentina

RESUMEN

Argentina produce poroto para exportar ya que el consumo interno es mínimo de 0,240 kg/habitantes/año, lo que significa 7,920 TM anuales. En 1995 la exportación fue de 61,548 TM de alubia; 99,567 TM de negro y 19,323 TM de otros tipos de comerciales. Más del 90% de la producción de poroto se realiza en las provincias del noroeste (Salta, Tucumán y Santiago del Estero), normalmente sin riego ni fertilización. Los principales tipos comerciales son: alubia (blanco cilíndrico grande), negro y oval (blanco redondo grande). En menor proporción están: carioca, colorados, borlotti y el poroto pallar (*Phaseolus coccineus*) de grano blanco grande. El agricultor argentino debe competir libremente en el mercado internacional, sin recibir del Estado ayudas ni trabas, lo que produce en el tiempo una natural selección hacia los más eficientes. Más del 90% de los agricultores tiene estudios secundarios o universitarios. Respecto a asesoramiento técnico, casi el total de los agricultores medianos y grandes cuentan con él. La investigación que se realiza en el país es estatal y privada, que es solventada por los productores. La investigación estatal a su vez es nacional, conducida por el INTA y provincial, realizada por la EEAOC. Históricamente los agricultores tuvieron activa participación en la evaluación y adaptación de nuevos cultivares de poroto. La producción se inició a principios de siglo con semilla de "alubia", traída por inmigrantes españoles. En la década del 60, aparece el "bolita" (blanco pequeño) y en los años 70, la chaucha colorada (colorado mediano) y el "negro común" (mezcla de poblaciones de poroto negro), también introducidos por los agricultores. En 1977 aparece el Alubia Cerrillos INTA, primer cultivar mejorado por investigación. A mediados de la década del 70, se produce la gran expansión del área porotera hacia zonas más cálidas, lo que trajo aparejada la aparición del mosaico enano y posteriormente el mosaico dorado, que ocasionarían grandes pérdidas en la producción. En 1982 comienza la difusión de los cultivares de poroto negro, recibidos del CIAT: DOR 41, DOR 157 y BAT 304, los que en tres años desplazaron completamente a la población de negro común. El productor siempre fue receptivo y exigente para que se le provea de nuevos cultivares. Actualmente, los porotos negros más sembrados son: NAG 12, JEO 87-02-N, BAT 304 Y NP 85-9. En poroto blanco, TUC 27 (oval) se siembra aproximadamente 15 mil ha y en 1996 la superficie está en expansión. Los cultivares de alubia obtenidos, ABA 2 Y TUC 56, luego de ser probados por los agricultores, fueron dejados de sembrar por falta de calidad comercial o de producción. A partir de 1995 los productores están probando las nuevas variedades de alubia del INTA: Paloma y Perla. También fruto de la investigación privada, se están sembrando dos nuevos cultivares de alubia, aún sin nombre comercial. El proceso de obtención y aceptación de un nuevo cultivar, debe cumplir los siguientes pasos: 1) necesidad del mismo, 2) evaluación de germoplasma, 3) cruzamiento y selección, 4) ensayos comparativos de rendimiento, 5) parcelas demostrativas, 60 siembras comercial y 7) exportación. En los items 1,4 y 5, los agricultores participan activamente, junto a los investigadores; en 2 y 3, la participación es exclusivamente de los investigadores; en el 6, la participación es principalmente de los agricultores, con asesoramiento técnico; y en el 7, la participación es del agricultores y de los exportadores.

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Argentina produce poroto para exportar ya que el consumo interno es mínimo: 0.24 kg/habit./año (Ibarguren, 1993), lo que significa 7,920 TM anuales. En 1985, la exportación fue de 61,548 TM de alubia; 99,567 TM de negro y 19,323 TM de otros tipos comerciales, tales como cariocas, colorados y borlotti (Cámara de Legumbres de la República Argentina, 1996). Para

Digitized by Google

consumo interno, los poroto preferidos son: alubia, pallar y el manteca. Actualmente hay tendencia a incrementar el consumo interno, ofreciendo mayor calidad, otros tipos comerciales y difundiendo los beneficios nutricionales del consumo de esta legumbre.

Los principales tipos comerciales en producción pertenecen a *Phaseolus vulgaris* L. y son: alubia (blanco, grande, cilíndrico), con un peso de 45-65 g cada 100 semillas; negro (chico y opaco); TUC 27 (blanco grande ovalado) 100 semillas del cual pesan 40-55 g y, en menor proporción, colorado grande, tipo red kidney, carioca y borlotti. En pequeña cantidad, también se produce poroto pallar (*Phaseolus coccineus* L.), blanco grande, 100 semillas pesan 120-180 g y poroto manteca (*Phaseolus lunatus* L.), de grano crema a blanco, chico y aplanado, 100 semillas pesan 20-30 g.

En los últimos 10 años (1985-1994) la superficie sembrada en el país varió de 155,700 a 240,000 ha (Bolsa de Cereales Argentina, 1993/94), con rendimiento promedio, según el año, de 840 a 1,274 kg/ha (Tabla 1). La producción está concentrada en las provincias del noroeste argentino (NOA): Salta, Santiago del Estero, Jujuy y Tucumán, con más del 50 % en Salta.

Tabla 1. Superficie sembrada con porotos en hectáreas en Argentina y promedio de rendimiento en kg/ha.

Año	Superficie	kg/ha
1985	193211	1036
1986	193200	1036
1987	240000	840
1988	170950	1008
1989	168350	910
1990	213400	1002
1991	189630	1274
1992	188150	1160
1993	155700	1104
1994	174500	1133

Respecto al destino de la producción, el principal es la exportación a: blanco, alubia y oval a Europa Occidental, Japón, Israel, países Arabes y Brasil; negro a Latinoamérica (Brasil, Venezuela y Méjico). La producción de ambos tipos (alubia y negro), varia según los años (Cámara de Legumbres de la República Argentina, 1996).

En los últimos 8 años, la mayor producción de alubia fué en los años 1991 Y 1992, con 175,000 y 135,000 TM, respectivamente y la mayor producción de negro fué en los años 1990 y 1995, con 130,000 y 132,500 TM, respectivamente. La implementación del Mercosur (Mercado

Digitized by Google

Común del Sur), determinó el aumento de la producción de negro, al facilitar la comercialización con Brasil. En cuanto a la producción de otros tipos comerciales, ésta aumentó en los últimos 3 años de 6,000 TM en 1990 a 25,000 TM en 1995, debido principalmente a la producción de oval.

El mercado de alubia es de aproximadamente 80,000 TM., producción cuyo aumento o disminución trae aparejada grandes cambios del precio de exportación. Los precios varían anualmente, según el gramaje (número de granos en 100 g). En 1991 y 1992, la mayor producción coincide con los más bajos precios. En 1994 al disminuir la producción, el precio se triplicó. Esto determina claramente la necesidad de regular la producción ya que con precios muy deprimidos, los productores pueden quebrar y en caso de precios muy altos, pierden mercados. En poroto negro, el precio no está determinado por la producción sino por las necesidades de los compradores, así 1994 y 1995 fueron años de alta producción y altos precios, en cambio en 1992, tanto la producción como los precios fueron bajos.

ZONAS DE PRODUCCION

El poroto se siembra en el NOA en las provincias de Salta, Santiago del Estero, Jujuy y Tucumán. En el resto de Argentina, sólo hay superficies menores en Córdoba, Mendoza y Misiones. El poroto ocupa de norte a sur una franja en la que las precipitaciones anuales varían entre 550 a 900 mm. El clima es continental monzónico, las lluvias se producen entre los meses de octubre a abril y las heladas, entre mayo y septiembre (Tabla 2). La amplitud térmica diaria es grande, superando en algunos casos los 20°C. Están presentes las condiciones para la aparición de enfermedades de clima templado, tales como antracnosis (causado por *Colletotrichum lindemuthianum*) y moho blanco (causado por *Sclerotinia sclerotiorum*) y para enfermedades de climas cálidos, como bacteriosis común (causada por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) y mustia hilachosa (causada por *Thanatephorus cucumeris*) (Ploper, 1983) y también las enfermedades virósicas, tales como mosaico común (VMC); mosaico enano (VME), que producen el "achaparramiento" y mosaico dorado (VMD).

Las siembras se realizan entre los meses de enero (en el sur) a marzo (en el norte), para tener un desarrollo de las plantas con clima fresco antes de finalizar las lluvias y cosechar antes de las primeras heladas. A fines de la década del '60, el poroto sólo se sembraba en el sur de Salta, en los departamentos de Rosario de la Frontera y Metán y en Tucumán, en el departamento de Trancas, cubriendo una superficie inferior a las 40,000 ha (Ricci, 1983). Posteriormente, el desmonte de nuevas zonas determinó que el poroto sea el primer cultivo que se instala, incrementando su área hasta llegar a las 235,000 ha en 1980. En el NOA, se distinguen 8 zonas poroteras, caracterizadas cada una por su clima, problemas fitosanitarios y tipos comerciales sembrados.

Digitized by Google

Tabla 2. Lluvias mensuales en milímetros promedio.

Lugar Mes	R. Frontera Zona 1	Cerrillos Zona 2	Perico Zona 3	Trancas Zona 4	Ceibalito Zona 5	Sta. Clara Zona 6	Embarcación Zona 7	Garmendia Zona 8
Enero	156	170	148	105	174	125	157	138
Febrero	144	135	138	81	135	105	142	118
Marzo	124	94	106	71	175	119	107	114
Abril	44	27	35	14	70	62	52	43
Mayo	12	5	7	3	10	15	15	11
Junio	6	2	3	2	1	9	4	6
Julio	2	1	2	1	1	8	3	3
Agosto	2	3	3	2	2	11	5	2
Septiembre	5	5	4	4	6	4	6	9
Octubre	28	20	24	20	23	23	46	35
Noviembre	69	58	49	48	59	66	74	78
Diciembre	134	121	98	78	142	122	125	112
Total	726	641	617	429	798	669	736	668

Zona I

Sur de la Provincia de Salta, en los departamentos de Rosario de la Frontera y de Metán. En ésta, el cultivo de poroto comenzó a principios de siglo. Clima templado, con precipitaciones que oscilan entre 650 a 900 mm anuales y una altitud de 600 a 1,000 m sobre el nivel del mar. En muchas partes con suelos degradados, por erosión hídrica o por falta de rotación de cultivos. En los últimos 15 años, se inició la aplicación de técnicas conservacionistas tales como sistematización de suelos, labranza verticalmente, siembra directa, rotación de cultivos y últimamente el uso de fertilizantes. En esta zona, el poroto junto al maíz y soja son los principales cultivos. Las condiciones para producir poroto son buenas, con productores líderes, que cosechan más de 2,000 kg/ha. Los problemas fitosanitarios más importantes son bacteriosis común y antracnosis, aunque la incidencia de ésta ultima disminuyó, a partir de 1983 con el uso de variedades resistentes. El tipo comercial más sembrado es el negro, con los cultivares NP 85-9 (línea aún no inscrita, multiplicada por los productores) y NAG 12. El poroto blanco, ocupa menos del 20 % el área, siendo los cultivares más importantes TUC 27 (oval) y Alubia Cerrillos.

Digitized by Google

Zona II

Zona tabacalera del valle de Lerma, en la Provincia de Salta. Clima templado, la principal limitante es la falta de precipitaciones. Sin ser el principal cultivo de esta zona, se siembran 7,000 a 12,000 ha de poroto, según los años. Las enfermedades más importantes para este cultivo son: bacteriosis común y antracnosis, cuando hay susceptibilidad. Los tipos comerciales más importantes son el negro, con el cultivar NAG 12 y el blanco grande, con el cultivar Alubia Cerrillos.

Zona III

Zona también tabacalera, en la Provincia de Jujuy, similar a la zona II. Aquí se consiguen mejores rendimiento por ha, en muchos casos por la fertilidad residual después del cultivo de tabaco. Los productores tienen superficies medias a chicas en las que aplican alta tecnología, consiguiendo rendimientos promedios de 1,500 kg/ha. Se siembra en iguales proporciones poroto negro y blanco, con los cultivar NAG 12 y Alubia Cerrillos, respectivamente.

Zona IV

En el Departamento de Trancas, en la Provincia de Tucumán. Zona parecida a la II, pero con menos precipitaciones, alrededor de 550 mm. La falta de humedad es el principal limitante de la producción, por lo que algunos productores usan riego. El cultivo principal es el de pasturas, para el ganado de tambos. La superficie sembrada con poroto es aproximadamente de 4,000 ha. El principal problema sanitario es bacteriosis común. Los tipos comerciales más sembrados son, en negro, los cultivar NAG 12 y NP 85-9, en blanco, es el TUC 27 (oval).

Zona V

Departamento de Anta, en Salta, zona cálida, subtropical. El cultivo principal es soja, después maíz y poroto negro. En los desmontes realizados aquí en las décadas del 70 y del 80, el poroto fue el cultivo colonizador, con excelentes rendimientos en los primeros años, llegando a ser el cultivo principal de la región, pero a partir de 1979/80 la aparición de fuertes ataques de virus, transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci*), primero el mosaico enano, cuyos síntomas se denominan "achaparramiento" y luego el mosaico dorado. Estas virosis fueron tan severas que determinaron la desaparición del poroto alubia de la zona, a principios de la década del 90. Actualmente sólo se siembran entre 20,000 a 25,000 ha de porotos negros, que son más tolerantes a enfermedades. Los principales problemas sanitarios son los virus transmitidos por mosca blanca, mustia hilachosa y bacteriosis común. Los cultivares de negro, más sembrados son JEO 87-02-E y NAG 12.

Zona VI

Departamentos de Güemes, en Salta y Santa Clara, en Jujuy. Zona cálida, subtropical, su desarrollo se inició a principios de los 80, con los desmontes donde el poroto fue el primer cultivo implantado. El poroto permanece como cultivo principal, con escasa rotación, que determinó en los

Digitized by Google

últimos años una disminución en los rendimientos, por falta de fertilidad en los suelos. Otros cultivos de la zona son el maíz y el algodón. Principales problemas sanitarios de la zona son bacteriosis común, mosaico enano y dorado. En esta zona es tan importante el poroto negro como el blanco, con los cultivares BAT 304 y NAG 12, en negro y Alubia Cerrillos en blanco .

Zona VII

Es la más importante y está ubicada en el norte de Salta, en los departamentos de Orán y General San Martín. Clima subtropical, con precipitaciones entre 600 a 900 mm anuales. Esta zona tuvo un gran desarrollo en los últimos 15 años, con los desmontes, en los que se siembra poroto y es la única actualmente en expansión, sembrándose entre 80,000 a 100,000 ha. El poroto es el principal cultivo, siguiendo el algodón, maíz, soja, y hortalizas. Principales problemas sanitarios son : bacteriosis común, moho blanco y en los últimos años, las virosis transmitidas por mosca blanca causaron serios daños, posiblemente por el aumento del área algodonera, que en 1996 superó las 20,000 ha, al presentar este cultivo un ambiente propicio para la rápida reproducción de mosca blanca. Respecto a los tipos comerciales, el blanco es el principal, con aproximadamente el 80 % del área, el negro con un 15 % y otros tipos comerciales con el 5 %. En blanco el más sembrado es el cultivar Alubia Cerrillos, con mas de 60,000 ha en 1995, siguiéndole el TUC 27, oval, con 7,000 a 8,000 ha. En poroto negro, los cultivares más sembrados son: BAT 304, NAG 12, JE0 87-02 y NP 85-9. En otros tipos comerciales, se siembra carioca, con el cultivar Paulina INTA y cultivara de barlotti, introducidos desde España y Estados Unidos. En rojo tipo Red Kidney, los cultivares más sembrados son: ZAA-2 Y TUC 180.

Zona VIII

Ocupa de norte a sur una larga franja que abarca el este de la provincia de Tucumán, sudeste de Salta y oeste de Santiago del Estero. Clima subtropical, con precipitaciones entre 550 a 700 mm anuales, siendo la falta de humedad la principal limitante de la producción. Al igual que la zona V tuvo un desarrollo expansivo a mediados de la década del 70, con los desmontes, donde el poroto fue el primer cultivo implantado. Posteriormente, debido a fuertes ataques de virus transmitidos por mosca blanca, disminuy;o la superficie con poroto, pasando éste a ser un cultivo secundario. Los cultivos más importantes de esta zona son : soja; maíz; pasturas por último el poroto. Los problemas sanitarios más importantes son bacteriosis común y las virosis transmitidas por mosca blanca, mosaico enano y mosaico dorado. Respecto a tipos comerciales son: poroto negro, con los cultivares NAG 12 y JEO 87-02-S, comenzando a sembrarse los cultivares TUC 500 y TUC 390 y después el carioca con el cultivar Paulina INTA

LA INVESTIGACION EN ARGENTINA

En Argentina, la investigación en poroto es realizada por organismos oficiales y por la actividad privada. En cuanto a la investigacion oficial, puede ser nacional, llevada a cabo por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y provincial, conducida por la Estación Experimental Agro-industrial "Obispo Colombres" (EEAOC).

El INTA tiene como centro de investigacion en poroto a la Estación Experimental

Digitized by Google

Agropecuaria de Salta. También trabaja sobre este cultivo la Estación Experimental del INTA Leales, en Tucumán. INTA inició la investigación y extensión en poroto, en 1970/72 (García Medina, 1993) y actualmente trabaja en obtención y evaluación de cultivares, manejo del cultivo, economía y extensión. La EEAOC inició su trabajo en poroto en 1978, evaluando cultivares introducidos desde Estados Unidos y Europa, pero en 1980 los trabajos se intensificaron con la introducción de cultivares provenientes del CIAT. La EEAOC centra su actividad de investigación en la ciudad de San Miguel de Tucumán y complementariamente tiene a las Sub-estaciones de Benjamin Paz y de Monte Redondo. La EEAOC trabaja en obtención y evaluación de variedades, manejo del cultivo y extensión. La actividad privada realiza la investigacion individualmente o en colaboración con los organismos oficiales. Trabaja en el desarrollo de maquinaria para el cultivo de poroto, tales como cortadoras e hileradoras. Respecto a variedades, fueron introducidos cultivares desde EE UU y Europa, que fracasaron por estar adaptadas a climas diferentes. En el período 1980/87, la Cooperativa de Tabacaleros Jujuy, trabajó en colaboración con el INTA y la EEAOC, en la evaluación de cultivares y en técnicas de cultivo. En 1986 inicia su actividad el criadero "Cultivares", que realiza su investigacion en dos lugares de ensayos, en la provincia de Salta, en el departamento de Rosario de la Frontera y en el departamento de Anta, siendo su objetivo principal la evaluación y obtención, para la venta de semilla de cultivares adaptados a la zona porotera en los tipos comerciales más sembrados. En los ultimos seis años , este criadero orientó su investigación hacia nuevos tipos comerciales, para incrementar el espectro de exportación. Actualmente otras empresas privadas están comenzando a investigar en la solución de problemas de producción. Lo expuesto demuestra que en Argentina coexisten la investigación estatal y la privada, compitiendo o complementándose. Esto permite a los productores elegir según sus conveniencias, lo que les es útil.

EL AGRICULTOR ARGENTINO

El agricultor produce y exporta su producción, compitiendo libremente, sin recibir ayuda ni trabas del Estado y como en toda actividad económica. paga fuertes impuestos (Ministerio de Economía de la Nación, 1995). En el tiempo, esto produce una natural selección de los más eficientes. La única ayuda estatal aparente es la investigación realizada por el INTA y la EEAOC, pero hay que considerar que el INTA fue tradicionalmente solventado con un impuesto a las exportaciones agropecuarias y la EEAOC es financiada directamente por los agricultores de la provincia de Tucumán. Los créditos para producción no tienen subvención, debiéndose pagar la misma tasa que para cualquier actividad económica.

El agricultor porotero tiene dificultades para asociarse en organismos que comercialicen su producción, ya que las asociaciones más importantes, tales como la Cooperativa de Agricultores de Rosario de la Frontera y la Junta Provincial del poroto dejaron de funcionar. En cuanto a la Cooperativa de Tabacaleros de Jujuy, cinco años atrás dejo de trabajar en poroto. Como asociación importante sólo queda la Cámara de Legumbres de la República Argentina (CALERA), institución de libre asociación para productores, procesadores y exportadores de poroto, cuya función es tratar de solucionar toda la actividad legumbrera del país, trabaja en mercados, información general, fomento de nuevos tipos comerciales, etc.

En 1985, la EEAOC y el CIAT realizaron un trabajo sobre características del sector porotero en Argentina (Gargiulo et al., 1986). Las conclusiones más importantes fueron: 1) más del 60% de

Digitized by Google

los productores tiene menos de 10 años de experiencia en el cultivo; 2) respecto a la educación, el 36% tiene estudios primarios el 44% estudios secundarios y el 20% universitarios; 3) más del 80% de los productores recibe asistencia técnica, siendo la principal la de instituciones oficiales; y 4) el 84,7% de la tierra sembrada con poroto es trabajada por sus propietarios, el resto son distintas formas de arrendamientos.

Actualmente, 11 años después del trabajo mencionado, los cambios más importantes fueron: 1) más del 90% de los agricultores tienen estudios secundarios o universitarios; 2) es difícil encontrar agricultores medianos o grandes que no cuenten con asistencia técnica total o parcial. En la total, el profesional agrícola asume todas las decisiones relativas a la producción. En la parcial, el agricultor recibe asesoramiento sobre temas puntuales tales como: sanidad, variedades, sistematización y fertilización de suelos, etc. El asesoramiento particular es más importante. En cuanto a la tarea de los organismos oficiales, la asistencia técnica más importante que brindan, son las reuniones que realizan para difundir nuevas variedades o técnicas, como cosecha directa, manejo de suelos, etc. Así en 1996, INTA realizó cuatro reuniones con agricultores en sus campos de ensayo en distintas zonas y la EEAOC realizó una reunión en la sub-estación, Monte Redondo. Además, los entes oficiales reciben permanentemente consultas sobre diferentes temas; 3) el censo nacional agropecuario, realizado en 1988, determinó que la mayoría de productores siembra con poroto superficies de 100 a 500 ha. Respecto a la superficie total, el 43,3% corresponde a agricultores con 1,000 a 5,000 ha y el 25,5% a agricultores con más de 5,000 ha.

PARTICIPACION DEL AGRICULTOR EN LA EVALUACION Y ADOPCION DE CULTIVARES

En Argentina, el agricultor siempre tuvo activa participación en la evaluación y adopción de nuevos cultivares de poroto. Así, a inicios del siglo XX, comenzó la siembra del tipo alubia, con semilla traída por inmigrantes españoles establecidos en el sur de Salta, en los departamentos de Rosario de la Frontera y Metán. Este había sido seleccionado en España, a partir de introducciones de grano grande, llevadas desde el Perú después del descubrimiento de América.

Hasta 1977 el total de cultivares sembrados provenía de introducciones y selecciones realizadas por los mismos agricultores, siendo los más importantes: alubia, bolita criollo, bolita cristal, chaucha colorada, negro común, chaucha regina, chaucha frutilla, great northern, triguito, manteca y pallar (Voysest, 1983). En la década del 70, era común que los agricultores importaran de España, Francia, Italia o EE UU, cultivares mejorados como Lingot de Francia; Canellini de Italia y diferentes cultivares de Red Kidney y Great Northern, de EE UU. Estas introducciones fracasaron en general, por provenir de climas diferentes al del NOA y como los organismos oficiales no mejoraban material, los agricultores se limitaban a lo que estaba a su alcance. En 1977 INTA difundió el primer cultivar obtenido en el país, Alubia Cerrillos INTA, que reemplazó, por su calidad comercial y uniformidad, a la anterior población de alubia.

Finalizando la década del 70, se realizaron en las zonas más cálidas, grandes desmontes y fue el poroto el primer cultivo que se implanto, llegando a ocupar 235000 ha en 1980. En esta zona, más cálida tuvo buena producción inicial, pero luego aparecieron virosis que eliminaron totalmente al cultivo. Los síntomas eran: plantas enanas, arrepolladas, de pocas hojas carnosas, sin producción, a esto se le denominó "achaparramiento". Esto fue determinante para que los agricultores dejaran de hacer poroto en zonas de alta incidencia del virus. En 1981 el Dr. Francisco Morales, del CIAT,

Digitized by Google

determinó que el achaparramiento es producido por el virus del moteado clorótico, luego mosaico enano, que es transmitido por la mosca blanca (Morales, 1981). A partir de esta identificación, la EEAOC y el INTA, realizaron una profunda investigación para solucionar el problema, contando con la colaboración de los agricultores en la conducción de los ensayos y campos demostrativos. Así, en 1982, la EEAOC inscribió el cultivar DOR 41, originario del CIAT, tolerante a este virus y posteriormente lo hizo con BAT 304 y DOR 117. Cuando se decidió difundir estos cultivares, los agricultores ya disponían de suficiente semilla, obtenida por multiplicación de la cosechada en los campos demostrativos. Estos nuevos cultivares eran más tolerantes a enfermedades y más rendidores que la población de negro común (Ricci, 1983) Tabla 3. La Tabla 3 demuestra el mayor rendimiento de los nuevos cultivares en todo el NOA. La difusión de éstos fue muy rápida, como lo demuestra un trabajo realizado en 1985 por la EEAOC y el CIAT que estableció para la adopción de los nuevos cultivares en el NOA, los siguientes porcentajes: 1981, 0%; 1984, 66,7%; 1985, 85,5%. Esto demuestra que si un cultivar es superior, rápidamente es adoptado por los agricultores argentinos. Estos exigen la provisión de cultivares que solucionen sus problemas y así como están dispuestos a evaluar los que se les ofrece; son críticos para adoptarlos.

Tabla 3. Ensayos regionales año 1982. Rendimiento del testigo y mejores líneas - resistencia a moteado clorótico.

Línea	Benjamín Paz	Monte Redondo	Piedra-buena	La Cocha	Santa Isabel	Las Cañas	Burela	Moteado Clorótico
Negro común (testigo)	1.285	947	1.984	1.432	952	1.380	1.611	3,5
TUC 87	2.380	1.542	2.165	1.894	1.570	1.499	2.034	5,5
TUC 103	2.189	1.594	2.218	2.284	1.951	1.523	2.113	3,5
DOR 41	2.570	1.980	2.656	2.315	2.641	2.237	2.361	1,0
EMP 84	2.903	1.861	2.808	1.637	2.594	1.951	2.237	1,5
BAT 304	2.951	2.141	2.499	1.946	1.784	1.856	2.131	1,5
BAT 7	2.665	1.651	3.141	2.051	2.451	1.561	2.663	1,5
BAT 448	3.141	1.428	2.284	1.951	2.856	2.094	1.884	2,0

Son muchas los cultivares inscritos en el Instituto Nacional de Semillas (INASE), probados por los agricultores y luego dejados de sembrar al no reunir las características que ellos requerían. La Tabla 5 muestra las variedades inscritas hasta 1995. Al listado, hay que agregar el cultivar NP 85-9, sacado por los agricultores de los ensayos y multiplicado aún sin inscribir, del que se sembraron más de 15,000 ha en 1996. En el NOA, la multiplicación de un nuevo cultivar es rápida, ya que las condiciones para producir semilla son óptimas, en la mayoría de los casos.

Digitized by Google

El proceso de desarrollo de un nuevo cultivar en la Argentina está integrado por las siguientes etapas (Ricci, 1983): 1) necesidad del mismo; 2) evaluación del germoplasma; 3) cruzamientos y selección; 4) ensayos comparativos de rendimiento (ECR); 5) campos demostrativos; 6) siembra comercial; y 7) exportación.

1. Necesidad de un nuevo cultivar: Estos son requeridos a los organismos oficiales para satisfacer necesidades tales como: nuevos tipos comerciales, por ej. rojos grandes y moteados, bayos, rojos medianos, etc.; tipo de planta adaptada a cosecha directa, como los nuevos cultivares de negro NP 85-9 y NAG 12; resistencia o tolerancia a enfermedades, principalmente a mosaico dorado, bacteriosis común y moho blanco; cultivares con mayor potencial de producción, actualmente los cultivares de negro, en cultivo y en ensayo no difieren mucho en potencial cuando no se presentan limitantes sanitarias (Tabla 4). Este muestra que en Rosario de la Frontera, donde las condiciones para producir fueron buenas, no hay diferencia entre cultivares, mientras en Tartagal, donde hubo un ataque medio de mosaico dorado, los cultivares susceptibles rindieron significativamente menos.

Tabla 4. Año 1996. Rendimiento de ensayos de porotos negros en Rosario de la Frontera y Tartagal. Producción kg/ha.

Variedad	Rosario de la Frontera	Tartagal	Mosaico Dorado
JEO 87-02-N (T)	2.223	1.626	3
TUC 500 (T)	2.306	1.523	2
NAG 12 (T)	2.382	1.538	3
DOR 446	2.303	1.588	2
NP 85-1	2.064	1.490	4
NP 85-9 (T)	2.160	1.507	4
BAT 304 (T)	2.025	1.524	4
RAZ 52	2.148	821	8
RAZ 51	2.255	897	7
NAB 16	2.342	1.533	4
NAB 88	2.199	1.389	6
NAB 89	2.199	1.452	5
NAB 87	2.144	1.460	5
DMS (0.05)	318	273	

Mosaico Dorado: Escala 1-9.

Digitized by Google

Tabla 5. Variedades de porotos inscritos en el Instituto Nacional de Semillas (INASE).

Variedad	Color o tipo comercial	Solicitante
Alubia Cerrilos INTA	Blanco alubia	INTA Salta
ABA 2	Blanco alubia	INTA Salta
Canela INTA	Blanco pequeño	INTA Salta
Paulina iNTA	Crema rayado - Carioca	INTA Salta
XAN 112 INTA	Negro pequeño	INTA Salta
G 1753	Negro pequeño	INTA Salta
NAG 12 INTA	Negro pequeño	INTA Salta
Camilo INTA	Negro pequeño	INTA Salta
Paloma INTA	Blanco alubia	INTA Salta
Perla INTA	Blanco alubia	INTA Salta
DOR 41	Negro pequeño	E.E. A.O.C.
DOR 157	Negro pequeño	E.E. A.O.C.
BAT 304	Negro pequeño	E.E. A.O.C.
TUC 390	Negro pequeño	E.E. A.O.C.
TUC 500	Negro pequeño	E.E. A.O.C.
PVAD 1111	Rojo grande	E.E. A.O.C.
PVAD 1101	Rojo grande	E.E. A.O.C.
TUC rojo 180	Rojo grande	E.E. A.O.C.
TUC 56	Blanco alubia	E.E. A.O.C.
TUC 122	Blanco chico	E.E. A.O.C.
TUC 27	Blanco oval	E.E. A.O.C.
JEO 87-02-N	Negro pequeño	Criadero Cultivares
ZAA-2	Rojo grande	Criadero Cultivares
Cumulus	Blanco pequeño	Lamburt S.A.
Seaforth	Blanco pequeño	Lamburt S.A.

Digitized by Google

2. Evaluación de germoplasma: Trabajo realizado por los investigadores, destinado a obtener las fuentes para obtención de los objetivos buscados.

3. Cruzamientos y selección: Realizado por los investigadores. Los agricultores también hacen selección cuando aparece un nuevo tipo en su cultivo, pero en los últimos años no tuvieron éxito en producir cultivares que luego fueran aceptadas.

4. En ensayos comparativos de rendimiento (ECR): Labor coordinada por los investigadores, en la que los agricultores participan en distintos grados: prestan sus campos para sembrar y colaboran en el mantenimiento de los ensayos; acompañan a los investigadores en las evaluaciones y en casos extremos sacan semilla de los bordes del ensayo para multiplicar los cultivares que les gustan.

5. Campos demostrativos: Planificados por los investigadores, para mostrar las características de los nuevos cultivares en campos de los agricultores, quienes colaboran en la siembra, conducción y cosecha, quedando además con semilla para multiplicar los cultivares promisorios.

6. Siembra comercial: La realizan los agricultores con distintos grados de asesoramiento técnico.

7. Exportación: Realizada por exportadores tradicionales o por agricultores en forma individual o asociados para exportar su producción.

No es fácil imponer un nuevo cultivar, pues, el agricultor argentino es receptivo pero también muy selectivo para adoptar un cultivares definitivamente. Esto ocurrió con los cultivares de alubia TUC 56 y ABA 2, cada uno de los cuales alcanzó más de 1,000 ha y fueron promocionados por INTA, EEAOC y la Cámara. de Legumbres de la Republica Argentina y posteriormente dejados de sembrar. En cambio, en poroto negro, el cultivar NP 85-9 pese a no estar aún inscrito y no haberse vendido semilla es muy requerido en la zona húmeda de Rosario de la Frontera y Metán.

Actualmente los agricultores estan evaluando y multiplicando los nuevos cultivares del INTA Perla y Paloma y otros dos alubias sacados de ensayos oficiales: Alule y PF 1 y también dos sacados de ensayos de investigación privada. En condiciones de ataques medianos a severos de mosaico dorado, estos nuevos cultivares de alubia rinden significativamente más que el testigo Alubia Cerrillos (Tabla 6). Esta diferencia de rendimientos hace preveer un cambio varietal en los próximos años.

Digitized by Google

Tabla 6. Evaluación de variedades de alubia en Rosario de la Frontera y Tartagal en 1996.

	kg/ha		Enfermedades			
Variedades	R. Frontera	Tartagal	Bacteriosis	Achaparramiento	Dorado	Gramaje
BG 91-3	1826	1797	4	1	3	190
BG 94-1	1747	1381	7	2	3	165
BG 85-62	1802	1323	4	2	3	160
BG 91-9	1877	1547	6	1	3	170
BG 87-3	1627	1029	4	2	4	170
BG 91-6	1389	963	7	1	3	185
BG 91-2	1747	1055	4	2	4	185
BG 91-5	1707	946	6	3	5	170
BG 91-10	1688	1189	7	2	4	190
TUC 27 (T)	2461	1024	4	3	7	185
Alubia Cerrillos (T)	1608	334	7	7	9	165
Perla INTA (T)	1986	876	4	3	6	165
Paloma INTA (T)	1787	1127	4	3	6	176
DMS (0.05)	258	297	-	-	-	-

Ejemplo de evaluación de nuevos cultivares por los agricultores: Los agricultores se reunen para evaluar nuevos cultivares, ejemplo de ello es el grupo de cambio rural El Condor, formado por 8 agricultores medianos a grandes, coordinados por un ingeniero agrónomo, manejando ellos personalmente sus campos. En 1996, se reunieron para evaluar los nuevos cultivares de alubia en la localidad de La Salada, departamento de Rosario de la Frontera. Esta es zona marginal para otro cultivo que no sea poroto y sorgo granífero y las principales enfermedades son mosaico enano, mosaico dorado y bacteriosis común. Se transcribe el informe sobre los resultados obtenidos por el grupo:

Origen de los cultivares ensayados:

Guayacán :	sacado de ensayos
Paloma INTA:	comprado al INTA
Perla:	comprado al INTA
Alule:	sacado de ensayos
Alubia Cerrillos INTA (testigo):	semilla propia

Digitized by Google

Fecha de siembra: 12/02/96
Lluvias: febrero 184 mm; marzo 61 mm; abril 17 mm; mayo 25 mm
Total lluvias: 287 mm
El 20 de febrero, un fuerte viento arranco el 40 % del follaje.
En el testigo se controló mosca blanca con Temik 15, en dosis de 3,3 kg/ha. En el resto no se aplicó control químico. El cuadro siguiente muestra los resultados obtenidos:

Variedad	Sup (has)	Días a cosecha	Plantas/ha	kg/ha	Gramaje
Alubia Cerrillos	100,0	90	201.600	1.552	162
Guayacán	0,3	921	129.600	2.550	167
Paloma INTA	2,6	80	201.600	1.848	185
Alule	4,8	90	115.200	1.600	180
Perla INTA	6,62	95	201.600	1.592	168

El cultivar Guayacán fue cosechado a mano, el resto mecánicamente. Guayacán: Muy resistente a todas las virosis, no presenta otra enfermedad. Fácil dehiscencia de vaina. Grano de buen color y tamaño. Paloma INTA: Muy resistente a virosis. No presenta otra enfermedad. Susceptible al manchado de granos. Granos medianos, parejos y de muy buen color. Alule: Resistente a virus. Presentó un ataque de mustia a 15-25 días de nacido, que luego desapareció y después de las lluvias retoñó como Alubia Cerrillos. Buen grano y uniforme, con rotura de testa. Perla INTA: Resistente a virosis. Diferente a los otros cultivares probados, plantas de tallos gruesos y susceptible a sequía. Grano grande, alargado, con pequeño amarillamiento en la boca (hilium). Alubia Cerrillos INTA (TESTIGO) : Semilla pura, mantenida en la finca con alta pureza, por selección manual de plantas fuera de tipo. A los 10 días presentó un cuadro de mosaico común en el 30 % de las plantas, que luego se extendió al 80 %, perdiéndose las primeras floraciones. A los 80 días llovió y las plantas retoñaron, volviendo a florecer, lo que produjo más del 70 % de la cosecha. Se considera riesgoso en la zona sembrar Alubia Cerrillos por ataques virósicos (achaparramiento y mosaico común). El grano es el mejor, sólo igualado por poroto Guayacán. Con la semilla cosechada en 1997 se incrementará la siembra de los nuevos cultivares, para determinar sí alguno puede reemplazar al Alubia Cerrillos. El grupo está en condiciones de producir semilla, en pureza y calidad, de cualquier cultivar y mantenerla en el tiempo. Hay que continuar los ensayos y multiplicar los cultivares promisorios.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Bolsa de Cereales (Argentina). 1993/94. Número estadístico.

Cámara de Legumbres de la República Argentina. Marzo, 1996. Boletín informativo No.158.

Cámara de Legumbres de la República Argentina. Febrero, 1996. Boletín informativo No.118.

Garcia Medina, S. 1993. Nuevos Cultivares de Poroto. Un Avance para Mejorar la Competitividad de la Producción. Primer curso taller de actualización sobre legumbres.

Gargiulo, C. 1986. Adopción de nuevas vriedades de poroto negro en la Argentina y retorno social de la inversión en investigación. Miscelánea No. 80. EEAOC.

Gargiulo, C.A., y D. Pachico. 1986. Análisis descriptivo del sector porotero del noroeste Argentino. Miscelánea No.80. EEAOC.

Ibarguren, R.A. 1993. Economía de Producción y Comercialización de Legumbres Secas en el Noroeste Argentino. Primer curso taller de actualización sobre legumbres.

Morales, F.J. 1981. Informe sobre el Achaparrariento en Argentina.

Ministerio de Economía de la Nación. 1995. Economías Regionales. Informe Interno.

Ploper, L.D. 1983. Enfermedades del Poroto en el Noroeste Argentino y su Control. Primera reunión ténica nacional de poroto. EEAOC.

Ricci, J.R. 1983. El Cultivo de Poroto en el Noroeste Argentino (Agronomía). Primera reunión técnica nacional del poroto. EEAOC.

Ricci, J.R. 1983. Programa de Mejoramiento Genético de Poroto (*Phaseolus vulgaris*) en la EEAOC. Primera reunión técnica nacional de Poroto.

Voysest, O. 1983. Variedades de Frijol en América Latina y su Origen. CIAT, Cali, Colombia.

Digitized by Google

33807
09 FEB. 1988

Métodos Alternativos para una Producción Sostenible de Semilla de los Nuevos Cultivares de Frijol

Rogelio Lépiz Idiaquez
PROFRIJOL, Guatemala, Guatemala

RESUMEN

En los países productores de frijol de América Latina se ha reconocido que uno de los muchos factores que afectan negativamente la producción de esta leguminosa, es el poco uso de semilla de calidad. También es un hecho aceptado que la producción y abastecimiento de semilla de frijol por el método convencional (semilla certificada), es muy limitado. Como respuesta a las necesidades de semilla, principalmente para apoyar la promoción y difusión de las variedades mejoradas recién liberadas, los países han buscado métodos alternativos para la producción y distribución de semilla de frijol, procurando mantener la calidad, la oportunidad de la oferta y un precio al alcance de los pequeños productores. A estos métodos alternativos o no convencionales, se les ha agrupado dentro de lo que se llama "producción artesanal de semilla". Las experiencias de los países centroamericanos y andinos en producción artesanal de semilla de frijol, son muchas, de éxitos y fracasos. Los éxitos han sido frecuentes hablando de producción y de calidad, pero son contados los casos de una producción y oferta sostenibles. La experiencia ha mostrado que la producción de semilla a través de grupos organizados es una de las mejores alternativas; han tenido algunos problemas, susceptibles de corrección. Los grupos organizados facilitan las actividades de capacitación, asistencia técnica y seguimiento; como grupo los productores pueden conseguir donaciones, crédito o formar un fondo para gastos de operación; se puede producir un volumen mayor y esperar el beneficio (económico) hasta la venta del producto como semilla. Es importante señalar que la formación del grupo semillerista requiere de mucho apoyo institucional, especialmente en sus inicios y que para su sostenibilidad, además de la demanda del producto, se debe mantener una oferta y calidad de semilla permanentes. Adicionalmente y pensando en el mayor abastecimiento de semilla, deberá buscarse la organización de un sistema integrado para la producción, donde no se descarte la producción de semilla certificada.

LA SEMILLA COMO INSUMO IMPORTANTE

Es un hecho indiscutible y una aseveración fuera de duda, que la semilla es uno de los insumos básicos en toda actividad de producción agrícola. Es el vehículo o elemento portador de las características propias de una variedad y de su potencial genético de producción. La utilización de buenas semillas de las mejores variedades, ayudan a los agricultores y a sus familias a producir más y mejores alimentos. La semilla es el vehículo que tienen los mejoradores y extensionistas para transferir el potencial genético de los nuevos cultivares y una de las maneras de introducir algunos cambios en los sistemas de producción agrícola.

SISTEMAS DE SUMINISTRO DE SEMILLAS

Sistema Tradicional Local (STL)

Se estima que más del 80% de la superficie sembrada con frijol en los países de América Latina, se realiza con "semilla" de fuentes locales; por ejemplo, utilizando semilla de la cosecha del propio agricultor, adquiriéndola con sus vecinos, comprándola en los mercados locales, etc. Este tipo de "semilla", es en realidad grano comercial, con poco o ningún beneficio postcosecha. El

Digitized by Google

sistema tradicional de suministro de "semilla", propio de los cultivos como frijol, de medianos y pequeños agricultores, ha existido desde siempre. Ha permitido a los productores conservar y aún mejorar sus propios cultivares, mediante la selección de plantas en el campo o de semillas en sus casas.

No obstante las bondades del sistema tradicional, donde lo más frecuente es el uso de semilla producida en el mismo campo del agricultor, tiene deficiencias importantes. En áreas donde existen enfermedades que se trasmiten por semilla, este insumo es la fuente primaria de infección del cultivo; en sitios donde la forma de trilla ocasiona daños físicos al grano, se afecta el vigor y la viabilidad. Por otro lado, el uso de semilla tradicional local, reduce el acceso a las nuevas variedades.

Sistema de Semilla Certificada (SSC)

El sistema formal o de producción de semilla certificada, basado en grandes empresas privadas o estatales, que sigue reglas y procedimientos oficialmente aprobados para su producción, beneficio y comercialización, ha sido muy efectivo en el caso de cultivos extensivos, de agricultura empresarial y muy especialmente donde se manejan híbridos. El beneficio e impacto del uso de semilla certificada aún en los países latinoamericanos y en cultivos como maíz, sorgo, soya, hortalizas, etc., es muy sobresaliente. No obstante lo anterior, el sistema organizado de producción de semilla certificada, tiene serias limitaciones técnicas y económicas para suministrar semilla "mejorada" en cultivos como frijol, propio de productores medianos y pequeños. Algunas de las causas del poco uso de semilla certificada en el cultivo de frijol en los países latinoamericanos, son las siguientes: a) muy limitado número de empresas privadas dedicadas a la producción de semilla de frijol; b) poca producción y disponibilidad no permanente de semilla; c) centros de distribución alejados de las áreas de producción; d) alto precio de la semilla certificada; e) poca demanda, en muchos casos por desconocimiento de las ventajas de usar semilla mejorada; f) normas sobre certificación rígidas y burocráticas.

Sistema de Producción Artesanal (PAS)

Debido a la ausencia de un sistema consolidado y permanente de aprovisionamiento de semilla mejorada, de calidad, en los países latinoamericanos donde el frijol es un cultivo de implicaciones socioeconómicas importantes y donde el uso de grano como semilla tiene problemas como los ya mencionados para una buena cosecha, los países de Centroamérica (Red PROFRIJOL) y de la Zona Andina (Red PROFRIZA), identificaron en los años 80's como verdadero cuello de botella la falta de semilla mejorada. Como respuesta a las necesidades de semilla, en sus inicios para promover y difundir el uso de las numerosas variedades mejoradas recién liberadas por los programas nacionales, PROFRIJOL en 1985 inició el trabajo de multiplicación de semilla mejorada con los propios agricultores.

Digitized by Google

Producción Artesanal de Semilla (PAS)

Por su parte la Unidad de Semillas dei CIAT organizó en 1986 el seminario sobre "Semilla Mejorada para el Pequeño Agricultor", como respuesta a la necesidad de buscar caminos diferentes a los de la empresa comercial, que no llega por diferentes razones a los pequeños y medianos agricultores. El proyecto PROFRIZA que inició sus actividades en 1988, desde su primer fase de trabajo incluyó la PAS. Después de un rechazo inicial por los especialistas en semillas y de una labor de convencimiento a través de conferencias y cursos sobre el tema, se logró la aceptación de llevar a la práctica la propuesta.

Igualmente, el proyecto sobre investigación participativa (IPRA) del CIAT en el Departamento del Cauca, Colombia, siguiendo el modelo de investigación participativa en campos de agricultores, estimuló a un grupo de agricultores a organizarse para producir semilla mejorada de las nuevas variedades a partir de 1990, bajo el sistema de producción artesanal. En adición a los ejemplos anteriores, se puede afirmar que en todos los países frijoleros de América Latina, en los últimos años se han ejecutado acciones sobre PAS, encaminadas a reducir el cuello de botella que representa la falta del insumo semilla de calidad en la producción de frijol.

Algunas de las características básicas que enmarcan lo que se identifica como PAS, son las siguientes: a) puede ser producida por agricultores individuales o por grupos organizados en cooperativas o asociaciones; b) los productores deben recibir capacitación en producción, beneficio y comercialización; c) la semilla producida debe ser de calidad, cuidando especialmente los aspectos de sanidad y viabilidad; d) debe contar con normas internas sobre producción y beneficio, para asegurar la buena calidad; e) sin estar sujeta a las normas oficiales de producción de semilla, sí debe contar con el visto bueno de las autoridades en semillas; f) debe contar con soporte técnico y administrativo de instituciones u organizaciones especializadas; g) utilización de mano de obra, sistemas y herramientas locales para la producción y beneficio, buscando bajar costos; h) el precio de venta de la semilla, no debe ser mayor al 50% del grano comercial. En la gran mayoría de los casos, los programas, proyectos o actividades en PAS, han tenido éxito en producir semilla de calidad, éxitos parciales en la comercialización del producto y contados logros en autogestión y sostenibilidad.

Sistema de Producción Mixto (SPM)

En muchos de nuestros países existen los tres sistemas de producción y suministro de semillas enumerados anteriormente; sin embargo, en la mayoría de los casos, no están integrados bajo un programa nacional de semillas que aproveche las ventajas que tiene cada uno de ellos. Por ejemplo, se habla de PAS y no se quiere saber nada de SSC; el caso contrario también es muy cierto, suscitándose en ocasiones situaciones de controversia y rechazo mutuo.

Si la demanda de semilla mejorada no está cubierta, los países deberían promover un sistema mixto para el caso de frijol y cultivos similares. En el STL, a través de cursos de adiestramiento a los agricultores, se les puede capacitar para producir su propia semilla de mejor calidad. En áreas específicas con demanda declarada, aprovechando las organizaciones de productores, se puede fomentar la PAS. Igualmente, en algunos países puede haber grandes áreas de siembra y de agricultura empresarial, donde sea factible promover a través de empresas estatales o privadas, la SSC. Los ingredientes fundamentales, indispensables para promover y poner a funcionar un sistema

Digitized by Google

mixto o integrado a nivel nacional o de región dentro de un país, son la elaboración de un plan a largo plazo, la voluntad política de alto nivel para realizarlo y el apoyo técnico y financiero para la operación del proyecto.

PEQUEÑAS EMPRESAS, UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE

Las experiencias recientes en el área de producción y suministro de semilla de frijol, muestran que los grupos de productores organizados en cooperativas o asociaciones, representan una de las mejores opciones. Como se ha mencionado, algunos de estos grupos de pequeños agricultores organizados en pequeñas empresas, han tenido éxito en producir, beneficiar y comercializar semilla de buena calidad (Pescador, Colombia; El Chaupi, Ecuador; Dandán, Ecuador; Mairana, Bolivia). Estos grupos pueden considerarse sostenibles. Algunas empresas pequeñas, han iniciado muy bien, pero han tenido serios problemas para continuar (Santa Gertrudis en Guatemala; Lives y Chota, en Perú; El Inca, Ecuador), fundamentalmente por problemas logísticos, de mercadeo, financieros y de política, que vulneran la sostenibilidad de estos pequeños sistemas de semillas.

Las experiencias sugieren que para lograr la sostenibilidad de las pequeñas empresas con sistemas de suministro de semillas mejoradas de producción artesanal, es necesario incorporar algunos elementos clave, desde el momento mismo de su inicio. En primer término y desde su planeación, un programa de producción artesanal de semillas debe tener un enfoque de negocio; no depender de subsidios estatales o de proyectos pasajeros y paternalistas. Este tipo de "ayudas", pueden ser necesarias y estratégicas en la etapa inicial de un proyecto; sin embargo, la organización debe buscar como uno de sus objetivos, la autogestión. El éxito de la empresa pequeña o grande, dependerá de la habilidad para producir y vender la semilla con ganancias.

Entre algunos de los elementos que deben considerarse en el área mercadeo, están los siguientes: a) ubicarse en una área estratégica, con demanda de semilla; b) definir el tamaño de la empresa, teniendo en cuenta la demanda real; c) anticiparse al mercado real de semillas, con estudios de demanda y precio del grano comercial; d) definir las variedades de mayor preferencia; e) producir y vender semilla de calidad, cuando y donde se necesite; f) la semilla de calidad debe ser diferenciada, con envases rotulados y las etiquetas debidas; g) el tamaño del envase debe tener en cuenta el volumen de las compras efectuadas; g) aprovechar todos los canales de distribución posibles. Adicionalmente, el sistema de semillas debe encadenarse buscando alianzas con las instituciones de investigación, para el suministro de nuevas variedades, de semilla básica y capacitación; con el sistema nacional de semillas, buscando el apoyo político y el reconocimiento del producto, como semilla mejorada. Con los productores de frijol, preferiblemente organizados, buscando asegurar la venta de la semilla.

RESUMEN DE SUGERENCIAS A CONSIDERAR EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA PEQUEÑA EMPRESA DE SEMILLAS CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD

Ubicación

En una área productora de frijol con demanda de semilla, con potencial de crecimiento e impacto asegurado, que disponga de variedades mejoradas de grano comercial, de apoyo institucional y con condiciones agroclimáticas adecuadas para la producción de semilla.

Digitized by Google

Objetivo

El objetivo de una empresa de semillas por pequeña que sea, debe ser el de producir y vender semilla con un enfoque de rentabilidad, de negocio sostenible. Debe diferenciarse de un proyecto encaminado a producir semilla para fomentar y difundir una nueva variedad, el cual puede ser de duración temporal; esta circunstancia debe aprovecharse como un momento clave para ayudar a difundir la variedad, promover la empresa y buscar su capitalización.

Organización

Aprovechar las organizaciones locales ya establecidas, con prestigio reconocido; planeación de la producción en el mediano plazo, contemplando la producción de semilla en las diferentes fases; capacitar a los productores en aspectos técnicos y administrativos; capacitar a la directiva del grupo semillerista, en aspectos de autogestión administrativa y seguimiento; contar con normas sobre producción y beneficio, para asegurar la calidad; llevar registros de gastos para análisis de costos y beneficios; seguir un plan de capitalización de la organización; no olvidar el carácter participativo de los productores.

Infraestructura

Una pequeña empresa de producción artesanal de semilla mejorada, no debe buscar contar con infraestructura, ni equipos de beneficio sofisticados; se requiere de un galpón o casa con patio de secado, espacio para algunos equipos mínimos de beneficio y bodega; en equipos, son indispensables: trilladora pequeña a motor, limpiadora neumática, báscula de plataforma, medidor de humedad, zarandas de malla de alambre, cosedora manual de sacos, lonas de secamiento, bandejas para pruebas de germinación.

Mercadeo

La sostenibilidad de la organización, dependerá en mucho de la habilidad para vender la semilla con ganancia; en este punto entran en juego las actividades de mercadeo. Será necesario definir las variedades de mayor demanda; estimar la magnitud de la demanda real y potencial; producir y vender semilla de calidad, cuando y donde se necesite; diferenciar la calidad de la semilla, con envases rotulados y etiquetas respectivas; desarrollar un prestigio con base en la calidad y oportunidad; utilizar envases tomando en cuenta el promedio de los volúmenes de compra; aprovechar el potencial de los diferentes canales de distribución. El precio de la semilla, no debe ser mayor al 50% del valor del grano comercial.

Alianzas

La producción y suministro de semillas deben estar encadenados a una institución de investigación que desarrolle los cultivares con demanda en el mercado, que periódicamente suministre la semilla básica y brinde capacitación y asesoría técnicas. Debe buscar alianzas con el sistema nacional de semillas, para el reconocimiento de la calidad del producto y de la autorización

Digitized by Google

de venta como semilla mejorada. La organización debe buscar créditos con tasas de interés razonables, procurando la capitalización de la empresa, un ambiente político adecuado y mantener contacto permanente con los productores comerciales de frijol.

REFERENCIAS SUGERIDAS PARA LECTURAS

Aguirre, R., y S.T. Peske. 1992. Manual para el beneficio de semillas. Segunda Edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 248 pp.

Camargo, C., C. Bragantini, y A. Monares. 1988. Sistemas de producción de semillas para pequeños agricultores: una visión no convencional. Anexo del Boletín No. 2, Vol. 8, 1988. Semillas para América Latina. Unidad de Semillas. CIAT, Cali, Colombia.

Domínguez, C. 1986. Producción y mercadeo de semillas para el pequeño agricultor. *En* Producción de semilla mejorada para pequeños agricultores: Memorias. CIAT, Cali, Colombia.

Douglas, J. 1988. Successful Seed Programs. A Planning and Management Guide. Westview Press. Boulder, Colorado. 302 pp.

FAO. 1988. Autoabastecimiento de semilla de calidad: una solución al alcance del pequeño agricultor. Serie Producción y Protección Vegetal No. 2. Santiago, Chile.

Garay, A. 1991. Consideraciones claves para el desarrollo de pequeñas empresas semilleras. Taller Centroamericano para el Desarrollo de Pequeñas empresas. Jutiapa, Guatemala.

Garay, A., R. Aguirre, G. Giraldo, y E. Burbano. 1992. Tecnologías postcosecha para pequeñas empresas de semillas. Demostración con frijol. Documento de Trabajo No. 115. CIAT, Cali, Colombia.

Gutiérrez, U. 1991. Caso de la Cooperativa Agropecuaria de San Gil "COAGROSANGIL", Colombia. Taller Centroamericano sobre Desarrollo de Pequeñas Empresas de Semillas (PES). Jutiapa, Guatemala.

Louwaars, N. 1994. Seed supply systems in the tropics. Provisional Edition. International Agricultural Centre. Wageningen, The Netherlands.

Lépiz, R. 1989. Producción artesanal de semilla de frijol en la Zona Andina. Fundamentos de apoyo. Proyecto Frijol CIAT-PROFRIZA. Documento 1. Ibarra, Ecuador.

Lépiz, R, J. Ashby, y J.I. Roa. 1995. Experiencias en la producción artesanal de semillas de frijol en América Latina. Taller sobre Producción Artesanal de Semilla. Kampala, Uganda.

Roa, J.I., J. Ashby, T. García, P. Guerrero, y C. Quiroz. 1991. Investigación participativa en la producción de semilla mejorada por pequeños agricultores. El caso Pescador, Cauca, Colombia. Proyecto IPRA, CIAT, Cali, Colombia.

Rodríguez, E., Q. Palma, O. González, y G. Vargas. 1991. Experiencias en la producción no convencional de semillas de frijol en Panamá. Taller Centroamericano sobre desarrollo de sistemas de pequeñas empresas de semillas. Jutiapa, Guatemala.

Rosado, P.A. 1991. La organización de agricultores, nuevo componente en el modelo de producción artesanal de semillas. Caso Cooperativa Santa Gertrudis, Quezada, Jutiapa, Guatemala.

Ortiz, R., y A. Meneses. 1988. Como aumentar tasas de adopción: producción artesanal de semillas mejoradas con pequeños agricultores. PROGETAPS-Guatemala. Taller sobre producción de semilla a nivel campesino. CELATER, Colombia.

Viana, A. 1991. El marco teórico para medir la rentabilidad de una microempresa de semillas. Taller Centroamericano sobre desarrollo de sistemas de pequeñas empresas de semillas. Jutiapa, Guatemala.

Digitized by Google

SECCION IX. SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCION DE FRIJOL

Digitized by Google

Digitized by Google

33808

PRO-PAIS: Una Propuesta para Evaluar el Aumento de la Productividad (PR0), la Protección del Ambiente (PA) y el Impacto Social (IS) de la Investigación en Frijol

Oswaldo Voysest
CIAT, Cali, Colombia

Casi 25 años después de iniciado el trabajo de la red colaborativa de investigación en frijol, hay alrededor de 150 nuevas variedades de frijol cultivadas en 700 mil ha en mas de 40 países del mundo. Algunos ejemplos ilustran la contribución hecha por la investigación en mejoramiento de germoplasma de frijol:

- Cerca del 40% del área de frijol en América Central está sembrada con variedades resistentes al mosaico dorado
- EMGOPA-Ouro, una variedad con resistencia múltiple a enfermedades, es la segunda variedad mas recomendada en Brasil, primer productor mundial del frijol
- En 4 Estados de Brasil, Espirito Santo, Goias, Minas Gerais, Rio de :Janeiro, el 75% del área está sembrada con variedades mejoradas, estimándose el impacto monetario de los nuevos cultivares en US$15.5 millones con base en rendimientos promedios
- El 100% del área de frijol negro en la Argentina, uno de los 5 grandes productores mundiales de frijol, está sembrada con variedades mejoradas
- En la Zona Andina se han lanzado 25 nuevas variedades entre 1988 y 1995, la mayoría con resistencia a mas de una enfermedad

La actividad primaria del Programa de Frijol del CIAT ha sido claramente el mejoramiento genético y su principal producto, obviamente, el germoplasma mejorado. El énfasis continuo en esta investigación y sus productos refleja una arraigada convicción de que el medio mas efectivo para aumentar la productividad de los recursos agrícolas de nuestros países es a través de mejores variedades. La pregunta crucial es, sin embargo, puede conseguirse progreso en este campo sin deteriorar el ambiente, o mejor aun, pueden las variedades contribuir a mejorar el ambiente. En ambos casos la respuesta es afirmativa y precisamente PRO-PAIS es una propuesta para reunir datos, a través de nuestras ensayos tradicionales, para demostrar no sólo la contribución de las variedades mejoradas al aumento de la productividad, sino también su contribución al mejoramiento del ambiente y al alivio de la pobreza en el sector campesino.

Una preocupación actual sobre el impacto negativo que las prácticas agrícolas tienen sobre el ambiente es el abuso en la aplicación de agroquímicos para el control de las pestes, hecho que tiene efectos adversos en el suelo y aguas subterráneas. Preocupación seria que el mejoramiento genético de frijol ha enfrentado con mucho éxito, sin embargo, nosotros no nos hemos preocupado en cuantificar cuantos miles de litros o kilos de agroquímicos se han dejado de usar gracias a las nuevas variedades de frijol, resistentes a pestes para mostrar así nuestra contribución al mejoramiento del ambiente.

Digitized by Google

Las nuevas variedades de frijol, fruto del mejoramiento genético han hecho también una contribución de carácter social que hemos sido negligentes en registrar y publicitar. Dos casos sirven para ilustrar las contribuciones en este campo. En Bolivia gracias a la acogida de las nuevas variedades de frijol, 20 comunidades que agrupan a 3500 pequeños productores (1-3 ha) han formado una próspera asociación de productores de semilla (ASOPROF) y de exportadores (ASOMER) que ha recibido honores del gobierno por la calidad de su producto y por haber abierto nuevos mercados de exportación. En Ecuador, en la provincia de Loja, gracias a la aceptación de una nueva variedad de frijol que la población consume como grano tierno, un grupo de campesinos pobres ha visto mejorar sus ingresos produciendo semilla para abastecer a otros agricultores de la región que venden toda su producción de frijol como grano tierno y se quedan sin semilla para su próxima siembra. El impacto social es evidente, pero no lo hemos medido; los mejoradores seguimos concentrados en nuestra tarea de producir mas y mejores variedades confiados en que este mundo donde prima la división del trabajo, los científicos sociales se encargaran de esta tarea. Tremendo error; esa es nuestra tarea también, con la ayuda de los científicos sociales, pero por iniciativa nuestra. La propuesta PRO-PAIS tiende a reparar esta omisión de los investigadores agrícolas y comienza con un mandato: !manos a la obra!

MEDIDA DEL AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD

En una parcela especializada se compararía la nueva variedad con la variedad o variedades que usualmente usa el agricultor. No se usarían repeticiones para evitar confusiones al agricultor que sería el encargado del manejo de las parcelas de acuerdo a sus prácticas. Como la idea es establecer el mayor número de parcelas se espera encontrar todo tipo de manejos agronómicos.

El rendimiento absoluto o la productividad diaria, si la variedad permite al agricultor perfeccionar su sistema de producción sería el parámetro para medir en el caso de unicultivo. El análisis económico de todo el sistema de producción es indispensable considerando que muchas veces el frijol puede no ser el cultivo de mayor importancia.

MEDIDA DE LA PROTECCION AMBIENTAL

La contribución mas evidente que el mejoramiento genético de frijol puede hacer al mejoramiento del ambiente está en la disminuición, de una manera sensible, del uso de pesticidas. En las parcelas PRO-PAIS se buscaría medir cómo el uso de variedades resistentes ha repercutido en este aspecto. El indicador para este estudio sería el uso de plaguicidas; a este respecto habrá que encontrar respuestas a estos interrogantes: qué, cuándo, cómo quién, qué dosis, frecuencia y riesgos. Los métodos serían encuestas de uso antes del estudio, medición de riesgos, cuantificación económica del uso y encuestas después del estudio.

MEDIDA DEL IMPACTO SOCIAL

El impacto social quizás sea el mas difícil medir en el corto lapso de una siembra o dos pero de todas maneras debe ser evidente que gracias a la tecnología generada el agricultor tiene mayores ingresos, dispone de mayores alimentos, está mejor preparado para enfrentar los riesgos. Para la medición del impacto social es indispensable la participación en el estudio de los científicos sociales.

Digitized by Google

.23809

Progresos y Posibilidades en el Desarrollo de Sistemas de Manejo Integrado de Plagas en Frijol

César Cardona Hoyos
CIAT, Cali, Colombia

RESUMEN

En América Latina el frijol es afectado por no menos de 70 especies de insectos. De éstos, apenas unos 12 pueden ser clasificados como de importancia económica. Varios programas nacionales y el CIAT han identificado la resistencia varietal como un método de control importante que, como se sabe, constituye la base principal de cualquier sistema de manejo integrado que se diseñe. Entre las especies importantes para las cuales se ha explorado la resistencia varietal como alternativa de control podemos citar los casos del picudo de la vaina, los brúchidos, el lorito verde, la conchuela, el chinche de la vaina y el ácaro rojo. También se han hecho algunos trabajos sobre especies de relativa menor importancia económica tales como el barrenador de la vaina, el ácaro tropical y el tostón. En el presente trabajo se hace una revisión del estado actual de conocimientos sobre la resistencia varietal a las diferentes especies de insectos arriba citadas. Se hace especial énfasis en la descripción del proceso por medio del cual se ha hecho progreso en la incorporación de resistencias a picudo, lorito verde y brúchidos en frijoles de diverso origen y utilidad: de la búsqueda y caracterización de fuentes de resistencia, al entendimiento de los mecanismos que gobiernan la resistencia y su herencia, la posible utilización de marcadores moleculares para acelerar el proceso de selección de materiales resistentes y los métodos de mejoramiento que se han utilizado para incorporar la resistencia. El análisis también incluye la discusión sobre la forma como se está tratando de obtener resistencia múltiple a insectos y resistencia múltiple a enfermedades e insectos.

Como lo expresa Pimentel (1981), el crecimiento actual de la población mundial es tan alto que se estima que llegará a ser de 6000 millones de personas en el año 2000 y de 10,000 a 15,000 millones en el 2100. En los países en desarrollo hasta un 57% de la población será muy joven, en 15 años o menos. Lo anterior quiere decir que habrá una creciente necesidad de abastecer de alimentos, fibras y otros productos agrícolas a una masa de población que, a medida que mejoran los sistemas educativos, exigirá mayor acceso a bienes y servicios en busca de un mejor nivel de vida. Grainge et al. (1984) calculan que para mantener la población en el año 2000 será necesario aumentar la producción de cereales en un 66%, la de leguminosas en un 100% y la de hortalizas en un 75%. Una perspectiva bien difícil por cierto.

A la necesidad de aumentar la producción agrícola se oponen limitantes de área cultivable y de calidad de suelos, así como las pérdidas causadas por enfermedades, malezas e insectos, las cuales se estiman en 37% de la producción a nivel mundial. Las contribuciones de cada uno de estos factores bióticos se estiman así: enfermedades, 12%; malezas, 12%; insectos, 13%. Para contrarrestar las pérdidas debidas a insectos, el hombre ha probado una amplia gama de métodos. El presente artículo trata de hacer un análisis del sistema que se ha dado en denominar manejo integrado de plagas (MIP). Como es de esperarse por la naturaleza del taller que nos ocupa, se hará énfasis en el cultivo de frijol en América Latina.

Digitized by Google

METODOS DE CONTROL DE PLAGAS: LA PERSPECTIVA ACTUAL

En su lucha contra los insectos, el hombre ha recurrido a una serie de prácticas y estrategias de control que se pueden reunir en cinco grandes categorías: cultural, físico, biológico, químico y genético. Otra forma de clasificar los métodos de control es la sugerida por Kogan (1986): métodos de índole preventiva (cultural, físico, biológico, genético) y de índole correctiva (químico).

Poco antes de la aparición de insecticidas orgánicos la metodología de control se basaba fundamentalmente en la manipulación de diversas prácticas culturales tales como rotación de cultivos, manipulación de fechas y densidades de siembra, intercalación de cultivos, destrucción de residuos de cosecha y de socas, control de malezas y otras. Este sistema ha tenido aplicaciones restringidas pero su utilidad se ve limitada por las características del o los cultivos que se quieren manipular, la aceptación del agricultor y la naturaleza misma del insecto que se quiere controlar, pues como se sabe, muchos insectos no responden a cambios en las prácticas culturales. Los métodos de control físico (barreras, trampas, cambio de temperatura y humedad) tienen limitaciones grandes que hacen que su utilización actual sea muy restringida.

El control genético por resistencia varietal a insectos ha recibido creciente atención en los últimos años. Tiene como inconveniente que requiere de un proceso previo de investigación largo y costoso y su aplicabilidad práctica, si bien ha sido exitosa en varios cultivos, dista mucho aún de ofrecer protección integral contra los complejos de insectos que ocurren en los diversos cultivos. Allí donde funciona, es de un enorme valor y sin duda constituye la base fundamental para el diseño de sistemas de manejo integrado de plagas.

Ha habido contribuciones fundamentales del control biológico en la represión de plagas, especialmente en cultivos perennes y semiperennes pero su aplicación en cultivos anuales se ha visto limitada por complejidades y limitaciones intrínsecas del sistema dadas por la relación huésped-parasitoide o predador-presa. Cuando es exitoso, el control biológico es también piedra angular de un buen sistema MIP.

La realidad de campo a nivel mundial es que el control de insectos por medio de insecticidas de diversa índole sigue siendo el método de control más utilizado por el hombre en su lucha contra los insectos. Grainge et al. (1984) calcularon que el 43.3% de las acciones de control en un día determinado se hacen con insecticidas. Esta es una cifra promedio que lógicamente enmascara la enorme participación de los insecticidas en la protección de cultivos mayores tales como algodón, arroz, papa, sorgo, maíz, hortalizas. También a nivel mundial las estadísticas demuestran que en vez de disminuir, el consumo de insecticidas ha aumentado. En el caso específico de América Latina (Figura 1), la tendencia clara es hacia un aumento sustancial entre 1980 y el año 2000 (Bellotti et al., 1990).

Es también una verdad que al no existir métodos alternativos efectivos, existe una especie de dependencia de los insecticidas. Esto se refleja en las cifras de consumo en cultivos tan importantes como algodón, tabaco, papa y manzano, por ejemplo. Es obvio que las pérdidas serían altísimas si se dejaran de usar químicos. Como también es cierto que algunas de las cifras (soya, maíz) no justificarían el uso de agroquímicos (Tabla 1).

El uso extensivo, y en muchas ocasiones, el abuso en el uso de insecticidas ha creado una serie de problemas bien conocidos: resistencia, resurgencia, elevación de plagas secundarias a status de plagas primarias, contaminación del medio ambiente, aparición de residuos en productos alimenticios y riesgos a la salud de productores y consumidores, como lo señalan Pimentel (1986)

Digitized by Google

y Metcalf (1986).

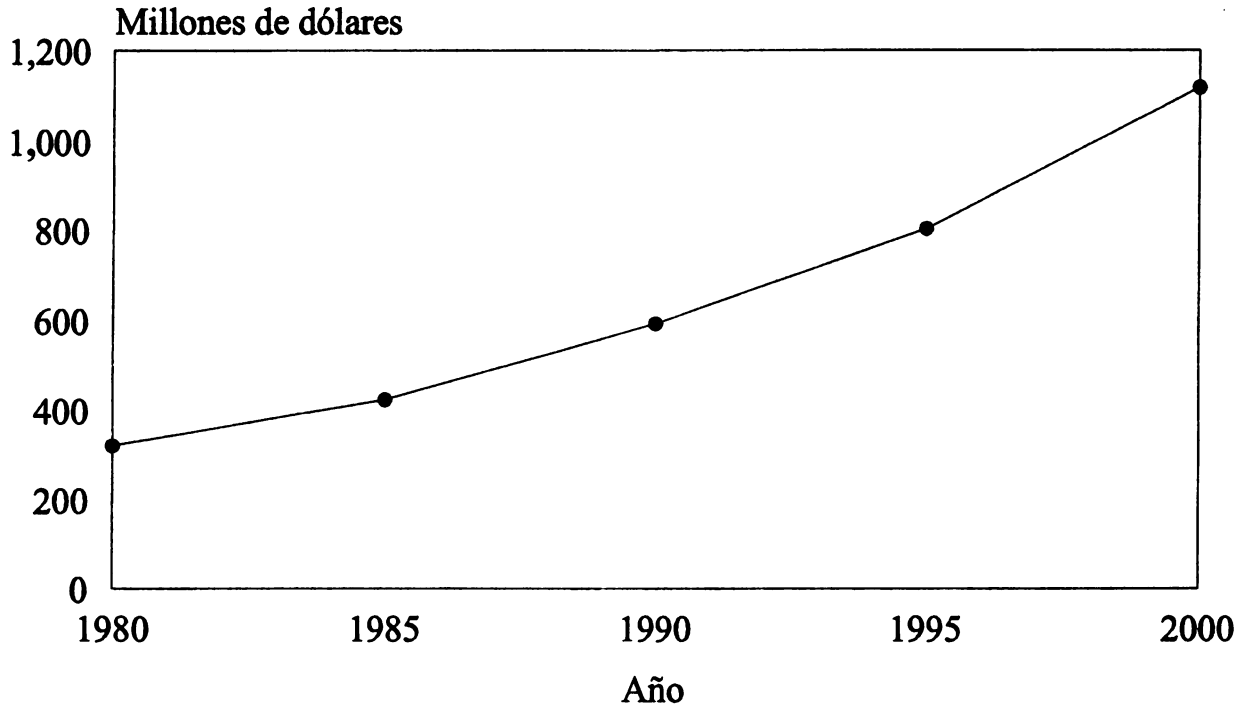


Figura 1. Demanda por insecticidas en América Latina (Bellotti et al., 1990).

Tabla 1. Porcentajes de pérdidas debidas a insectos bajo el uso actual de insecticidas y posibles pérdidas si no se usaran insecticidas en Estados Unidos (Grainge et al., 1984).

Cultivo	Porcentaje con insecticidas	Porcentaje sin insecticidas
Maíz	12	13
Algodón	19	39
Tabaco	11	41
Sorgo	10	19
Soya	10	11
Papa	14	44
Frijol	12	17
Manzano	13	73

Digitized by Google

EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

A partir de los primeros años de la década de los sesenta se creó inquietud en los medios académicos e investigativos sobre la necesidad de disminuir en lo posible la dependencia de los insecticidas. Fue entonces cuando Geier and Clark (1961) formularon el concepto de manejo integrado de plagas (MIP). Básicamente, si seguimos la definición oficial de la FAO, encontramos que el MIP consiste en utilizar diversos sistemas de control para reducir las poblaciones de plagas a niveles inferiores a aquellos que causan daño económico. Como se ve, parte fundamental de esta definición y del sistema es el concepto de nivel de daño económico, es decir, el nivel de población de insectos que causa pérdidas económicas.

Barfield and Stimac (1980) y Kogan (1986) señalan que los programas de MIP nacieron como reacción al abuso de insecticidas ocasionado por las llamadas aplicaciones calendario de tipo preventivo. Los sistemas actuales de manejo tratan en cambio de utilizar las aplicaciones de insecticidas de tipo correctivo basadas en un sistema de monitoreo de poblaciones de insectos plagas y benéficos para tomar las decisiones de control con base en el nivel de daño económico. Más recientemente, la definición involucra el concepto de umbral de acción. Esta es la población de insectos a la cual el costo marginal de control es igual al beneficio marginal de control.

La idea fundamental al hacer MIP es también complementar con el insecticida las deficiencias ocasionales que puedan presentar los métodos de control de naturaleza preventiva, que, como ya vimos, son las prácticas culturales, el control biológico, la resistencia varietal y, en ocasiones, los métodos denominados físicos.

Hay una serie de características esenciales del MIP que han sido discutidas por Pimentel (1981): 1) requiere el conocimiento adecuado de la biología y ecología de las especies de insectos que se manejan; 2) requiere el conocimiento agronómico del cultivo y la aceptación por parte de quien lo maneja que los cultivos pueden tolerar niveles de infestación considerables sin sufrir pérdidas económicas apreciables; y 3) requiere el desarrollo de métodos prácticos de muestreo de poblaciones, y si un componente importante es el control químico, la utilización del concepto de umbral de acción. Como se ve, la implementación de MIP debe estar precedida de un enorme esfuerzo de investigación. Precisamente, la falta de más investigación en nuestro medio ha sido un limitante para esta estrategia de control. Otros factores limitantes han sido la falta de comprensión del sistema por los productores y la falta de medios de comunicación para transferir y extender la metodología de control necesaria para una exitosa implementación.

LA SITUACION DE CONTROL EN FRIJOL

Hemos visto cómo la dependencia en el uso de insecticidas para la represión de plagas sigue siendo alta. Sabemos también que una gran proporción del frijol en el mundo se cultiva en lo que se ha dado en denominar el Tercer Mundo. Un aspecto muy significativo a tener en cuenta es que las ventas de plaguicidas en el mundo subdesarrollado se estiman en unos 11 mil millones de dólares, cifra que en 1988 representaba el 19% del mercado mundial. Tal como lo señala Whitaker (1993), el consumo de plaguicidas en las regiones menos desarrolladas está aumentando rápidamente a tal punto que se espera que el tercer mundo constituya el 35% del mercado mundial de plaguicidas en el año 2000. En opinión de este autor, mucho de este crecimiento se debe al intensivo uso de protección química por parte de pequeños agricultores. Uno de los agravantes de la situación es que

Digitized by Google

el 45% del uso de plaguicidas está representado por insecticidas.

Se creyó inicialmente que los aumentos en consumo de plaguicidas en América Latina se debían principalmente al crecimiento del sector agrícola empresarial y a la expansión de cultivos de alto valor comercial o de exportación (Bellotti et al., 1990). Infortunadamente, se ha detectado que buena parte de dicho aumento se debe al crecimiento en el uso por parte de pequeños productores de papa, tomate, frijol, hortalizas, plátano y otros cultivos sembrados en zonas de minifundio.

Hasta mediados de la década de los años 70 el consumo de insecticidas por pequeños agricultores de frijol en las laderas de América Latina era muy bajo (Schoonhoven and Cardona, 1980). Sin embargo, las prácticas de protección vegetal han venido cambiando, el uso de insecticidas ha aumentado en algunas zonas específicas y se han detectado niveles variables de degradación ambiental como resultado de esta nueva situación (Cardona, 1989). En partes de América Latina los agricultores ven ahora la preparación de poderosas mezclas de insecticidas y fungicidas como una especie de seguro de cultivo contra todas las plagas (insectos y enfermedades), usan esta herramienta como medida profiláctica de control y no la ven como una ayuda específica para controlar problemas en situaciones que sí ameriten su uso.

En frijol, las encuestas realizadas por programas nacionales y el CIAT indican que el problema de abuso de insecticidas es más agudo en la región Andina, especialmente en Colombia, Ecuador y Perú y en menor grado en algunas partes de Bolivia, República Dominicana, Honduras y Guatemala. En buena parte de la región los agricultores han tomado la peligrosa costumbre de hacer aplicaciones semanales de tipo preventivo, en muchos casos absolutamente innecesarias. Esto a su vez ha creado problemas como la aparición de ciertas plagas en poblaciones muy altas y el desarrollo de resistencia a algunos insectos (Buitrago et al., 1994). En general podría decirse que el excesivo uso de insecticidas en algunas zonas ha hecho a los agricultores más vulnerables a las plagas y está minando la sostenibilidad del cultivo.

Si bien en frijol estamos aún lejos de desarrollar todos los componentes que se requieren para implementar con éxito un sistema MIP generalizado, se han hecho avances significativos con algunas de las especies de insectos que afectan al cultivo, las cuales se discuten a continuación con énfasis en ejemplos actualizados de la investigación adelantada hacia el desarrollo de componentes esenciales para un sistema MIP de las principales plagas. Se excluyen especies de menor importancia tales como la mosca de la semilla, áfidos, thrips, ácaros y otros que por su importancia regional o muy limitada no han sido objeto de mucha investigación.

Lorito verde. En buena parte de América Latina, especialmente en zonas secas y bajas, el lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, sigue siendo una de las plagas claves en el cultivo. Las pérdidas debidas a esta especie se estiman en 30-40% del rendimiento. Los avances más importantes han sido en el campo de la resistencia varietal. Mediante un programa de selección recurrente dirigido a aumentar los niveles de tolerancia al insecto, se han podido desarrollar líneas tolerantes al insecto que rinden bien aún en zonas endémicas en las cuales las poblaciones de lorito son muy altas (Kornegay and Cardona, 1990). La genuinidad de esta resistencia y su valor en integración con el uso racional de insecticidas fue probada recientemente (Cardona y Cortés, 1991). Una propuesta integral de manejo de este insecto incluiría también la aplicación de medidas de carácter cultural tales como la asociación de cultivos y las siembras tempranas en épocas lluviosas (Cardona, 1989).

Digitized by Google

Picudo de la vaina. El picudo de la vaina o picudo del ejote, *Apion godmani* Wagner es una de las más importantes plagas del frijol en Centro América y México. El principal componente de MIP para este insecto es la resistencia varietal, la cual ha sido explotada para la producción de líneas de frijol con adecuados niveles de resistencia, buena adaptación, resistencia en algunos casos a enfermedades y altos rendimientos (Beebe et al., 1993; Garza et al., 1996). Otro componente esencial podría ser la manipulación de épocas de siembra evitando las siembras tardías porque éstas favorecen el desarrollo de altas poblaciones del insecto. El control químico no es una alternativa confiable para este insecto si se tiene en cuenta su carácter críptico (la mayoría de los agricultores no reconocen el adulto, único estado vulnerable a insecticidas) y la dificultad de hacer aplicaciones realmente oportunas en el corto período en que los adultos aparecen en los cultivos.

Barrenadores de vainas. Las especies *Epinotia aporema* (Walsingham), *Maruca testulalis* (Geyer) y *Heliothis* spp pueden tener alguna importancia económica en el cultivo en algunas zonas de los Andes y en Brasil (Cardona, 1989), en especial el *Epinotia.* No se han reportado niveles de resistencia varietal a este insecto en frijol, de tal manera que esta alternativa de manejo no es viable. Se sabe sí que los barrenadores tienen una serie de enemigos naturales que pueden ejercer control aceptable en varias zonas. Allí donde los enemigos naturales han sido afectados, se puede recurrir al uso de insecticidas microbiales efectivos tales como el *Bacillus thruringiensis* aplicado a umbrales de acción que varían entre 15 y 20% de terminales dañados y entre 10 y 15% de vainas afectadas (CIAT, 1994).

Minadores de hojas. Los minadores *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) y *L. sativae* Blanchard son plagas hechas por el hombre en la zona Andina y en partes de Centro América como resultado del excesivo uso de insecticidas. Las investigaciones recientes (Cardona et al., 1991; CIAT, 1994) han demostrado que estos insectos no causan daño económico al cultivo (Tabla 2). También han permitido identificar una muy importante contribución del control natural en la represión de este insecto que, si no fuera disturbado por el hombre, sería capaz por sí solo de mantener a los minadores por debajo de los niveles de daño económico. Por estas razones y aunque parezca paradójico, el mejor componente de MIP que se puede adoptar para manejar minadores es precisamente no hacer nada y dejar que el excelente control natural que tienen haga su trabajo.

Tabla 2. Pérdidas causadas por el minador del frijol *Liriomyza huidobrensis* en la zona Andina. Resultados de experimentos en los cuales la protección completa (PC) se comparó con la práctica del agricultor (PA) y con no protección (SP) (CIAT, 1994).

Región	No. de ensayos	Rendimientos (kg/ha)			% de pérdida	
		PC	PA	SP	Potencial[1]	Real[2]
Sumapaz, COL	8	1020	1080	1060	0	0
Loja, ECU	10	1781	1712	1675	5.9	3.9
Chiclayo, PER	4	1107	1081	1106	0.09	2.3

Digitized by Google

[1] $\frac{PC - SP}{PC} \times 100$

[2] $\frac{PC - PA}{PC} \times 100$

Conchuela del frijol. En general puede decirse que la conchuela, *Epilachna varivestis* (Mulsant), es importante apenas en algunas áreas restringidas de México y Guatemala en las cuales puede causar pérdidas que son variables (2-22% del rendimiento). Hay varios reportes de resistencia a conchuela en frijol que fueron resumidos por Kornegay y Cardona (1991). Aparentemente, los relativamente bajos niveles de resistencia reportados no han sido explotados porque no se encuentra en la literatura un informe reciente sobre mejoramiento del frijol por resistencia a este insecto. Sin embargo, la resistencia encontrada en algunas variedades comerciales podría ser usada como componente de MIP en integración con enemigos naturales reportados y el uso simultáneo de *Bacillus thuringiensis* contra larvas (Cantwell et al., 1985), además de prácticas culturales tales como la destrucción de residuos de cosecha y el uso de menores densidades de siembra.

Moscas blancas. Por la importancia de los daños que causa como vector del mosaico dorado, la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) es sin lugar a duda la más importante plaga del frijol en América Latina. El manejo de un vector como éste es muy complicado. Afortunadamente, los altos niveles de resistencia al virus en variedades mejoradas por este carácter han permitido salvar el cultivo en varias zonas de Centro y Sur América.

La otra especie importante es la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Para este insecto se ha desarrollado un programa de manejo integrado aplicable a la zona Andina que reúne los siguientes componentes (Cardona, 1995): 1) uso máximo de prácticas culturales; destrucción a nivel de comunidad de residuos de cosecha y socas; 2) uso racional de insecticidas específicos (imidacloprid, buprofezin) a través de aplicaciones dirigidas a ninfas de primer instar; 3) preservación y explotación del control natural de minador (plaga secundaria que se ha vuelto prominente por el alto uso de insecticidas contra mosca blanca) mediante la abstención total de usar agroquímicos contra este insecto); 4) uso de *Bacillus thuringiensis* y de cebos tóxicos para el control selectivo de falso medidor y trozadores, respectivamente; 5) racionalización del uso de fungicidas mediante la ampliación de los intervalos de aplicación de 10 a 15 días; y 6) uso opcional de trampas amarillas pegajosas para incrementar la mortalidad de adultos de mosca blanca y minador. Esta propuesta de manejo ha sido probada extensamente en la zona Andina siguiendo la metodología de investigación participativa con agricultores propuesta por Ashby (1990). En términos de rendimiento (Tabla 3) la propuesta MIP se compara favorablemente y en algunos casos supera a la práctica tradicional del agricultor. La estrategia MIP también permite una significativa reducción en el uso de insecticidas por parte de los agricultores participantes en el proyecto (Tabla 4). Y esta reducción se puede lograr con mayores beneficios económicos reflejados en mayores beneficios netos y mejores relaciones beneficio/costo, tal como se ilustra en el Tabla 5. Se adelantan estudios de adopción de la tecnología propuesta y divulgada a través de la colaboración con Programas Nacionales.

Digitized by Google

Tabla 3. Ganancias en rendimiento (kg/ha) con respecto al método tradicional del agricultor (MTA) obtenidas en Colombia y Ecuador mediante una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP) para mosca blanca de los invernaderos en frijol (1995-1996).

Región	No. de ensayos	Cultivo[1]	Rendimiento (kg/ha)		
			MIP	MTA	Ganancia (± D.E.) sobre MTA
O. Antioquia, COL	21	FS	1397	1338	63 ± 296
Chota, ECU	16	FS	2156	1917	238 ± 284
Chota, ECU	7	FV	5616	5086	529 ± 468

[1] FS = frijol para consumo de grano seco.
[2] FV = frijol para consumo de grano verde.

Tabla 4. Número de aplicaciones de insecticidas contra mosca blanca de los invernaderos hechas como consecuencia de seguir dos estrategias de manejo para el insecto (1995-1996).

Región	No. de ensayos	MTA[1]	MIP[2]	% de reducción con respecto a MTA
O. Antioquia, COL	21	2.2	0.3	86.4
Chota, ECU	23	2.9	1.5	48.3

[1] MTA = manejo tradicional del agricultor.
[2] MIP = manejo integrado de plagas.

Tabla 5. Comparación de dos estrategias de manejo de la mosca blanca de los invernaderos en dos regiones de la zona Andina (1995-1996).

Región	Aumento en costos ($/ha) de MIP[1] con respecto a MTA[2]	Aumento en beneficios netos ($/ha) de MIP con respecto a MTA	Relación B/C MIP	Relación B/C MTA
O. Antioquia, COL	-169	285	1.62	1.41
Chota, ECU	-118	196	1.92	1.44

[1] MIP = Manejo integrado de plagas.
[2] MTA = manejo tradicional del agricultor.

Digitized by Google

Crisomélidos. Varias especies de los géneros *Diabrotica* y *Cerotoma* pueden ser plagas importantes del frijol en Centro y Sur América, bien sea por el daño mecánico que causan al cultivo o actuando como vectores de virus importantes. En general, no hay niveles de resistencia adecuados para hacer mejoramiento por resistencia a estos insectos. En cambio, hay usa serie de medidas de orden cultural y químico que pueden constituir una aproximación al manejo de estos insectos y del mosaico severo, uno de los crecientes problemas del cultivo (Morales y Cardona, 1995). En áreas de alta incidencia de virus se debe evitar la siembra de frijol. Cuando las poblaciones de crisomélidos son bajas o intermedias (1-4 adultos/planta), se puede hacer uso racional de un insecticida como carbaril, diazinon o pirimifos metil. Se debe hacer control de malezas en el cultivo y en áreas adyacentes (caminos, canales), porque esta práctica contribuye a disminuir la infestación. Se deben evitar las siembras aledañas a cultivos de soya y maíz que se encuentren en plena madurez o próximos a ser cosechados.

Brúquidos. Dos son las especies importantes que afectan el grano de frijol almacenado: el gorgojo Mejicano, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) y el gorgojo común del frijol, *Acanthoscelides obtectus* (Say). Se han encontrado altos niveles de resistencia a ambas especies en frijoles silvestres. Esta resistencia ha sido transferida con éxito para el control casi total de *Z. subfasciatus* (Cardona et al., 1990) pero no ha sido tan eficiente como método de control de *A. obtectus* tal como se discute en otra parte de este volumen. Para esta especie, el manejo propuesto por Schoonhoven (1978) en el cual se combinan prácticas culturales con el uso de aceites vegetales sigue siendo tecnología válida para pequeños agricultores.

CONCLUSIONES

Como hemos visto en forma muy somera, los sistemas de cultivo y las tácticas de control de insectos son muy variables. En algunos casos, varían desde la repetitiva y muchas veces injustificada aplicación de insecticidas hasta la completa ausencia de químicos y aprovechamiento, voluntario o no, del control natural.

Los cultivos asociados y la siembra mixta de varios cultivos es muy común en el trópico. Esta práctica por sí sola ya tiene un efecto importante en las poblaciones de insectos. Sin embargo, debe estar acompañada de otras medidas de protección con el fin de maximizar rendimientos. Entre estas, las prácticas culturales como manejo de épocas de siembra, desyerbas, preparación de terrenos, quema de residuos, son herramientas que ayudan a controlar insectos. De todas las medidas de control, la resistencia varietal puede ser la más aconsejable para un cultivo de pequeños agricultores como es el frijol y debería ser, en lo posible, la piedra angular o base fundamental de cualquier sistema de MIP que se proponga. El propósito final de cualquier propuesta MIP que se haga debe ser el incremento en la productividad del cultivo con el debido respecto por el medio ambiente.

Digitized by Google

REFERENCIAS

Ashby, J.A. 1990. Evaluating Technology with Farmers. A Handbook. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. 95 pp.

Barfield, C.S., and J.L. Stimac. 1980. Pest management: An entomological perspective. Bioscience 30:683-689.

Beebe, S., C. Cardona, O. Díaz, F. Rodríguez, E. Mancía, and S. Ajquejay. 1993. Development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines resistant to the bean pod weevil, *Apion godmani* Wagner, in Central America. Euphytica 69:83-88.

Bellotti, A.C., C. Cardona, and S.L. Lapointe. 1990. Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. J. Agric. Entomol. 7:191-201.

Buitrago, N.A., C. Cardona, and A. Acosta. 1994. Niveles de resistencia a insecticidas en *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera:Aleyrodidae), plaga del frijol común. Rev. Col. Entomol. 20:108-114.

Cantwell, G.E., W.W. Cantelo, and M.A. Cantwell. 1985. The integration of a bacterium and parasites to control the Colorado potato beetle and the Mexican bean beetle. J. Entomol. Sci. 20:98-103.

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.

Cardona, C. 1995. Manejo de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en frijol en la zona Andina: aspectos técnicos, actitudes del agricultor y transferencia de tecnología. Ceiba 36:53-65.

Cardona, C., y M.L. Cortés. 1991. Evaluación económica de la tolerancia de variedades de frijol al lorito verde, *Empoasca kraemeri* Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae). Rev. Col. Entomol. 17:19-23.

Cardona, C., J. Kornegay, 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. Exp. Appl. 56:197-206.

Cardona, C., P. Prada, A. Rodríguez, J. Ashby, and C. Quiroz. 1991. Bases para Establecer un Programa de Manejo Integrado de Plagas de Habichuela en la Provincia de Sumapaz. Working Document No. 86. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. 78 pp.

CIAT. 1994. Bean Program Annual Report 1994. p. 171-208.

Garza, R., C. Cardona, and S.P. Singh. 1996. Inheritance of resistance to the bean-pod weevil (*Apion godmani* Wagner) in common beans from Mexico. Theor. Appl. Genet. 92:357-362.

Geier, P.W., and L.R. Clark. 1961. An ecological approach to pest control. IUNC Symposium. Warsaw. 17:15-24.

Grainge, M., S. Ahmed, W.C. Mitchell, and J.W. Hylin. 1984. Plant species reportedly possessing pest control properties. A database. Resource Systems Institute, East-West Center, Honolulu.

Kogan, M. 1986. Plant defense strategies and host-plant resistance. p. 83-134. *In* Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice. M. Kogan (ed.). John Wiley & Sons, New York.

Digitized by Google

Kornegay, J.L., and C. Cardona. 1990. Development of an appropriate breeding scheme for tolerance to *Empoasca kraemeri* in common bean. Euphytica 47:223-231.

Kornegay, J.L., and C. Cardona. 1991. Breeding for insect resistance in beans. p. 619-648. *In* Common Beans. Research for Crop Improvement. A. v. Schoonhoven and O. Voysest (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. CABI. Wallingford, U. K.

Metcalf, R.L. 1986. The ecology of insecticides and the chemical control of insects. p. 251-297. *In* Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice. M. Kogan (ed.). John Wiley & Sons, New York.

Morales, F., and C. Cardona. 1995. El mosaico severo del frijol. CIAT Leaflet. 2 pp.

Pimentel, D., ed. 1981. Handbook of Pest Management in Agriculture. Vols. I-III. CRC Press, Boca Raton, Fl.

Pimentel, D. 1986. Agroecology and economics. p. 299-319. *In* Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice. M. Kogan (ed.). John Wiley & Sons, New York.

Schoonhoven, A. van. 1 978. Use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack. J. Econ. Entomol. 71:254-256.

Schoonhoven, A. van, and C. Cardona. 1980. Insects and other bean pests in Latin America. p. 363-412. *In* Bean Production Problems: Disease, Insect, Soil and Climatic Constraints of *Phaseolus vulgaris*. H.F. Schwartz and G.E. Galvez (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

Whitaker, M.J. 1993. The challenge of pesticide education and training for tropical smallholders. Int. J. of Pest Management 39:117-125.

Digitized by Google

13540

Soil Fertility Conservation and Enhancement in Bean Production Systems in Brazil

Michael Thung
CIAT/CNPAF, Goiânia (GO), Brazil

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), una importante fuente de calorias, proteinas y fibra, se siembra en Brasil anualmente en tres épocas en un total de 5.2 millones de hectareas produciendo 2.8 millones de toneladas, las cuales representan 60% de la producción de frijol en Latinoamerica o un 35% de la producción del mundo. Más del 60% de la producción de frijol nacional viene de los pequeños agricultores. La proyección hacia el año 2000 es de un incremento en la población de 2%/año y si el consumo permanece en 20 kg/persona/año, Brasil necesitará agregar 100,000 ha/año en area de producción de frijol nuevo o incrementar el rendimiento a 2%/año. El frijol en Brasil es sembrado desde regiones subtropicales con invierno hasta tierras bajas tropicales humedas en las margenes de la selva Amazonica. Esta inmensa área de siembra de frijol puede ser dividida en varios ecosistemas: 1. Las regiones de montaña de invierno y la zona templada en la parte sur del Brasil (un millon ha), donde las enfermedades y las bajas temperaturas son el impedimento. 2. Las Sabanas (Cerrado), donde un millón de hectareas de frijol son sembradas anualmente. Fuera de esto 220,000 ha son sembradas con irrigación con alta tecnología y el resto son sembrados en épocas secas, por tradicion, por pequeños agricultores. 3. La región semlarida en el norte de Brasil con 2.6 millones ha con estres hídrico. Además tiene los insectos y enfermedades comunes del frijol. 4. Los Tropicos Bajos y la Margen de Selva (200,000 ha). Las altas temperaturas prueban no ser un factor limitantes, pero las enfermedades, plagas, maleza y fertilidad de suelo pobre son el principal impedimento. 5. Las regiones de tierras húmedas (varzea), donde el exceso de agua es el problema. 6. La intensiva producción de habichuelas en áreas peri-urbanas, con problemas agroquímicos. En todos estos ecosistemas, los frijoles son sembrados en suelos ácidos, que están bajos en P, altos en capacidad de fijar P y alto aluminio libre. La tecnología de producción de frijol varia del desmonte y quema sin labranza hasta un sistema de producción sofisticado y altamente tecnificado con irrigación, y sembrados en uni cultivo también como intercalados y asociados con otros cultivos. Los factores que contribuyen para la sostenibilidad y posibilidades para mejorar la fertilidad del suelo son discutidos en el siguiente orden: 1. Manejo de la fertilidad del suelo inherentemente pobres en bases, pero de buenas propiedades físicas. Manejo de la materia organica de suelo (SOM) a través del descanso de la tierra, rotación del cultivo con leguminosas para reciclamiento de los nutrientes potenciales. 2. Conservación del suelo para prevenir la crítica erosión del suelo a niveles indectetables a simple vista, a través del terraceo, cultivo de contorno, cultivo de franjas, terrazas de base extensa, mínima o no labranza. 3. Prácticas culturales innovativas, rotación de cultivo, abono verde y manejo de maleza. Preparación de tierras concentradas en métodos que conserven la materia orgánica del suelo, tal como la labranza mínima, plantar directo en rastrojo con uso de herbicidas. Los implementos de finca tales como cultivadora, arado de vertedora, son discutidos y las especies leguminosas plantadas para abono verde en los sistemas de desmonte y quema en los tropicos bajos es recomendado. Los factores que afectan contra la implementación de tecnologías disponibles no son solamente técnicas, sino también problemas socioeconómicos: 1. Los extensionistas no estan preparados para hacer el trabajo sobre la conservación del suelo y el personal de experiencia disponible está dejando nuestras instituciones o subiendo a posiciones administrativas. Las entidades privadas están emergiendo pero el número es demasiado pequeño para tener un impacto. 2. La disminución del precio real de los productos de finca comparado con los precios de los insumos (e.g., fertilizante, cal y la maquinaria de finca) crean mala disposición en los agricultores para comenzar las prácticas de conservación del suelo. La agricultura sostenible puede ser llevada a cabo solamente cuando el ingreso pueda ser substancial. 3. Linea de crédito para pequeños agricultores es difícil. Las políticas de crédito a la agricultura cambian con rapidez, por eso ni grandes ni pequeños agricultores se sienten cómodos para invertir a largo plazo. 4. La forma más barata y la más fácil para mejorar los ingresos de finca es todavía a través del germoplasma mejorado y del medio ambiente sano. La red para evaluación y liberar las lineas mejoradas trabajó bien y este es la unica red brasileña que esta aún funcionando por 14 años. Para mantener y/o aumentar la productividad del frijol en Brasil, tecnologías

Digitized by Google

alternativas deben ser generadas para cada ecosistema por que la tecnología específica no puede ser transferidas sin adaptación y prueba previa. El trabajo futuro debe concentrarse en la identificación sistematica de los problemas del suelo geogénico y antropogénico. Todos los datos recolectados de suelo, clima y desempeño del cultivo deben ser georeferida. Usando el Sistema de Información Geográfica, estos datos no solamente producirán información sobre la capacidad del uso de la tierra y severidad de la degradación del suelo, sino también un sistema sano de rotación de cultivos, la agricultura puede ser zonificada, de esa manera la transferencia de tecnología por extensionistas puede ser ejecutado. La investigación interdisciplinaria y interinstitucional debe ser promovida a nivel nacional.

Brazil is the largest bean (*Phaseolus vulgaris* L.) producing country in the world and all the production is consumed internally. The yearly production is around 2.8 million MT, grown on 5.2 million ha (IBGE, 1993), which is larger than the acreage of rice or soybean planted annually (Table 1). Yield is around 600 kg/ha, and this is just a fraction of the yield potential of all recently recommended bean cultivars in Brazil, that varies between 2.5 and 4.5 MT/ha. This low yield is caused by several biotic and abiotic constraints. Most of the bean cultivars planted in Brazil are small-seeded types. Except the black bean, all grain types are typical Brazilian, and cannot be purchased in the international market, when shortage occurred. Small quantity of traditional beans with medium to large seed are still being produced in some locations, but without significance beyond those regions. Large-seeded white beans are all imported.

Table 1. Area, production and yield of major crops in Brazil in 1994.

	Maize	Soybean	Bean	Rice
Area	13363	9441	4970	4424
Production	30506	19215	2915	11213
Yield	2283	2035	587	2534

IBGE 1993.

It is difficult to have universal cultivars that adapt well in all five bean ecosystems in Brazil, which stretch from the cool subtropics regions, including mountainous regions, the tropical savannas called the Cerrado, the semi-arid region of the northeast of Brazil, the lowlands tropics, and the forest margins (Table 2). In addition there is a smaller but a productive bean production region called the varzea. Although beans are grown in such diverse environments, the agroclimatic condition during the crop cycle looks similar. The average temperature varies less than ten degrees but during the winter planting, under irrigation, the difference between night and day temperature may be greater than the temperature differences among ecosystems. The day length differences are too small to cause a photoperiod problem in recently released cultivars.

Digitized by Google

Table 2. Bean production in the 5 ecoregions of Brazil.

Region	Area (1000 ha)	Production (1000 MT)	Yield (kg/ha)
South	1073	932	869
Centralwest	208	189	903
Southeast	811	620	765
Northeast	2644	1029	404
North	223	145	623

The majority of the beans are produced by small farmers, who live scattered in all ecosystems, practicing monoculture, intercropping and relay planting with beans as the main or secondary crop, with differing technologies and inputs. Beside dry bean production there is intensive snap bean production by to small farmers in peri-urban areas, closed to the consumer center and using high fertilizers and agrochemical inputs to produce high quality, spotless pods in rotation with tomato and cucumber using the same trellis structure. Annual production of snap bean in Brazil is around 92,000 MT/year with yield around 7000 kg/ha and consumption is low (0.7 kg/capita/year). Seeds are produced nationally as opposed to other horticulture crops (Castellane et al., 1988).

The population of Brazil increases at the rate of 2%/year and 70% of them live in the cities (IBGE, 1993). Projection toward the year 2000, while maintaining the consumption per capita at 20 kg/year, Brazil needs to add yearly around 100,000 ha into the existing high technology bean production systems or must the average bean yield by 2% every year. How to meet this demand and how to avoid the soil degradation are the major challenges. Sustainable agriculture systems are normally interpreted as the ability to keep production from falling. In Brazil the challenge is how the agricultural development and growth can be sustained into the future, without degrading the environment. Only by continuing research new and improved technology, and rapid diffusion of the new achievements, bean production could be sustained beyond the year 2000.

SOIL FERTILITY MANAGEMENT AND CONSERVATION COMMONLY PRACTICED

Beans are normally grown on soils with low fertility by small and large farmers use chemical inputs. It is commonly recommended to apply 4-5 MT/ha lime at an interval of 4-5 years and fertilizers of 20 N: 90 - 120 P_2O_5 : 50 K_2O kg/ha at each planting time. In practice, the doses and frequency of the inputs depend more on the economic situation of the farmers than on the soil analysis criteria. Small farmers usually concentrate on remote areas the land is difficult to mechanize, and is more likely to suffer soil degradation due to erosion than the fields of large farmers, who occupy land suitable for mechanization and that are closer to the consumer centers (Townsend, 1987). Even on large farms the erosion is the main factor for soil degradation, because at the beginning of the process, the soil erosion is hard to detect by naked eyes. Often gully erosion results from inappropriate management practices.

Digitized by Google

The erosion does not only carry away soil particles, but also the soil organic matter (SOM), including micro and macro flora and fauna, causing the soil fertility degradation. In the intensive bean production areas with irrigation and high inputs, monoculture beans dominate the production system. Planting bean after bean is common, when the bean prices are good. Without crop rotation the biotic pressures increase, (e.g., *Fusarium*, nematodes, insects, and weeds). Farmers perceive soil degradation only through low bean yields and they tend to counter the declining productivity through increasing use of fertilizers and other agrochemicals. This in turn increases production costs and reduces profit margins. Beside it is environmentally unsound.

Farmers use disk-harrow or disk-plow to eradicate weeds, and to increase the soil aeration. Unfortunately these two primary tillage implements also produce a dense soil layer called plowsole that impedes bean-root growth into deeper soil layers. Shallow root formation cannot explore nutrients and water from subsoil, and maybe plant is subjected to temporary dry spells. Furthermore the breakdown of soil structure by this mechanical tillage exposes the SOM, which is normally protected within the soil aggregate from soil microorganisms' attack (Resck et al., 1991). To preserve the soil organic matter content, Seguy et al. (1987) recommended incorporating as deep as possible, crop residues and weeds' they claimed that this could increase by 43% bean production in Cerrado ecoregion. Deep plowing, unfortunately, cannot be recommended in all bean regions, because in many cases there is sand or the subsoil closed to the arable layers.

In Parana, Abrão et al. (1979) compared the effects of six land preparation methods, varying from conventional to no-tillage and subsoiling, on SOM, porosity, soil water utilization, infiltration velocity, soil aggregate stability in water, and resistance to penetration. Only no-tillage treatment showed a higher aggregate stability in water, but increased resistance to penetration. However, the experiment was conducted only for a short period. Soil physical changes needed be measured over a longer time. In Bahia, Silva (1981) reported the 50% reduction of the total porosity in the "Tabuleiro soil" (Haplorthoxs) between 0 to 30 cm depths, through mechanized cultivation. Later work in Parana by Hoogmoed and Derpsch (1985) showed that land preparation for planting beans, even along the contour with a disc plow or disc harrow, caused soil losses up to 400 MT/ha/yr; and with construction of conventional terraces the soil loss was still around 100 MT/ha/yr. Therefore, use of chisel plows was recommended as an alternative to the two primary soil tillage implements. Maria et al. (1993) studied for seven years the effect of land preparation methods (disk-plow, chisel-plow, and no tillage) and crop rotation in a soybean- maize system on phosphorus, potassium and organic matter content in the soil. The results showed that the extractable phosphorus increased in the upper soil layer of the no-till-plots and potassium concentration was higher in chiseled-plots, but the effect was non-significant in rainy years. Soil organic matter content in this case could be maintained at the original level only when the plot was not tilled. In Santa Catalina, Bertold (1994) compared three soil preparation methods (conventional, minimum tillage and direct planting) on Cambissolo with 8.5% slope/inclination, planted with winter wheat, beans, fallow, soybeans and oats. The results pointed out that soil erosion by water was still the most damaging factor, that caused the soil degradation, and appropriate tillage could minimize soil loss. Minimum tillage with 35 cm chisel distance still could cause significant soil erosion. Direct planting (drilled the seed directly between the crop residues) was the best practice, since no soil-surface disturbance occurred and this method reduced the soil erosion up to 97%, when compared to naked fields. But this method is the least practiced by the farmers but can be applied on land that has been corrected with lime and fertilizers for many years. All these suggest that any soil surface disturbance will provoke

Digitized by Google

soil erosion by water runoff (after sealing the soil surface), especially where precipitation is high and the terrain has high inclination. To reduce soil degradation in bean production regions in Brazil, the following concept of soil conservation is presented. It is designed to simulate the conditions of the direct planting methods. 1) soil surface should always have a cover, when possible all year long, either by dead or live mulch and never should be exposed to the impact of the rain drops. To protect soil surface after harvesting green manure species could be planted into the maturing crop, using the residual humidity at the end of rainy season, 2) reduce traffic on prepared land , especially when soil compaction is easily occurring. Even laborer-foot-traffic during manual planting and weeding can cause an increase of bulk density in the upper soil layer, 3) crop rotation should be implemented to avoid planting the same crop continuously. Crop-sequence studies over a longer period are still a rarity in Brazil and in Latin America in general, 4) moderate inputs of fertilizers and lime should be used judiciously when needed. This will not only increase the water use efficiency and the soil fertility in the long run, but also it will replenish nutrients lost due to leaching or soil erosion. Nutrients removed from fields by bean seed are just one third of the total nutrient uptake during flowering (Thung, 1991), but loss due to erosion and leaching is much greater (Thung et al., in press), 5) promote soil conservation methods such as direct seeding, contour farming or strip cropping. Building contour ridges, even traditional terraces at appropriated distances in the steep fields must be encouraged to reduce soil erosion, 6) plant multipurpose N-fixing trees along the borders and within the farms. This will serve not only as fence, water runoff breaker, mulch, but also as windbreak and fix carbon. Having live fence will reduce demand on wood for fence poles to hang the barbed wire, hence reducing pressure for deforestation, 7) understanding better the activities of macro and micro fauna, on soil fertility in the tropical soil is needed, and 8) agricultural zoning with the help of geographic information systems (GIS) must be implemented, for planing and avoiding the risky zones . To run this GIS, reliable data set is needed which at the moment is still lacking. Most of the simulation models must the default or standard data set to run the model. Soil data is more difficult to obtain than other parameters, because it is site-specific.

INNOVATIVE CULTURAL PRACTICES

The most proven and successful land use systems and soil conservation ever developed are the rice terraces in Southeast Asia. In dry land farming system soil erosion cannot be controlled as effectively as in the rice terraces, because of the scale difference. In the rice terraces rain water runs short distances, whereas, in large scale dry land farming, the rain water runs long distances, that gather larger water volume and velocity. The momentum or force of this water quantity is sufficient to destroy the terraces.

Unlike most green manure species, bean has poor rooting system and is prone to temporary water stress. Stoner and Freitas (1989) showed that bean root growth was restricted, when bulk density reached 1.4 g/cm^3 in soils with 53% clay content, and in soils with 70% clay content bulk density higher than 1.1 g/cm^3 impeded root growth.

Additional organic matter is essential for improving degraded soils. SOM, aluminum and iron oxides are important components that stabilize the macro aggregates (Schachtschabel et al., 1982), and by increasing macro aggregates the infiltration rate of soil increases, thus reducing runoff. But there is a limit to the quantity of organic matter that works as cement for soil particles (Tisdall and Oads, 1982). Beyond this limit aggregate's stability will not increase with increasing

Digitized by Google

SOM. Organic matter can be increased by planting green manure crops during the fallow period or by planted several weeks after the main crop was planted. Correct planting dates must be determined for each location so that the green manure crops do not disturb the field work during the harvest . Planting multipurpose species along the field borders and use of green manure is the best and a cheap source of organic matter. Introducing the green manure into the land prone to soil compaction is desirable because of its deep rooting (Maurya and Lal, 1981). Some other advantages of green manure crops that produce live or dead mulch are to: 1) keep soil humidity longer (Braganolo and Mielniczuk, 1990; Maurya and Lal, 1981), 2) keep soil surface temperature low (Braganolo and Mielniczuk, 1990), 3) promote micro and macro fauna formation and activities (Lavelle et al., 1994), 4) protect crops from damaging insects and nematodes (Cardona et al., 1981; Galindo et al., 1983; Sharma and Scolari, 1984), 5) improve physical soil structure (Juo and Lal, 1977), 6) increase soil microorganism activities (Lal, 1978), 7) regulate soil nutrient (Wade and Sanchez, 1983), 8) increase the cation exchange capacity (Ayanaba, 1982), 9) increase fertilizer use efficiency (Silva et al., 1985), 10) recycle the leached nutrients from deeper soil surface to arable layers through its deep root system Khatibu et al., 1984), and 11) protect the soil surface from the impact of the rain drop, hence reducing soil erosion (Akobundu, 1980).

Besides many advantages of improving soil physical properties, green manure plots chemically improve acid soils through their decomposition products. For example Hoyt and Turner (1975) suggested that the decomposition product of organic matter adsorbed free hydrogen and aluminum from soil solution, hence reducing the soil acidity and aluminum toxicity. Hue (1992) showed that adding organic matter into the acid soil increased soil pH, as net effect of exchange between the anions of organic material and the hydroxides-ends of the iron and aluminum oxides. Higher soil pH precipitates the free aluminum. Earlier work of Hue et al. (1986), suggested that the soil acidity reduction by adding organic matter lies in the complex formation of Al with the organic acids derived from the decomposed organic matter. Miyasawa et al.(1993) confirmed these results using different green manure species in pot experiments.

Green manuring is applicable in maintaining and enhancing soil fertility, not only in high input systems, but also in low input systems in the remote areas, where chemical fertilizer is scarce and expensive, and prices of farm products are low. For this purpose a screening experiment with green manure species was conducted at EMBRAPA-CNPAF, Goiânia, Brazil, from 1992 to 1995 for its adaptability, suitability and weed management. In addition, 46 species of legumes and graminea were evaluated between 1994 and 1995 on Oxisol with 4 ppm (Mehlich 2 method) for its biomass production at flowering, nutrient uptake, pest and diseases and its suitability as green manure for bean crop. The results are shown in Tables 3 to 5. The total dry matter production of the areal part varied from 1 to 35 TM/ha in eight months. The average leaf dry matter production was only one quarter of the stem, but the nutrient content in the leave was 4 times higher than in the stem. The total nutrient taken up by the species was high. The highest nitrogen taken up was 382 kg/ha by black velvet bean in 8 months and the highest potassium was taken up by *Crotalaria paulina* at 386 kg/ha. Calcium uptake was also high although it was less than 50% of that taken up by potassium. The quantity of potentially recyclable nitrogen and potassium in this experiment was higher than the dosage recommended for planting. Root tissue analysis is still in process, but it can be predicted that the total nutrient recycled by the green manure species will double the amount mentioned above. Litter shed by the green manure with higher C/N value cover the soil surface for a longer period, suppressed the weed growth and prevented weed to reach the stage of seed

Digitized by Google

production, so that the next planting season weed infestation was reduced significantly.

On the other hand, weed, when incorporated, will give sufficient nutrient recycled to the arable layer. To study the weed incorporation effect on bean yield, weed was allowed to grow between 1992 and 1993 on land with low P (4 ppm) and high P (12 ppm) for 5 months. The weeded field was divided into 4 plots with different weed managements: treatment 1, weed was undisturbed for 5 months and before planting it was incorporated with disk plow; treatment 2, weed was cut twice every 2.5 months and was left as mulch; treatment 3, weed was cut twice and retrieved from the plots; treatment 4, weed was cut and burned. Samples before each treatment were taken for biomass and dry matter measurement. Bean was planted in dry season in March 1993. Biomass production of up to 50 MT/ha, produced within 4 months of fallow or equivalent to 10 MT/ha dry matter was obtained from field with 12 ppm P (Mehlich) and about 35 MT/ha biomass or 8 MT/ha dry matter on soil with 4 ppm P (Table 6). The amount of potassium and nitrogen accumulated in weed biomass were 220 kg/ha and 189 kg/ha, respectively, on soil with 12 ppm P. The amount of potential mineralization of K and N is higher than the common K and N dosages applied at planting. On soil with 4 ppm P, the nutrient content of the weed was less than half of that on 12 ppm P soil. On low soil P plots, the highest and second best bean yields (1213 kg/ha and 1206/ha) were obtained from plots where weed was left undisturbed for 5 months and where weed was cut twice then left as mulch, respectively. The lowest and second lowest bean yields (569 and 882 kg/ha) were obtained from plots, where weed was cut then burned and where weed was cut twice then retrieved at 2.5 month intervals, respectively. The yield differences between these two groups of weed managements were significant (Table 8). Similar results were obtained from high P field, but non-significant. The best bean yields (1570 and 1318 kg/ha) were obtained either from plots where weed was cut then left as mulch or from plots where weed was left undisturbed for 5 months, respectively.Yield analysis showed that weed incorporation or twice cut then left as mulch increased bean yield by increasing number of filled pods, seeds per plant and 100 seed weight (Table 9).

Digitized by Google

Table 3. Nutrient uptake in kg/ha by the leaves of different green manure species grown in EMBRAPA-CNPAF/GO, Brazil.

No.	Identification	Scientific name	Leaves dry matter MT/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Zn kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
1	Indigo	*Indigo Hirsuta*	0.9	42.3	2.16	10.35	18.68	2.61	0.02	0.01	0.07	0.29
2	Oat IAC 6	*Avena sp.*	0.38	10.64	0.61	7.22	3.52	1.88	0.01	0	0.07	0.52
3	Black oat	*Avena strigosa*	0.58	14.21	1.33	16.53	4.73	1.8	0.02	0.01	0.11	1.68
4	C.rotundifolia	*Cassia rotundifolia*	3.15	127.58	5.99	42.53	29.14	4.1	0.09	0.02	0.33	0.57
5	Calopog.muc.	*Calopogonio mucunoides*	2.96	125.80	5.62	44.4	44.4	7.99	0.08	0.02	0.19	0.61
6	Sudan grass	*Sorghum sudanese*	1.42	35.5	3.55	17.75	12.14	6.46	0.04	0.02	0.06	0.27
7	Cowpea IPA 204	*Vigna unguiculata*	2.92	116.80	5.26	59.86	55.48	9.05	0.06	0.01	0.32	0.93
8	Chicharo	*Lathyrus sativus L.*	0.23	7.36	0.62	4.37	2.59	1.23	0.04	0	0.04	0.55
9	Crotolaria anagiroide	*Crotolaria anagiroide*	2.03	63.95	3.25	25.38	37.56	9.34	0.04	0.02	0.15	0.41
10	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	2.3	66.7	2.99	16.1	77.63	12.31	0.09	0.02	0.25	0.46
11	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	2.32	85.84	7.54	34.8	42.69	12.3	0.09	0.04	0.71	0.63
12	Crotolaria mucronata	*Crotolaria mucronata*	3.57	244.55	8.21	41.06	52.66	14.1	0.1	0.04	0.34	0.48
13	Crotolaria ochroleuca	*Crotolaria ochroleuca*	1.82	95.55	4	25.48	20.29	8.83	0.06	0.03	0.17	0.32
14	Crotolariapaulinea	*Crotolaria paulinea*	2.1	89.25	6.41	42	50.4	10.82	0.08	0.03	0.29	0.41
15	Crotolariaspectabilis	*Crotolaria spectabilis*	1.29	40.64	1.94	19.35	29.67	4.39	0.04	0.02	0.11	0.17
16	Crotolariastriata	*Crotolaria striata*	2.87	190.86	6.6	34.44	58.84	10.05	0.09	0.04	0.43	0.46
17	Kudzu	*Pueraria phaseoloidies*	4.3	178.45	7.53	62.35	52.68	16.13	0.09	0.04	0.75	1.7
18	Clitoria	*Clitoria ternatea*	1.29	38.06	2.97	21.29	8.39	7.61	0.06	0.01	0.07	0.84
19	Dolichos Lab-Lab	*Dolichos Lab-Lab*	2.96	1454	8.58	47.36	57.72	11.25	0.1	0.03	0.4	1.82
20	Peas cv. Flavia	*Pisum sativum*	0.05	2	0.13	0.9	1.03	0.32	0	0	0.01	0.1
21	Canavalia	*Canavalia ensiformis*	3.96	164.34	7.92	47.52	97.02	28.12	0.07	0.03	0.44	3.92
22	Adzuki bean	*Vigna angularis*	0.81	34.43	1.86	13.77	16.81	3.12	0.11	0.01	0.1	0.34
23	Rice bean	*Vigna umbellata*	1.52	54.72	2.28	18.24	47.5	5.32	0.05	0.01	0.27	1.32
24	Flemingia cong	*Flemingia congesta*	3.62	1143	5.79	41.63	33.67	6.15	0.1	0.03	0.81	0.81
25	Flemingia rod	*Flemingia rodocarpa*	1.99	63.68	2.99	18.91	19.2	3.68	0.04	0.01	0.42	0.44
26	Galactia striata	*Galactia striata*	2.32	99.76	6.03	54.52	43.5	9.05	0.06	0.02	0.32	0.74
27	Sunflower	*Helianthus annuus*	3.96	136.62	9.11	95.04	67.32	17.03	0.12	0.08	0.28	1.05
28	Pigeon pea dwarf	*Cajanus cajan var. anao*	1.87	95.37	4.86	33.66	38.34	6.26	0.05	0.03	0.38	0.46
29	Pigeon pea	*Cajanus cajan*	6.3	245.70	13.86	59.85	79.7	17.96	0.16	0.07	0.82	2.93
30	Pigeon pea cv Kaki	*Cajanus cajan var. kaki*	2.67	118.82	6.01	28.04	16.02	7.74	0.06	0.03	0.12	0.4
31	Black pigeon pea	*Cajanus cajan cv. preto*	2.58	132.87	7.22	30.96	23.22	8.51	0.07	0.05	0.3	0.46
32	Pigeon pea cv Travi	*Cajanus cajan var. travi*	1.9	77.9	4.18	20.9	10.45	4.18	0.04	0.02	0.06	0.26
33	Indigo	*Indigofera tintorea*	2.73	148.79	8.19	55.97	52.55	14.74	0.12	0.05	0.64	0.48
34	Dolichos lablab	*Dolichos Lab-Lab*	2.7	132.30	7.83	43.2	52.65	10.26	0.09	0.03	0.36	1.66
35	Lentils	*Lens culinaris*	0.12	4.92	0.4	2.64	1.95	0.55	0.03	0	0.01	0.11
36	Mungbean	*Vigna radiata cv. 1000c*	0.74	31.82	1.55	11.47	17.76	5.7	0.32	0.01	0.07	0.32
37	Velv.bean speckled	*Stilozobium niveum*	5.62	269.76	12.93	64.63	70.25	16.58	0.13	0.09	0.45	1.38
38	Velv.bean black	*Stilozobium aterrimum*	6.81	3207	17.71	81.72	85.13	18.39	0.16	0.12	0.85	1.91
39	Velv.bean striped	*Stilozobium deeringianum*	2.64	135.96	6.86	30.36	30.1	6.6	0.07	0.05	0.25	2.86
40	Sorghum	*Pennissetum americanum*	1.15	31.05	2.76	22.43	10.35	6.15	0.04	0.01	0.14	0.6
41	Sorghum	*Pennissetum tiphoides*	2.17	62.93	4.12	64.02	24.2	10.09	0.07	0.03	0.31	0.75
42	Mungbean 3476	*Vigna radiata*	0.38	17.29	0.99	8.93	9.03	2.09	0.03	0.01	0.03	0.17
43	Turnip	*Raphanus sativus var.*	0.66	21.78	1.58	18.15	29.04	5.68	0.42	0.01	0.1	2.44
44	Soybean perennial	*Glycine sp.*	2.38	102.34	5.47	34.51	41.06	11.07	0.07	0.02	0.25	0.74
45	Trephrosia	*Tephrosia candida*	3.78	179.55	7.94	45.36	39.69	7.56	0.1	0.04	0.51	0.49
46	Trephrosia	*Tephrosia purpurea*	2.13	96.92	5.75	35.15	34.93	9.69	0.1	0.02	0.4	0.4

Digitized by Google

Table 4. Nutrient uptake in kg/ha by the steams of different green manure species grown in EMBRAPA-CNPAF/GO, Brazil.

No.	Identification	Scientific named	Steam dry matter MT/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Zn kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
1	Indigo	*Indigo Hirsuta*	7.26	87.12	5.08	98.01	42.11	15.97	0.10	0.02	0.11	0.83
2	Oat IAC 6	*Avena sp.*	1.23	15.38	1.97	31.98	2.46	1.97	0.04	0.01	0.15	0.54
3	Black oat	*Avena strigosa*	2.42	29.04	3.99	55.66	5.45	3.99	0.08	0.02	0.27	1.08
4	C.rotundifolia	*Cassia rotundifolia*	16.14	193.68	20.18	177.54	92.81	15.33	0.29	0.06	0.41	0.81
5	Calopog.muc.	*Calopogonio mucunoides*	7.03	123.03	13.36	101.94	66.08	15.82	0.13	0.04	0.18	0.49
6	Sudan grass	*Sorghum sudanese*	5.96	38.74	4.17	80.46	14.90	14.90	0.13	0.03	0.19	0.39
7	Cowpea IPA 204	*Vigna unguiculata*	12.80	115.20	5.12	230.40	56.32	30.08	0.18	0.03	0.22	1.79
8	Chicharo	*Lathyrus sativus L.*	0.35	7.70	1.30	8.58	2.19	1.80	0.02	0.00	0.02	0.37
9	Crotolaria anagiroide	*Crotolaria anagiroide*	4.02	54.27	5.63	96.48	16.08	8.44	0.08	0.04	0.05	0.26
10	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	10.46	73.22	4.71	62.76	26.67	23.01	0.14	0.04	0.15	1.26
11	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	9.32	55.92	8.39	121.16	19.11	10.25	0.18	0.04	0.47	1.17
12	Crotolaria mucronata	*Crotolaria mucronata*	24.32	291.84	19.46	291.84	76.61	32.83	0.28	0.11	0.27	0.61
13	Crotolaria ochroleuca	*Crotolaria ochroleuca*	10.83	97.47	7.58	167.87	30.32	22.20	0.21	0.05	0.15	0.60
14	Crotolariapaulinea	*Crotolaria paulinea*	16.79	117.53	15.11	344.20	68.00	41.14	0.26	0.08	0.26	0.59
15	Crotolariaspectabilis	*Crotolaria spectabilis*	6.26	106.42	7.20	125.20	57.28	15.34	0.18	0.06	0.15	0.78
16	Crotolariastriata	*Crotolaria striata*	16.92	194.58	9.31	203.04	49.07	25.38	0.20	0.08	0.28	0.25
17	Kudzu	*Pueraria phaseoloidies*	8.08	137.36	12.93	129.28	69.89	15.76	0.20	0.05	0.37	0.53
18	Clitoria	*Clitoria ternatea*	0.70	5.25	1.75	13.65	1.61	1.33	0.02	0.01	0.02	0.17
19	Dolichos Lab-Lab	*Dolichos Lab-Lab*	9.53	176.31	18.11	171.54	69.09	19.06	0.23	0.05	0.25	0.67
20	Peas cv. Flavia	*Pisum sativum*	0.29	6.38	0.64	6.09	2.33	1.09	0.02	0.00	0.02	0.44
21	Canavalia	*Canavalia ensiformis*	2.98	41.72	2.38	29.80	12.07	3.73	0.03	0.01	0.03	0.13
22	Adzuki bean	*Vigna angularis*	0.30	5.85	0.75	8.25	2.07	1.46	0.02	0.00	0.02	0.05
23	Rice bean	*Vigna umbellata*	1.53	14.54	0.92	19.13	14.00	5.05	0.03	0.01	0.06	0.59
24	Flemingia cong	*Flemingia congesta*	10.00	100.00	13.00	140.00	46.50	14.00	0.22	0.06	0.22	1.30
25	Flemingia rod	*Flemingia rodocarpa*	7.60	98.80	8.74	87.40	51.30	13.30	0.19	0.04	0.22	0.38
26	Galactia striata	*Galactia striata*	5.85	78.98	11.12	78.98	35.39	7.90	0.11	0.05	0.11	0.73
27	Sunflower	*Helianthus annuus*	8.20	61.50	4.92	192.70	66.83	41.00	0.18	0.04	0.18	0.33
28	Pigeon pea dwarf	*Cajanus cajan var. anao*	6.94	69.40	7.29	97.16	22.56	7.29	0.10	0.06	0.17	0.56
29	Pigeon pea	*Cajanus cajan*	28.70	301.35	38.75	315.70	119.11	35.88	0.47	0.22	0.47	2.58
30	Pigeon pea cv Kaki	*Cajanus cajan var. kaki*	17.12	188.32	11.98	162.64	56.50	23.97	0.27	0.12	0.15	0.51
31	Black pigeon pea	*Cajanus cajan cv. preto*	12.40	161.20	22.32	186.00	51.46	18.60	0.26	0.14	0.20	0.68
32	Pigeon pea cv Travi	*Cajanus cajan var. travi*	16.10	169.05	14.49	169.05	46.69	22.54	0.23	0.12	0.13	0.64
33	Indigo	*Indigofera tintorea*	9.54	66.78	5.72	114.48	51.52	7.63	0.10	0.03	0.19	0.24
34	Dolichos lablab	*Dolichos Lab-Lab*	8.76	162.06	16.64	157.68	63.51	17.52	0.21	0.04	0.23	0.61
35	Lentils	*Lens culinaris*	0.15	2.70	0.36	3.83	0.85	0.32	0.01	0.00	0.00	0.08
36	Mungbean	*Vigna radiata cv. 1000c*	0.24	3.36	0.43	5.76	2.17	1.48	0.01	0.00	0.01	0.05
37	Velv.bean speckled	*Stilozobium niveum*	5.80	72.50	6.09	92.80	29.87	11.60	0.09	0.06	0.07	0.32
38	Velv.bean black	*Stilozobium aterrimum*	4.61	62.24	6.45	99.12	24.43	8.30	0.10	0.04	0.12	0.35
39	Velv.bean striped	*Stilozobium deeringianum*	8.29	145.08	10.36	149.22	50.98	16.17	0.19	0.12	0.16	2.90
40	Sorghum	*Pennissetum americanum*	1.98	27.72	1.88	35.64	4.06	9.90	0.05	0.01	0.07	0.47
41	Sorghum	*Pennissetum tiphoides*	4.38	54.75	2.63	98.55	7.88	14.45	0.09	0.02	0.18	0.33
42	Mungbean 3476	*Vigna radiata*	0.31	5.74	0.81	9.46	3.10	1.63	0.01	0.00	0.01	0.12
43	Turnip	*Raphanus sativus var.*	0.83	14.11	0.83	19.51	8.84	2.78	0.03	0.00	0.02	0.31
44	Soybean perennial	*Glycine sp.*	2.01	40.20	4.22	26.13	11.36	4.82	0.05	0.02	0.06	0.49
45	Trephrosia	*Tephrosia candida*	8.80	88.00	8.36	132.00	32.12	9.68	0.11	0.04	0.13	0.35
46	Trephrosia	*Tephrosia purpurea*	3.79	43.59	4.36	54.96	22.36	8.72	0.09	0.03	0.09	0.34

Digitized by Google

Table 5. Total nutrient uptake in kg/ha of the different species of green manure grown in EMBRAPA-CNPAF/GO, Brazil.

No.	Identification	Scientific named	Dry matter MT/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Zn kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
1	Indigo	*Indigo Hirsuta*	8.16	129.42	7.24	108.36	60.78	18.58	0.12	0.03	0.18	1.12
2	Oat IAC 6	*Avena sp.*	1.61	26.02	2.58	39.20	5.98	3.85	0.04	0.01	0.22	1.07
3	Black oat	*Avena strigosa*	3.00	43.25	5.33	72.19	10.17	5.79	0.10	0.02	0.38	2.76
4	C.rotundifolia	*Cassia rotundifolia*	19.29	321.26	26.16	220.07	121.94	19.43	0.38	0.07	0.74	1.37
5	Calopog.muc.	*Calopogonio mucunoides*	9.99	248.83	18.98	146.34	110.48	23.81	0.21	0.06	0.37	1.10
6	Sudan grass	*Sorghum sudanese*	7.38	74.24	7.72	98.21	27.04	21.36	0.17	0.05	0.25	0.66
7	Cowpea IPA 204	*Vigna unguiculata*	15.72	232.00	10.38	290.26	111.80	39.13	0.24	0.04	0.55	2.73
8	Chicharo	*Lathyrus sativus L.*	0.58	15.06	1.92	12.95	4.78	3.03	0.06	0.01	0.07	0.93
9	Crotolaria anagiroide	*Crotolaria anagiroide*	6.05	118.22	8.88	121.86	53.64	17.78	0.12	0.06	0.20	0.67
10	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	12.76	139.92	7.70	78.86	104.30	35.32	0.22	0.06	0.40	1.72
11	Crotolaria juncea	*Crotolaria juncea*	11.64	141.76	15.93	155.96	61.79	22.55	0.27	0.08	1.18	1.79
12	Crotolaria mucronata	*Crotolaria mucronata*	27.89	536.39	27.67	332.90	129.27	46.93	0.38	0.15	0.61	1.09
13	Crotolaria ochroleuca	*Crotolaria ochroleuca*	12.65	193.02	11.59	193.35	50.62	31.03	0.27	0.08	0.32	0.91
14	Crotolariapaulinea	*Crotolaria paulinea*	18.89	206.78	21.52	386.20	118.40	51.95	0.34	0.12	0.55	1.00
15	Crotolariaspectabilis	*Crotolaria spectabilis*	7.55	147.06	9.13	144.55	86.95	19.72	0.22	0.08	0.26	0.96
16	Crotolariastriata	*Crotolaria striata*	19.79	385.44	15.91	237.48	107.90	35.43	0.29	0.11	0.71	0.71
17	Kudzu	*Pueraria phaseoloidies*	12.38	315.81	20.45	191.63	122.57	31.88	0.29	0.09	1.12	2.22
18	Clitoria	*Clitoria ternatea*	1.99	43.31	4.72	34.94	10.00	8.94	0.08	0.02	0.09	1.01
19	Dolichos Lab-Lab	*Dolichos Lab-Lab*	12.49	321.35	26.69	218.90	126.81	30.31	0.33	0.08	0.65	2.49
20	Peas cv. Flavia	*Pisum sativum*	0.34	8.38	0.77	6.99	3.36	1.41	0.02	0.00	0.02	0.51
21	Canavalia	*Canavalia ensiformis*	6.94	206.06	10.30	77.32	109.09	31.84	0.10	0.05	0.46	4.05
22	Adzuki bean	*Vigna angularis*	1.11	40.28	2.61	22.02	18.88	4.57	0.13	0.01	0.12	0.39
23	Rice bean	*Vigna umbellata*	3.05	69.26	3.20	37.37	61.50	10.37	0.07	0.01	0.34	1.91
24	Flemingia cong	*Flemingia congesta*	13.62	214.03	18.79	181.63	80.17	20.15	0.32	0.08	1.03	2.11
25	Flemingia rod	*Flemingia rodocarpa*	9.59	162.48	11.73	106.31	70.50	16.98	0.23	0.05	0.64	0.82
26	Galactia striata	*Galactia striata*	8.17	178.74	17.15	133.50	78.89	16.95	0.17	0.07	0.44	1.47
27	Sunflower	*Helianthus annuus*	12.16	198.12	14.03	287.74	134.15	58.03	0.31	0.12	0.45	1.38
28	Pigeon pea dwarf	*Cajanus cajan var. anao*	8.81	164.77	12.15	130.82	60.89	13.55	0.15	0.08	0.55	1.01
29	Pigeon pea	*Cajanus cajan*	35.00	547.05	52.61	375.55	198.80	53.83	0.64	0.28	1.29	5.51
30	Pigeon pea cv Kaki	*Cajanus cajan vor. kaki*	19.79	307.14	17.99	190.68	72.52	31.71	0.33	0.15	0.27	0.91
31	Black pigeon pea	*Cajanus cajan cv. preto*	14.98	294.07	29.54	216.96	74.68	27.11	0.34	0.18	0.50	1.15
32	Pigeon pea cv Travi	*Cajanus cajan var. travi*	18.00	246.95	18.67	189.95	57.14	26.72	0.28	0.14	0.19	0.90
33	Indigo	*Indigofera tintorea*	12.27	215.57	13.91	170.45	104.07	22.37	0.22	0.08	0.83	0.72
34	Dolichos lablab	*Dolichos Lab-Lab*	11.46	294.36	24.47	200.88	116.16	27.78	0.30	0.07	0.60	2.27
35	Lentils	*Lens culinaris*	0.27	7.62	0.76	6.47	2.80	0.86	0.04	0.00	0.02	0.19
36	Mungbean	*Vigna radiata cv. 1000c*	0.98	35.18	1.99	17.23	19.93	7.17	0.33	0.01	0.08	0.37
37	Velv.bean speckled	*Stilozobium niveum*	11.42	342.26	19.02	157.43	100.12	28.18	0.22	0.14	0.52	1.70
38	Velv.bean black	*Stilozobium aterrimum*	11.42	382.31	24.16	180.84	109.56	26.69	0.26	0.17	0.97	2.25
39	Velv.bean striped	*Stilozobium deeringianum*	10.93	281.04	17.23	179.58	81.08	22.77	0.27	0.17	0.41	5.77
40	Sorghum	*Pennissetum americanum*	3.13	58.77	4.64	58.07	14.41	16.05	0.09	0.02	0.22	1.07
41	Sorghum	*Pennissetum tiphoides*	6.55	117.68	6.75	162.57	32.08	24.54	0.15	0.05	0.49	1.08
42	Mungbean 3476	*Vigna radiata*	0.69	23.03	1.79	18.39	12.13	3.72	0.05	0.01	0.04	0.29
43	Turnip	*Raphanus sativus var.*	1.49	35.89	2.41	37.66	37.88	8.46	0.45	0.01	0.12	2.75
44	Soybean perennial	*Glycine sp.*	4.39	142.54	9.70	60.64	52.41	15.89	0.12	0.04	0.31	1.23
45	Trephrosia	*Tephrosia candida*	12.58	267.55	16.30	177.36	71.81	17.24	0.20	0.07	0.64	0.84
46	Trephrosia	*Tephrosia purpurea*	5.92	140.50	10.11	90.10	57.29	18.41	0.20	0.05	0.50	0.75

Digitized by Google

Table 6. Biomass and dry matter production of weeds grown from November 1992 till February 1993 on soil with low P (4 ppm) and high P (12 ppm, Mehlich 2) at EMBRAPA-CNPAF (GO), Brazil.

Weed management	High P		Low P	
	Biomass (t/ha)	D. M. (kg/ha)	Biomass (t/ha)	D. M. (kg/ha)
Weed undisturbed	48,0	14500	35,3	8133
Weed cut and left as mulch	38,7	8433	25,7	5637
Weed cut and burned	28,8	5800	20,4	3440
Weed cut and retrieved	27,1	3875	18,9	2632

Table 7. The amount of nutrient (kg/ha) taken up by weed during the fallow period from rainy season 1992 till dry season 1993 (5 months) at EMBRAPA - CNPAF(GO), Brazil.

Weed management	High P					Low P				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Weed undisturbed	189	23	225	22	70	65	55	123	29	24
Weed cut and left as mulch	132	12	211	55	24	65	55	110	28	24
Weed cut and burned	99	8	160	40	26	67	62	95	33	13
Weed cut and retrieved	66	5	116	22	19	49	53	84	22	11

Table 8. Yield of 5 bean cultivars grown on Low-P soil as affected by 4 different weed managements EMBRAPA-CNPAF/GO, Brazil.

Weed management	Yield (kg/ha)					Mean
	A 774	APORÉ	POT 51	A 285	IPA 6	
Weed undisturbed	1082	1202	1653	824	1302	1213
Weed cut and left as mulch	1046	1044	1474	912	1554	1206
Weed cut and burned	754	670	1339	529	1118	882
Weed cut and retrieved	687	441	668	196	854	569
Mean	892	839	1284	615	1207	968
LSD (0.05) Weed management	= 122 kg/ha					
LSD (0.05) Varieties	= 95 kg/ha					
LSD (0.05) Weed management x Varieties	= 189 kg/ha					
CV (%)	= 13%					

Digitized by Google

Table 9. Yield of 5 bean cultivars grown on High-P soil as affected by 4 different weed managements EMBRAPA-CNPAF/GO, Brazil.

Weed management	Yield (kg/ha)					Mean
	A 774	APORÉ	POT 51	A 285	IPA 6	
Weed undisturbed	1405	1651	1862	514	1156	1318
Weed cut and left as mulch	1504	1776	1912	965	1693	1570
Weed cut and burned	1141	1200	1764	729	1414	1250
Weed cut and retrieved	1111	1384	1618	628	1134	1175
Mean	1290	1503	1789	709	1349	1328
LSD (0.05) Weed management	= 79.0 kg/ha					
LSD (0.05) Varieties	= 91.0 kg/ha					
LSD (0.05) Weed management x Varieties	= 183.0 kg/ha					
CV (%)	= 9.6%					

Incorporation of SOM increased significantly the bean production in soils with low P, even without increasing the OM content of the soil. The quantity of potentially mineralizable K and N returned by the weeds to the arable soil layer is higher than the dosages given for the bean at planting time, besides other smaller additions of Ca and Mg.

The higher the weed biomass returned to the soil either by allowing weeds grow undisturbed or by leaving the cut-weeds as mulch had positive effect on bean production, whereas retrieving the biomass through cutting it and retrieving it from plots or burning it reduced the bean production. The bean yield increase was the result of the complex reaction of the organic decomposition which may increase the active colloidal part of the soil besides returning nutrients to the soil from the rapid mineralization process in the tropics. The benefits of weed incorporation are greater in soil with low phosphorus. This means that the poorer the soil the higher the need for better management of OM. Thus, weed management on poor soil is more important than in better soils. Five bean lines showed consistent results indicating that there was no interaction between bean lines and weed management or soil P levels (Table 10).

The two types of biomass, the green manure species and the weed composite returned to the soil a great quantity of nitrogen and potassium. The nitrogen was higher in green manure species than in the weeds, which was composed of graminae and broad-leaved species. In legumes the potassium content was slightly lower. These results confirmed the advantages of biomass incorporation into the soil with low organic matter content. Addition of OM seems to change soil physical and chemical properties that promote bean growth.

Digitized by Google

Table 10. Bean yield and yield component analysis as affected by different weed management (combined low and high P soil).

Weed management	Yield	Filled pods/pl	Total pods/ pl	Seeds /pod	Seeds /pl	Seed weight (g/pl)	100 Seed weight g/pl	Harvest Index
Weed undisturbed	1265	9.6	11.5	5.1	48.9	7.0	14.4	0.6
Weed cut and left as mulch	1388	10.9	12.1	5.1	55.6	8.5	15.3	0.6
Weed cut and burned	1029	9.5	11.0	5.0	46.6	6.7	14.5	0.6
Weed cut and retrieved	909	8.9	11.4	4.6	41.8	5.5	12.7	0.5
LSD (0.05)	68	0.7	0.9	0.3	3.8	0.6	0.5	0.0
CV (%)	12.5	15	16.6	12.2	17	17.8	6.9	5.8

FUTURE PROBLEMS

Semi-Arid Ecoregion of the Northeast of Brazil

Good water quality for irrigation will become scarce, since the water tables go deeper in the region where irrigated beans are cultivated. In many regions salinity and saline-sodic problems are already rising, because of poor quality irrigation water. High temperature will be a problem in the future because planting bean at the hottest period of the year is feasible using large amount of free hand labor at that period. High temperature resistant cultivars are needed to improve the general performance of the bean.

Cerrado Ecoregion

Crop rotation, soil born diseases, and physical soil problems will become the future constraint in the intensive bean production systems. Crop rotation studies have been conducted only in cooler regions of Brazil, where farm size is smaller and farmers are not as mobile as in the tropical regions. Recent experiments conducted under central pivot irrigation system to determine the effects of increasing K dosages (from 0 to 120 kg/K_2O) on bean yield. No effect on bean yield was found at lower dosages but at the highest dosage of 120 kg/ha a yield depression occurred (Silveira and Damasceno, 1993). The reason of no K effect may be due to the ability of bean to extract K from the soil and the field was fertilized with potassium for 5 consecutive years. This ecosystem needs beans with higher fertilizer use efficiency, tolerant to acid soil complex, and possessing multiple disease resistance.

Digitized by Google

Semi-Inundated Ecoregion

Root rot complexes will increase because the constant high soil humidity. High winds sometimes cause great loss in the flat land semi-inundated areas. Cultivars with tolerance to temporary water lodging and resistant to root rot complex are needed for sustainable agriculture in this region. Planting wind breaker trees such as *Sesbania rostrata* a legume from Senegal can be recommended.

Mountainous and Cool Ecoregion

Soil loss control should be addressed strongly in these hilly regions and planting multipurpose trees will break the water runoff speed and deposit the sediment at the tree line. In addition, cold tolerant cultivars are needed.

Tropical Lowlands

The deforestation will continue, because the slash and burn practiced by small farmers has no viable alternative at the moment. The fallow period becomes shorter because the need of increasing land for annual crop production or raising cattle. Prolonging use of the cleared land through planting green manure species is an option and at the moment the use of chemical inputs is economically unapplicable. Without additional nutrient from chemical fertilizers these regions cannot be sustained, because the nutrients loss by erosion and leaching is rampant.

Intensive Snap Bean Production in Peri-Urban Regions

Heavy doses of agrochemical application caused a health problem for laborer and consumers, when there is no regulation on the use of insecticides and fungicides. Introduction of multiple disease resistant lines and integrated pest management to reduce the abuse of agrochemical is essential to these intensive farming systems.

CONCLUSION

Soil conservation and green manuring alone are not enough to bring about sustainable bean production. Sustainability must be a consensus of collective efforts, its evaluation must be carried out for several years, and can be achieved only when farm income can be sustained. Unfortunately, most donor-funded projects in developing countries do not exceed five, and rarely last 10 years (Eswaran et al., 1992). Producing organic matter through planting green manure species into the crop sequence is feasible and the incorporated organic matter increases bean yield. The benefit of additional organic matter was shown in the experiments, especially in soils with low P organic matter gave higher response than in soil with high P. It can be concluded that many technologies are available for maintaining and enhancing the soil fertility of the bean production areas in Brazil. Economically it is rather difficult to achieve, because of many reasons: 1) The diminishing real price of the farm product compared to prices for the inputs, e.g., fertilizer, lime, farm machinery and other implements. Credit line for agriculture is inconsistent and changes rapidly, so that no farmer,

Digitized by Google

large or small, feel comfortable to invest in the long term. 2) Extensionists are not prepared for soil implementation of conservation and for execution of high input technologies. Private entities are emerging, but the number is too small to make an impact. Competent professionals do not stay too long in the area. They normally receive better occupation somewhere else. 3) Slow diffusion of the new concept of soil management practices, e.g., planting green manure during fallow period, planting green strip on contour terraces, minimum to no-tillage. Improved cropping systems must provide continuous crop cover, protecting the soil surface from impact of rain drops (e.g., planting a long growth cycle crop intercropped with short one, or rapid sequential cropping systems leaving almost no fallow period). These new technologies require good understanding in field management and long term study on crop rotation. No-tillage practices rely heavily on herbicide application, whose cumulative effect is still not known. Rabelo (1993) reported that most small farmers are not aware of the technology to prevent soil degradation and those who know, think that the method is too complicated and too costly. 4) The cheapest and easiest way to improve farm income is still through improved germplasm. The infrastructure of releasing cultivars is well established and has worked well for the last 14 years. This is the only Brazilian network that is functioning. Small farmers can get the benefit through introduction of multiresistant bean cultivars that reduce the spraying with agrochemicals.

REFERENCES

Abrão, P.U.R., C.F. Goepfert, M. Guerra, F.L.F. Eltz, and E.A. Cassal. 1979. Efeito de sistema de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo Distrófico. R. Bras. Ci. Solo 3:169-172.

Akobundu, I.O. 1980. Live mulch: a new approach to weed control and crop production in the tropics. Proc. British Crop Protection Conference. Ibadan, Nigeria. p. 377-382.

Ayanaba, A. 1982. The value of mulches in the management of organic matter in the tropical soils. Proc. Regional Colloquium on Soil Organic Matter Studies, CENA-PROMECET. Piracicaba, Brazil. p. 97-103.

Bertold, I. 1994. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Distrófico sob diferente preparos do solo e rotação de cultura. R. Bras. Ci. Solo (Campinas) 18:267-271.

Braganolo, N., and J. Mielniczuk. 1990. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. Rev. Bras. Ciência Solo 14 (1):91-98.

Cardona, C., A.v. Schoonhoven, L. Gomez, J. Garcia, and F. Garzon. 1981. Effect of artificial mulches on *Empoasca kraemeri* Ross and Moore populations and dry bean yields. Environmental Entomology 10(5):705-707.

Castellane, P.D., R.D. Vieira, and N.M. De Carvalho. 1988. Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): cultivo e produção de sementes. Jaboticabal, FUNEP/FCAV-UNESP. 60 pp.

Eswaran, H., J. Kimble, T. Cook, and F.H. Beinroth. 1992. Soil diversity in the tropics: Implication for Agricultural Development. p. 1-34. *In* R. Lal, and P.A. Sanchez (eds.). Myths and Science of Soils of the Tropics. SSSA Special publication No.29.

Galindo, J.J., G.S. Abawi, H.D. Thurston, and G.E. Galvez. 1983. Effect of mulching on web blight of beans in Costa Rica. Phytopathology 73(4):610-615.

Digitized by Google

Hoogmoed, W.B., and R. Derpsch. 1985. Chisel ploughing as an alternative tillage system in Paraná, Brazil. Soil and Tillage Res. 6:53-67.

Hoyt, P.B., and R.C. Turner. 1975. Effect of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum. Exchangeable NH_4, and crop yield. Soil Sci. (Baltimore) 119:227-237.

Hue, N.V. 1992. Correcting soil acidity of highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. Comm. Soil Sci. Pl. Anal., New York 23:241-264

Hue, N.V., G.R. Craddock, and F. Adams. 1986. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. Soil Sci. Soc. Am., Madison 50:28-34.

Juo, A.S.R., and R. Lal. 1977. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in Western Nigeria. Plant Soil 47:567-584.

Instituto Brasileiro de Geografica e Estadistica (IBGE). 1993. LEVANTAMENTO SISTEMATICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro.

Kathibu, A.I., R. Lal, and R.K. Jana. 1984. Effects of tillage methods and mulching on erosion and physical properties of a sandy clay loam in an equatorial warm humid region. Field Crops Res. 8:239-252.

Lavelle, P, M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. Lopez-Hernandez, B. Pashanasi, and L. Brussaard. 1994. p. 137-169. *In* P.L. Woormer, and M.J. Swift (eds.). The biology management of tropical soil fertility. Wiley and Sons, W. Sussex.

Lal, R. 1978. Influence of within- and between- row mulching on soil temperature, soil moisture, root development and yield of maize (L.) in a tropical soil. Field Crops Res. 1:127-139.

Maria, I.C. de, and O.M. De Castro. 1993. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soya. R.bras. Ci. Solo (Campinas) 17:471-477.

Maurya, P.R., and R.Lal. 1981. Effects of different mulch materials on soil properties and on root growth and yield of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Field Crops Research 4:33-45.

Miyasawa, M., M.A.Pavan, and A. Calgari. 1993. Efeito de material vegetal na acidez do solo. R. Bras. Ci. Solo (Campinas) 17:411-416.

Rabelo, R.R. 1993. Levantamento da situação de rotação de culturas e adubaçào verde na região Centro-sul. p.60-80. *In* R.R. Rabelo (ed). II Encontro Nacional de Rotação de culturas. ANAIS... II Encontro Nacional de Rotação de culturas.1993, Associação dos Engenheiros Agrônomos de Campo Mourão, Campo Mourão. 258 pp.

Resck, D,V, D, J. Pereira, and J.E.da Silva. 1991. Dinâmica da matéria orgânica na região dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 22 pp. (EMBRAPA-CPAC, Document, 36).

Schachtschabel, P., H.P. Blume, and K.H. Hartge. 1982. Lehrbuch der Bodenkunde. Enke, Stuttgart. 394 pp.

Seguy, L.S., J. Bouzinac, J. Kluthcouski, A.A. Moreira, M.M. de Reissac, A. Silveira Filho, L.C. Silva Neiva, A. Domingos, E.C. Guimarães, and S.M. Teixeira. 1987. La creation de systèmes alternatifs de cultures dans le centreoueste brésilien et ses conséquences agro-économiques sur la productivité des cultures et la fixation de l'agriculture. Convention report of EMBRAPA-CNPAF-CIRAT/IRAT. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Goiânia, GO, Brazil. 37 pp.

Sharma, R.D., and D.D.G. Scolari. 1984. Efficiency of green manure and crop rotation in the control of nematodes under savannah conditions. Nematologia Brasileira 8:193-218.

Digitized by Google

Silva, L. F.da. 1981. Alterações edáficas em "Solo de Tabuleiro" (Haplorthoxs) por influência de desmatamento, queima e sistema de manajo. Rev. Theobroma 11(1):5-9.

Silva, E.M. R. da, D.L. de Almeida, A.A. Franco, and J. Dobereiner. 1985. Adubo verde np aproveitamento de fosfato em solo ácido. Rev. Bras. de Ciência do Solo, 9(1): 85-88.

Silveira, P.M.da, and M.A. Damasceno. 1993. Doses e parcelamento de K e N na cultura do feijoeiro irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasilia) 28(11):1269-1276.

Stoner, E.R., and E. Freitas. 1989. Characterization of root-restricting zones in Cerrado soils. p. 320-321. *In* N. Caudle (ed.). Tropsoils technical report, 1986-1987. North Carolina State Univerity. Raleigh.

Thung, M. 1991. Bean Agronomy in Monoculture. p. 737-834. *In* A. van Schoonhoven and O. Voysest (eds.). Commom Beans: Research for Crop Improvement. CABI/CIAT.Wallingford.

Thung, M., R.M. Ferreira, and J.L. Cabreara. Maintaining the fertility of the Oxisols under intensive bean production systems. *In* O. Voysest (ed.). Research challenges for improving bean production in different crop-growing situations. Proceeding of the fifth Bean International Trials Conference, Cali, CIAT. (In press).

Tisdall, J.M., and J.M. Oads. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33:141-163.

Townsend, J. 1987. Rural change: Progress for whom? p. 199-228. *In* D. Preston. (Ed) Latin American Development: Geographical perspectives. Longman, Harlow.

Wade, M.K., and P.A. Sanchez. 1983. Mulching and green manure application for continuous crop production in the Amazon basin. Agron. J. 75:39-44.

Digitized by Google

7811
09 FEB 1998

Sistema de Producción de Semilla de Frijol en Panamá, sus Logros y Perspectivas

Edwin Lorenzo H., Emigdio Rodríguez y Quintín Palma
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
David (Chiriquí), Panamá

RESUMEN

En Caisán y San Andrés, Distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí, Panamá, se ha implementado un proyecto de producción de semillas de frijol poroto bajo un sistema no convencional o artesanal, el cual es financiado por PROFRIJOL y es atendido por técnicos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), y el Comité Nacional de Semillas (CNS). En el año de 1989 se inició la implementación de las actividades del proyecto de producción artesanal de semillas, con los objetivos de contribuir a la solución del problema que pretendía resolver el proyecto e indicado como la poca disponibilidad de semilla de buena calidad para uso de los productores, acelerar la difusión de nuevas variedades y capacitar a técnicos y productores en el cultivo de frijol para producción de semilla. Durante los cinco años de ejecución del proyecto se han producido un promedio de 12.65 TM de semilla por año en un promedio de 8.02 hectáreas por año, con un rendimiento promedio de 1,444.04 kg/ha en ambas localidades. Se le ha dado capacitación a técnicos y a productores a través de seminarios - taller, parcelas demostrativas y días de campo, en la actividad de producción de semilla de frijol. Se han difundido a través del proyecto nuevas tecnologías, especialmente las variedades mejoradas Barriles, Renacimiento, Primavera, IDIAP R2 e IDIAP C1. Los productores se han organizado en la asociación de productores de semilla para hacerle frente a la producción y comercialización de la semilla que se produce anualmente en cada área de producción.

En Panamá, la producción de frijol se concentra en la Provincia de Chiriquí, fronteriza con Costa Rica, en las localidades de Caisán y San Andrés. La producción de frijol ha sufrido grandes cambios en los últimos 15 años, producto de los programas de investigación y transferencia que se han desarrollado en las zonas productoras. Esto llevó al cultivo hacer un cultivo de subsistencia a un rubro altamente tecnificado con fines comerciales. Los rendimientos aumentaron considerablemente, de 386 kg/ha que se obtenían en 1978 a 771 kg/ha que se obtuvieron en 1995 (MIDA).

A través de los años se hicieron varios esfuerzos para impulsar programas de certificación de semillas de frijol, sin embargo fracasaron debido: a) Las áreas de producción están alejadas de las plantas procesadoras de semillas y almacenes refrigerados y b)Gastos que el productor no puede sufragar (Rodríguez et al., 1991).

En el año de 1989 se inició la implementación de las actividades del proyecto de producción artesanal de semillas, con los objetivos de contribuir a la solución del problema de este rubro que se indicaba como la pobre disponibilidad de semilla de buena calidad para uso de los productores, acelerar la difusión de nuevas variedades y capacitar a técnicos y productores en el cultivo de frijol para la producción de semilla con características adecuadas para la producción comercial de frijol.

Digitized by Google

REVISION DE LITERATURA

La transferencia de tecnología en cultivos con características sociales muy fuertes tales como el frijol, maíz, arroz, etc., tropieza con barreras de gran complejidad, tal como la inadecuada estructura agraria, falta de acceso a la asistencia técnica y al financiamiento.

La semilla de nuevos cultivares debe ser transferida de manos de los investigadores a los productores para cumplir con el principal objetivo de la investigación fitotécnica, que es el desarrollo de cultivares con mejores características genéticas y agronómicas (Camargo et al., 1988). En Panamá se siembran actualmente un aproximado de 6,000 hectáreas de frijol, estimándose que se necesitan unas 1,000 hectáreas adicionales para cubrir las necesidades a nivel nacional. Esta producción está en su mayoría en manos de pequeños agricultores que manejan predios entre 0.5 y 19.5 hectáreas de extensión (Delgado, 1991; Viana, 1995).

Muchos factores han limitado la expansión del cultivo a nivel nacional siendo el de mayor importancia la poca disponibilidad de semilla de buena calidad (Rodríguez et al., 1991). Se conoce que los sistemas de producción y distribución de semilla se pueden clasificar en tres grandes categorías:

- Tradicionales
- Convencionales
- No convencionales

En los sistemas no convencionales, los agricultores desarrollan estrategias de producción y distribución de material de semilla con características cualitativas que se aproximan al sistema convencional pero siguen normas, reglamentos y patrones más adecuados a su realidad (Camargo et al., 1988).

Hasta el año 1985 existió una empresa estatal productora de semilla certificada, la cual contaba con muchas limitantes de tipo financiero y técnico, además las condiciones de financiamiento no resultaron las más adecuadas, dando como resultado que los agricultores utilizaran semillas que producían en sus campos comerciales (Rodríguez et al., 1989).

La producción de semilla, en 1989 constituía el cuello de botella, para extender el uso de variedades mejoradas (PROFRIJOL, 1989; Delgado 1991, 1992). A partir de 1989 se inició en Panamá la implementación del sub-proyecto Producción Artesanal de Semilla, no contando para esa fecha con productores de semilla en las dos principales zonas de producción.

CARACTERISTICAS DEL AREA

Ubicación Geográfica

El corregimiento de plaza Caisán es parte del distrito Renacimiento, en la provincia de Chiriquí, República de Panamá. Se encuentra ubicado a 8° 35' de latitud norte y 82° 55' longitud oeste, mientras que San Andrés está ubicado en el distrito de Bugaba entre 8° 45' latitud norte y 82° 35' longitud oeste.

Digitized by Google

Clima

La temperatura promedio anual varía desde 18° C hasta los 25° C. El período de lluvias a mediados del mes de marzo y se prolonga hasta fines de noviembre, luego se inicia un período seco, que se encuentra desde el mes de diciembre a marzo. Durante el período lluvioso las precipitaciones fluctúan entre 3,000 y 4,000 mm; en el período de cultivo se dan precipitaciones promedio de 785 mm.

Suelo

Los suelos del área de Caisán y San Andrés son de origen volcánico, fértiles, profundos, de textura franco- arenosa y alto contenido de materia orgánica.

Topografía

Caisán se encuentra a una altitud que oscila entre 670 y 1150 msm, en tanto que San Andrés va de 300 hasta 700 m. La topografía incluye terrenos planos, ondulados, predominando terrenos con pendientes pronunciadas. Los objetivos que se buscaba obtener con este proyecto se resumen en, acelerar la difusión de nuevas variedades, y capacitar a técnicos y productores en el cultivo de frijol para semilla.

METODOLOGÍA

Instituciones Involucradas

Tres instituciones del sector agropecuario se encuentran actualmente encargadas del desarrollo del programa de producción artesanal de semillas (PAS). El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y el Comité Nacional de Semillas(CNS). Tres investigadores del IDIAP dedican aproximadamente un diez por ciento de su tiempo a el programa de producción artesanal de semillas. Existen alrededor de cinco técnicos del MIDA que dedican entre un 20 a un 40 por ciento de su tiempo a este programa. En tanto que el técnico del CNS dedica aproximadamente el 80 por ciento de su tiempo durante el ciclo del cultivo.

Actividades Realizadas

Las actividades que realiza cada uno de los técnicos de las diferentes instituciones se resumen a continuación:

1. Generación de variedades, las cuales deberán difundirse a los agricultores de los principales áreas frijoleras del país.
2. Selección de los agricultores que participarán en los programas de Producción Artesanal de Semillas.

Digitized by Google

3. Visita a los campos de los agricultores desde la preparación de suelo, siembra, etapas de desarrollo vegetativo, cosecha y almacenamiento.
4. Días de campo, con la participación de técnicos y productores de las principales zonas frijoleras del país.
5. Apoyo en la organización de productores de semillas con el fin de facilitar el proceso de comercialización de la semilla de poroto.
6. Parcelas de validación de tecnología generada por el IDIAP.

Transferencia de la Semilla

Las variedades que se decide en un momento dado liberar, ya que han pasado todo el proceso de investigación en campos experimentales, fincas de agricultores y han sido validadas son entregadas a los agricultores de las principales zonas frijoleras del país y posteriormente se realiza un día de campo con el propósito de discutir los aspectos relevantes de cada una de dichas variedades. Ese mismo día de campo servirá para que se realice la difusión a los agricultores involucrados en el proyecto y que poseen semilla de dichas variedades.

Comercialización

La semilla obtenida de las parcelas de producción artesanal de semillas un 20% es utilizada como grano comercial y un 80 por ciento como semilla. Una parte de esa semilla es utilizada para auto consumo y el resto es vendida a agricultores de las diferentes zonas agrícolas del país. El 20% que se vende como grano comercial se comercializa inmediatamente después de la cosecha y la semilla es almacenada en recipientes herméticos, generalmente se utilizan tanques de 55 galones o de 5 galones de capacidad donde se almacena la semilla por espacio de 8 meses. Cada quintal de semilla se vende a un precio de B/.70/qq variando el mismo de acuerdo a la época del año, siendo mas costoso a medida que se acerca a la época de siembra y menor el costo una vez cosechada la semilla. Los mecanismos que utiliza el agricultor para comercializar la semilla de frijol es variable dependiendo de la zona donde se encuentra, generalmente el vende la semilla, intercambia la semilla por grano comercial o lo cambia por mano de obra.

Organización

Existe cierto grado de inseguridad por parte de los agricultores para realizar cualquier tipo de agrupación por las experiencias que han tenido con la Asociación de Productores de Poroto (APPA) la que albergaba alrededor de 400 productores de este rubro y en estos momentos su existencia es incierta, igualmente con la Cooperativa el Renacer de Caisán la cual por manejos administrativos deficientes tiene problemas en estos momentos. A pesar de todo esto se logró conformar la APS de Caisán, quienes tienen como objetivo principal la comercialización de la semilla. En estos momentos se realizan los trámites correspondientes para la acreditación necesaria para la compra de la semilla. Un aspecto relevante lo constituye el hecho de que esta organización posee personería jurídica y es la primera asociación de productores de semillas que se registra en el país.

Digitized by Google

RESULTADOS

Se puede observar en la Tabla 1 que a través de los años el número de productores en el área de Caisán no ha bajado de 10 con excepción del año 93-94 que fue cuando se hizo un nuevo intento por introducir el programa de certificación de semillas. En la localidad de San Andrés el número de productores ha variado más que en Caisán, pero se observa la misma baja para el período antes mencionado. Esta baja también se debió a que los técnicos de semilla y los extensionistas fueron retirados del programa.

Tabla 1. Número de productores y variedades utilizadas a través de los años en las localidades de Caisán y San Andrés.

Año	Caisán		San Andrés	
	Número de productores	Variedades utilizadas	Número de productores	Variedades utilizadas
1989-90	14	Barriles, Primavera	3	Rosado criollo, Barriles.
1990-91	23	Barriles, Primavera	39	Barriles, primavera, Renacimiento
1991-92	22	Barriles, Primavera, Araúz criollo	32	Barriles y Renacimiento
1992-93	16	Barriles y Rosado criollo	8	Araúz, Barriles
1993-94	1	Barriles, IDIAP-R2	1	IDIAP- C1 y Barriles
1994-95	17	IDIAP-R2 e IDIAP- C1	10	IDIAP- R2 e IDIAP- C1
1995-96	16	IDIAP-R2 e IDIAP- C1	10	IDIAP- R2 e IDIAP- C1

Fuente: Tomado y modificado de Rodríguez y Palma (1994).

Este programa permitió promover la utilización de nuevas tecnologías generadas por el IDIAP y entre las más importantes están las variedades mejoradas liberadas por el IDIAP, ya que desde 1989 se han utilizado las mismas en el PASF. Entre las cuales están: Barriles, Primavera, Renacimiento, IDIAP-R2 e IDIAP-C1. También se seleccionaron dos variedades criollas de grano rosado y se promovió su utilización pero no tuvieron éxito dentro del programa por ser susceptibles a la mustia hilachosa.

Digitized by Google

El rendimiento promedio de las variedades mejoradas obtenidas por los agricultores en PASF se puede observar en la Tabla 2 y donde se destaca que la variedad que más rendimiento muestra es el IDIAP-R2 con 2.3 TM/ha, seguida de la variedad, IDIAP-C1 con 2.1 TM/ha. Es necesario resaltar el hecho que el Programa Nacional de Frijol promueve la utilización de estas dos variedades ya que poseen otras características adecuadas como es el mayor grado de resistencia a la mustia hilachosa y buena calidad culinaria. Es importante destacar que las variedades criollas son altamente susceptibles a la mustia hilachosa causada por el hongo *Thanatephorus cucumeris*.

Tabla 2. Rendimiento promedio de las variedades mejoradas y criollas obtenidas por los agricultores.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)
Barriles (Mejorada)	1874
Primavera (Mejorada)	1619
Renacimiento (Mejorada)	1633
Rosado (Criolla)	1406
Araúz (Criolla)	1715
IDIAP-R2 (Mejoradas) (Rend. Experimental)	2359
IDIAP-C1 (mejoradas) (Rend. experimental)	2177

Fuente: Tomado y Modificado de Rodríguez y Palma (1994).

Las variedades IDIAP-R2 e IDIAP- C1 están por primer año en manos de los agricultores por lo que no se posee un rendimiento promedio de estas variedades, sin embargo, el rendimiento experimental de dichas variedades es muy bueno. Otro aspecto de importancia que se notó en el ciclo anterior fue el hecho de que hubo agricultores que superaron dichos rendimientos experimentales.

En cuanto a la superficie sembrada en la localidad de Caisán se puede observar en la Tabla 3, que durante estos años se han sembrado en promedio de 10.78 has por año, con una producción promedio de 18.20 TM y rendimiento promedio por hectárea de 1,620 kg.

En la localidad de San Andrés, durante estos años se sembró un promedio de 5.2 has por año, con una producción promedio de 7 TM y rendimientos promedios por hectáreas de 1,268 kg (Tabla 4) .

Hay que resaltar el hecho que durante estos años el rendimiento por hectárea en las dos localidades se ha mantenido constante a pesar de las variaciones en el número de productores y la superficie sembrada, lo que nos indica la utilización de la tecnología generada por el IDIAP por parte de los agricultores.

Digitized by Google

Tabla 3 Superficie, producción, rendimiento promedio y escapes de semilla de frijol producida en Caisán, Panamá.

Años	Has sembradas	Producción TM	Rendimiento kg/ha	Escapes TM	Semilla efectiva TM
1989-90	17.35	19.68	1,134.00	6.55	13.12
1990-91	13.50	21.80	1,614.82	5.03	16.76
1991-92	21.0	38.74	1,844.33	2.86	35.88
1992-93	12.0	18.55	1,545.86	1.04	17.51
1993-94	1.04	2.27	1,619.80	0.0	2.27
1994-95	1.00	1.98	1,984.5	0.00	1.98
1995-96	9.58	24.40	1,600.30	8.03	7.30
x	10.87	18.20	1,620.47	3.36	13.54

Fuente: Tomado de Rodríguez, E; Palma, Q. 1994.

Tabla 4. Superficie, producción, rendimiento promedio y escapes de semilla producida en San Andrés, Panamá.

Años	Has sembradas	Producción TM	Rendimiento kg/ha	Escapes TM	Semilla efectiva TM
1989-90	35	45	1,29593	0	0.45
1990-91	9.07	10.80	1,191.15	1.15	9.65
1991-92	14.34	22.61	1,578.53	11.00	11.64
1992-93	3.60	4.56	1,265.54	0.00	4.56
1994-95	0.41	0.52	1274.49	0.0	0.0
1995-96	3.29	3.76	1,000.00	2.13	1.63
x	5.17	7.11	1267.62	2.38	4.74

Fuente : Tomado y Modificado de Rodríguez y Palma (1994).

Digitized by Google

Calidad de la Semilla

En las Tablas 5 y 6 se pueden observar los análisis de laboratorio realizados por el CNS en el año de 1991, a los lotes de semilla producida bajo el esquema PASF.

Se puede observar 17 muestras de un total de 24 con un porcentaje de germinación arriba del 95% y que el resto (7) tenía entre un 90 y 94% de germinación, antes de la cosecha. Después del acondicionamiento de la semilla, se tomaron 21 muestras, de las cuales 8, tenían un porcentaje de germinación arriba de 95% , 7 entre 90 y 94% y 6 entre 80 y 89%. Esto nos indica que la calidad de semilla producida bajo este esquema es alta y que los controles seguidos por el C.N.S. son los adecuados.

Tabla 5. Análisis de patología y germinación efectuados por el laboratorio oficial de semillas a muestras tomadas antes de la cosecha.

No. de muestras	Germinación Rangos de %	% del total	No. de muestra	Hongos del almacén (%)	% de total
24	100-95	70.83	17	0-5	71
	94-90	29.17	7	6-10	29
	89-80	0.0	0	11 y más	0

Fuente: Tomado de Rodríguez y Palma (1994).

Tabla 6. Análisis completo efectuado por el laboratorio oficial de semillas a muestras tomadas después del acondicionamiento de la semilla.

No. de muestras	Germinación Rangos de %	% del total	No. de muestra	Hongos del almacén (%)	% de total
15	100-95	71	8	0-5	38
6	94-90	29	7	6-10	33
-	89-80	0	6	11 y más	29

Fuente: Tomado de Rodríguez y Palma (1994).

Digitized by Google

Perspectivas

Con la formación de la asociación de productores de semillas de poroto, se espera que para los próximos años se solucionen los problemas de comercialización de la semilla y que se logre cubrir gran parte de la demanda de semilla de buena calidad, que es del orden de las 272 TM por año. Para el período 1996/97 se sembrará una superficie de 50 ha de semilla y se espera producir unas 68 TM de semilla limpia y de buena calidad. Igualmente se espera que la producción artesanal de semillas sea eficiente para difusión de las nuevas tecnológicas que se generan en el cultivo de frijol.

Costos de Producción

Para el calculo de los costos de producción se utilizaron los precios de los insumos que rigen actualmente en la elaboración de este documento (Septiembre, 1996). Los costos de la mano de obra están basadas en los precios que se pagan actualmente en el área de Caisán en 1996.

Tal como se observa en la Tabla 7, el costo de una hectárea de semilla de frijol poroto es de B/. 1,262 y comprende insumos (B/. 485.44), mano de obra (B/.565) y otros gastos en materiales, alquiler de terreno, depreciación de equipo e imprevistos (B/.211.52). Con este costo de producción se da al cultivo todos los requirimientos exigidos y se garantizan producciones de 30 qq de semilla limpia. La rentabilidad es de 66% la cual es adecuada para este cultivo.

Tabla 7. Costo de producción de una hectárea de semilla de frijol.

Actividad	Unidad	Costo unidad	Cantidad	Total (B/.)
I. Mano de Obra				
- Limpieza	Jornal	5.00	8	40.00
- Siembra	Jornal	5.00	16	80.00
- Aplicación herbicidas	Jornal	5.00	6	30.00
- Aplicación de fertilizantes	Jornal	5.00	3	15.00
- Aplicación fungicidas	Jornal			
- Aplicación insecticidas	Jornal	5.00	11	55.00
- Aplicación abonos foliares	Jornal			
- Cosecha (arranque)	Jornal	5.00	10	50.00
- Recolección del frijol	Jornal	5.00	4	20.00
- Aporreo	Jornal	5.00	12	60.00
- Limpieza de la semilla	Jornal	5.00	5	85.00
- Secado	Jornal	5.00	3	15.00
- Selección de semilla	Jornal	5.00	3	150.00
- Tratamiento	Jornal	5.00	4	20.00
- Ensacado y almacenamiento	Jornal	5.00	1	5.00
Sub Total M.O.				565.00

Digitized by Google

Actividad	Unidad	Costo unidad	Cantidad	Total (B/.)
II. Insumos				
- Semilla	qq	82.00	1.5	123.00
- Gramoxone	lt	4.70	4.0	19.20
- Fusilade	lt	36.00	1.0	36.00
- 18-46-0	qq	17.00	3.0	51.00
- Urea	qq	13.00	4.0	52.00
- 20-20-20	lb	2.60	6.0	60.00
- Round- up	lb	20.00	3.0	60.00
- Benlate	lb	12.90	6.6	85.14
- Arrivo	lt	13.00	1.0	13.00
- Tritón	lt	4.50	1.0	4.50
- Vitavax	kg	13.00	2.0	26.50
Sub Total - Insumos				485.44
III. Materiales				
- Sacos sintéticos	Sacos	0.20	39	7.80
- Hilos	-	-	-	1.00
Sub Total - Materiales				8.80
IV. Alquiler de Terreno	ha	78.00	1.0	78.00
V. Depreciación de Implementos				10.00
VI. Admón e Imprevistos				114.72
(10%)				1,261.96
Ingreso Bruto				
- Venta de semilla	qq	70.00	30.00	2,100.00
Egresos				
- Costos de producción	B/.		1.0	1,26196.00
Ganancia Neta				838.04
Tasa de rentabilidad	66%			

Fuente: Tomado y Modificado de Rodríguez y Palma (1994).

Digitized by Google

REFERENCIAS

Camargo, C.P, C. Bragantini, y A. Monares. 1988. Sistemas de producción de semillas para pequeños agricultores: Una visión no convencional. CIAT, Cali, Colombia. 12 pp.

Delgado, A. 1991. Estudio sobre la produción artesanal de semilla de frijol (poroto) en el Corregimiento de Chiriquí, Panamá. -IDIAP. Inédito 41 pp.

Delgado, A. 1992. Características y manejo de producción del frijol poroto a nivel comercial y de semilla artesanal en San Andrés, Chiriquí, Panamá. -IDIAP. Inédito. 36 pp.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 1993. Taller de evaluación del proyecto de producción artesanal de semillas de frijol poroto. Santiago de Veraguas. 10-12 de julio de 1991. PROFRIJOL-CIAT. Panamá. 113 pp.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). 1995. Comportamiento de la producción nacional de frijol poroto. Dirección Nacional Agrícola. Chiriquí, Panamá. 2 pp.

Rodríguez, E, y G. González. 1989. Alternativas para la producción no convencional de semilla de frijol en Panamá. p. 22-225. *En* Taller Centroamericano sobre sistema de producción de semilla de frijol. PROFRIJOL. Doc. 89/4. San José Costa Rica.

Rodríguez. E, F. González Q. Palma y O. González. 1991. Producción de semilla de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.).

Rodríguez, E., y Q. Palma. 1994. Un caso de producción artesanal de semillas que ha tenido relativo éxito. caso: Caisán-San Andrés. 17 pp.

Profrijol. 1989. Alternativas para la produción no convencional de semillas de frijol en Panamá. p. 220-225. *En* Taller Centroamericano sobre sistemas de produción y distribución de semilla de frijol para pequeños agricultores. Doc. 89/4. San José (C.R.).

Profrijol. 1991. Proyecto de producción artesanal de semillas de frijol poroto. p. 286-308. *En* Proyectos regionales de investigación informes anuales. Doc. 91/2. Panamá (Pmá).

Profrijol. 1994. Producción artesanal de semillas para pequeños agricultores. p. 59-66. *En* Informes anuales de proyectos R1-R5. Resumenes. Doc. 94/8. San Cristobal. (RD).

Profrijol. 1995. Producción artesanal de semillas de frijol- PASF. p. 81-86. *En* Informes anuales de proyectos de investigación y capacitación. Resumenes. Doc.95/5. San Cristobal (R.D.).

Profrijol. 1996. Proyecto de producción artesanal de semillas de frijol - PASF. Informe anual.p. 41-45. *En* Proyectos regionales de investigación y Capacitación. Resumenes. Doc. 96/5. Santo Domingo (R.D.).

Viana, A.R. 1995. Estudio de seguimiento en Caisán Panamá al proyecto de producción artesanal de semilla de frijol. IDIAP -PROFRIJOL. Trabajo socioeconómico. Inédito. 22 pp.

Digitized by Google

Digitized by Google

SECCION X. SOSTENIBILIDAD DE LA INVESTIGACION DE FRIJOL EN LOS PROGRAMAS NACIONALES, REGIONALES E INTERNACIONALES

Digitized by Google

Digitized by Google

Sistema Nacional de Investigación con Frijol en el Brasil: Resultados, Entraves y Perspectivas Futuras

Pedro A.A. Pereira, Maria José Del Peloso, Lidia P. Yokoyama, Vania Moda-Cirino, Lourênço Oliari, Paulo Miranda, Magno Antonio Patto Ramalho, Antonio S. Pompeu, Sergio Carbonell, Clibas Vieira y José E. de S. Carneiro
CNPAF, IAPAR, IPA, UFLA, IAC, y UFV, Brasil

RESUMEN

La investigación en el **cultivo de frijol en el Brasil se inserta dentro de la investigación agropecuaria como** un todo y puede ser dividida **en tres** fases **distintas. La primera fase tuvo inicio con la implantación de los** primeros Institutos de Investigación por el **Gobierno Federal en el período de 1909 a 1937. Ese período fue** caracterizado como de concepción de la idea **de una institución nacional, buscando ejecutar y coordinar las** actividades de investigación agrícola. **La fase de 1938 a 1973 fue caracterizada por la creación del Centro** Nacional de enseñanza e Investigaciones Agronómicas **(CNEPA) que fue el precursor del Departamento Nacional** de Investigación Agropecuaria (DNPEA) que tenía **cinco divisiones técnicas, un Centro Agrícola y Alimentario** y nueve institutos regionales descentralizados. **El aumento de la productividad de la agricultura pasó a ser el** objetivo explícito de la política agrícola brasileña. **Contribuirán para esta decisión las crisis de abastecimiento,** principalmente de frijol, **en los grandes centros urbanos y el reconocimiento de que solamente la expansión de** la frontera agrícola no sería capaz de **generar oferta de alimentos y fibras en condiciones de atender el elevado** crecimiento de la demanda nacional **e internacional. En 1972 se hizo claro que el arreglo institucional de la** investigación nacional, basado en la administración **directa, no había sensibilizado el poder público en hacer las** inversiones necesarias para desencadenar la **generación de conocimientos y tecnologías que pudiesen incrementar** la productividad de la agricultura nacional. **La tercera fase se inicio con la creación de la EMBRAPA el 7 de** diciembre de 1972. Esa empresa **surgió con la responsabilidad de coordinar y ejecutar la investigación** agropecuaria en todo el territorio **nacional. El modelo institucional de la EMBRAPA está constituido por un** Sistema Nacional que comprende dos líneas **fundamentales de atención: acción directa y acción coordinadora.** La acción directa se realiza a través de **las unidades de ejecución de ámbito nacional, como los Centros de** Productos y Recursos y Servicios **Nacionales, y también por las unidades de investigación de ámbito estatal.** Dentro de este enfoque, el Centro Nacional de **Investigación de Arroz y Frijol (CNPAF), fue creado en 1974 con** la incumbencia de generar, promover, difundir **y transferir conocimientos y tecnologías de amplia aplicación de** forma directa y/o integrada a otras instituciones, **para el desarrollo sustentado de las culturas de arroz y frijol.** Es importante enfatizar que antes de la **creación de EMBRAPA, la investigación con el cultivo del frijol se** constituyó en una preocupación de los **Institutos Regionales de Investigación como el IAC, IPA, IPEACO, IPEAS,** IPEAN, IPAGRO y IPEACS **y de Universidades como la UFV y UFLA que desarrollaban investigaciones de** forma aislada, de cunho regional con **la creación del CNPAF y la implantación del Programa Nacional de** Investigación de Frijol (PNP-Frijol) fueron reforzadas **las acciones de investigación colaborativas involucrando** el CNPAF y el Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria **SNPA, donde se insertan los institutos regionales.** Esa interacción fue bastante expresiva principalmente **en el área de mejoramiento genético, corroborada con la** entrada en el Brasil de 1976 al 1982, de las colecciones **y Viveros Internacionales (IBYAN) organizados por el** CIAT, resultando **en el lanzamiento/recomendación de 11 cultivares. Por otro lado el suceso en el área de** mejoramiento se debe a la creación de las Comisiones **Técnicas Regionales que tienen por finalidad de coordinar** y promover la evaluación de líneas de frijol provenientes **de programas de investigación nacional e internacional.** Fueron estas los dos grandes avances para la interacción **interinstitucional. En este trabajo serán enfocados los** principales resultados de la investigación de frijol **en el Brasil de los últimos 25 años con énfasis en la estrategia** de atención de esas comisiones **técnicas que** proporcionarán **el lanzamiento y la recomendación de 34 cultivares** de frijol en el Brasil.

Digitized by Google

SISTEMA INSTITUCIONAL DE PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

Las preocupaciones con la investigación y la enseñanza de las ciencias agrarias datan de la época del imperio. Entre 1859 y 1861 fueron creados varios institutos de agricultura que no progrediram, salvo apenas una excepción. Los esfuerzos pioneros durante el imperio no proporcionaron una evolución continua de la investigación a nivel federal. Las primeras iniciativas de la investigación agrícola surgieron con la creación del Centro Nacional de Enseñanza e Investigaciones Agronómicas (CNPEA), siendo éste, el precursor del Departamento Nacional de Investigación y Experimentación Agrícola (DNPEA).

Las grandes crisis de abastecimento en los centros urbanos contribuirían para que fuese reconocido que solamente la expansión de la frontera agrícola no era suficiente para atender las demandas nacional e internacional por alimentos y fibras. Así mismo, el aumento de la productividad pasó a ser el objetivo principal de la política económica brasileña. La estrategia para el incremento de la producción y productividad contemplaba la expansión de la frontera agrícola y la modernización de la agricultura. La modernización de la agricultura implica un crecimiento significativo de los factores tierra y trabajo. La exploración agrícola pasa a estar fundamentada en ciencia y tecnología y no solamente en la ocupación cada vez mayor de áreas. En 1972, quedó evidente que el arreglo institucional de la investigación nacional, basado en la administración directa, no había sensibilizado el poder público en cuanto a las inversiones necesarias para desencadenar la generación de conocimientos y tecnologías que pudiesen incrementar la productividad en la agricultura nacional.

La Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), creada en 1972, nace con la responsabilidad de coordinar y ejecutar la investigación agropecuária en todo el territorio nacional. La base del modelo institucional de EMBRAPA contempla dos líneas fundamentales de atención: acción directa y acción coordinadora. La acción directa se realiza a través del Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria - SNPA, constituído por las unidades de ejecución de ámbito nacional, por los centros de referencia de producto, por los centros de recursos y por los servicios nacionales, además de las unidades de ámbito estatal. En este contexto, los centros nacionales de producto, como el Centro Nacional de Investigación de Arroz y Frijol (CNPAF), tienen la atención articulada con los sistemas estatales, llevando el producto de la investigación para las adaptaciones en nível local y obteniendo los subsidios, tanto para elaborar como para conducir proyectos contemplados en la respectiva línea de especialización. La filosofía se basa en la articulación de los centros nacionales con las unidades de ejecución de investigación de los estados, las universidades, la iniciativa privada y los organismos de naturaleza regional, buscando sumar esfuerzos y evitar duplicaciones, maximizando la aplicación de los recursos financieros en problemas limitantes para el aumento de la productividad, de la calidad y de la competitividad de la agricultura brasileira.

Para entender la filosofía de atención del CNPAF y, consecuentemente, el sistema nacional de investigación de frijol, es necesario conocer la evolución del sistema de planeamiento de investigación de EMBRAPA y del Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria. El primer sistema de planeamiento de la empresa preconizaba un modelo diferente del utilizado en los países más desarrollados, que proporciona el máximo de conocimientos teniendo en vista las limitaciones de tiempo y de recursos, con la más amplia gama de informaciones científicas. En este modelo, el agricultor tiene grande probabilidad de encontrar los conocimientos que le permitirán elaborar el

Digitized by Google

mejor sistema de producción para las condiciones de su propiedad, teniendo en consideración las restricciones de recursos financieros. Ese modelo difuso genera un gran número de informaciones que tenía pequeña probabilidad de que se convirtieran en tecnologías aplicables. Este es un modelo dispendioso, solamente factible en una sociedad que se disponía a invertir masivamente en investigación.

En los países en proceso de desarrollo se pueden identificar dos factores fundamentales que limitan el funcionamiento del modelo difuso: recursos escasos para la investigación y la desinformación de los agricultores aliada a la falta de infraestrutura básica. Así mismo, en un ambiente de recursos limitados, ese modelo pierde algunas de sus ventajas, siendo necesario modificarlo de tal forma que los conocimientos generados obedezcan a criterios de ordenación definidos, para maximizar la obtención de sistemas de producción viables.

Esa discusión sobre el modo de conducción de investigación condiciona, en muchos aspectos, el modelo institucional. Entre tanto, el esfuerzo con la investigación ocurrió de forma bastante desuniforme. Algunos estados desarrollaron sus instituciones de investigación, alcanzando reconocimiento nacional e internacional y obteniendo resultados que tuvieron impacto sobre la productividad de la agricultura. Por otro lado, en otros estados, aunque algún mecanismo institucional también fue creado a nível estatal o federal con el objetivo de realizar investigación agrícola, los resultados fueron practicamente inexistentes.

La realidad brasileña, de esa forma, finalizó para un modelo institucional flexible, para permitir, al lado de una concentración de esfuerzos, impacto en áreas consideradas prioritarias por el gobierno federal, y atención específica de los anhelos de los estados. En consonancia con el modelo institucional, la primer sistemática de planeamiento de la investigación preconizaba el caracter dinámico y procesal con el enfoque de sistemas de producción, esto es, basándose en una orientación que abordaba, siempre que fue posible, de forma integral, el proceso productivo de la agricultura. Este modelo definía los objetivos y las metas, seleccionando las acciones más adecuadas para conseguirlos.

El segundo modelo de planeamiento, denominado de modelo circular, defendía que la investigación debería comenzar y terminar en el productor. Las principales alteraciones trazadas en este modelo, en relación al anterior, refiriéndose a las figuras programáticas. Anteriormente, las figuras o unidades de programación consistían el plano indicativo en los proyectos y subproyectos. En el modelo circular, esas figuras eran los programas nacionales de investigación (PNPs) y los proyectos conteniendo las acciones de investigación. En el caso del cultivo del frijol, el PNP-Frijol pasó a ser el instrumento básico orientador de toda programación de investigación del Sistema Nacional de Investigación Agropecuária.

Finalmente, en el inicio de la década de los 90, EMBRAPA procuró un nuevo modelo de planeamiento, por el cual la empresa pasó a incorporar la abordagem estratégica, con el uso de la técnica de escenarios alternativos futuros. Como consecuencia natural fue adoptada la filosofía de Investigación y Desarrollo (P&D). La opción del enfoque de P & D resulta del modelo centrado en la demanda y orientado para la atención de las necesidades de la sociedad, o sea, de los clientes, usuarios y beneficiários de la investigación. Aunque desde el inicio EMBRAPA tenía concentrado sus esfuerzos en la investigación aplicada, con sus proyectos buscando prioritariamente la solución de problemas del sector productivo y no solamente el avance del conocimiento, hubo predominio del modelo concentrado más en la oferta tecnológica, independentemente de la atención de las demandas inmediatas del sector productivo.

Digitized by Google

AVANCE DE LA INVESTIGACION Y PRODUCCION DE FRIJOL EN EL BRASIL

La investigación de frijol en el Brasil se inicio en la década de los 30, a través de esfuerzos aislados de algunos investigadores con sede en institutos regionales de investigación. Aún en esta época, la presión demográfica era poco intensa y había gran abundancia de tierras fértiles, relativamente próximas a los centros de consumo. Así mismo, con la demanda pequeña, la presión por tecnologías era incipiente. Este panorama mudó radicalmente cuando se desencadenaron las crisis de abastecimento que explotaron a partir de la década de los 50. La necesidad de atender de esa demanda por tecnologías que aumentasen la producción de frijol fue contemplada, en un primer momento, con una mejor organización de la investigación con frijol, proporcionada con la creación del DNPEA y posteriormente, de la Comisión Nacional de Frijol. Esa Comisión catalizó, durante el período de 1962 a 1968, los conocimientos para resolver problemas agronómicos, tales como: efecto de épocas de cosecha; distanciamientos; densidades de siembra; fertilización orgánica; encalado; fertilización química y sistemas de cultivo, además de la recomendación de las variedades para las diversas regiones productoras de esa leguminosa.

El frijol, en el inicio, raramente era considerado como el componente principal de los sistemas de cultivo, siempre sembrado como cultivo secundario de un cultivo principal, en las asociaciones o en cosecha en substitución, predominantemente después de maíz. Al principio, las zonas de mayor producción de frijol se concentraban en las regiones sur y sudeste, principalmente en las tierras rojas de alta fertilidad, también utilizadas para la cultivo del café. En esta época, la agricultura era itinerante. El agricultor sembraba durante uno o dos años en un terreno recién desmontado y en seguida, se transfería para otro sitio. En contrapartida, el cultivo, actualmente, está realizado por varias generaciones en el mismo sitio, ocurriendo numerosos problemas como incidencia de enfermedades y reducción de la fertilidad del suelo, debido a erosión y a estracción por las plantas. Además de ésto, a partir de la intensificación de la política de incentivo a los cultivos de exportación, como la caña de azúcar y la soya, aliado también a la apertura del Cerrado brasileiro, ese escenario se agravó y el cultivo del frijol fue desalojado hacia áreas de menor fertilidad. Además del menor potencial productivo de las áreas para donde el frijol fue desalojado, el incremento de la cosecha, principalmente de la soya y del algodón, perjudicó la productividad del frijol, pues esas especies son hospederas de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado, que prácticamente vetó el frijol de regiones anteriormente consideradas tradicionales, como el norte del Paraná y São Paulo, Triangulo Mineiro y Sur y Sudoeste de Goiás. Asi mismo, con el uso de tecnología en pequeñas propiedades, la productividad, en la mayoría de los casos, también ha sido mantenida. Esto puede ser bien demonstrado en investigaciónes recientes en las principales regiones productoras de frijol de seca, por el aumento del uso de prácticas agronómicas recomendadas por la investigación (Tabla 1).

Independientemente del tamaño de la propiedad, se puede afirmar que el nivel tecnológico empleado por los productores de frijol también ha aumentado considerablemente en las últimas décadas. Conviene resaltar que este hecho no ocurre en la agricultura de subsistencia, en que la difusión de nuevos conocimientos presenta una barrera casi intraspasable, representando un desafío para las investigaciónes en el área social.

El área cultivada, la producción y la productividad del frijol vienen creciendo en los últimos cinco años (Figura 1). Los estimativos indican que, en el período de 1990 a 1994, el área sembrada creció 3%, pasando de 3,4 millones para 3,5 millones de hectáreas. En este mismo período fue

Digitized by Google

observada una ganancia de 35% en la producción. En la productividad hubo un aumento de 31%, pasando de 559 kg/ha, en 1990, para 732 kg/ha, en 1994, el que puede ser explicado, en parte, por el mayor uso de tecnologías, como está detectado en un levantamiento hecho en 74 municipios en las principales regiones productoras de frijol de secano (Tablas 1 y 2). La tasa anual de crecimiento en este período fue de 0,6; 6,0; 5,5% al año para área, producción y productividad, respectivamente. Es interesante observar que existe una tendencia de disminución del precio del frijol (Figura 2). Este hecho aumenta aún más la responsabilidad de la investigación para mantener la sustentabilidad económica del productor.

En el período de 1985 a 1994, el área sembrada en las regiones sur, sudeste y centro-oeste decreció en torno de 25%, pasando de 2,9 millones a 2,3 millones de hectáreas. Parte de ese decrecimiento puede ser atribuído al aumento de la incidencia de la enfermedad causada por el virus del mosaico dorado, principalmente en la cosecha de la seca. Esas regiones produjeron 1,7 millones de toneladas en 1985, y la producción alcanzó 1,9 millones de toneladas en 1994. Esos índices indican un aumento de 40% en la productividad, que pasó de 606 kg/ha, en 1985, a 847 kg/ha, en 1994, finalizando un crecimiento de 1,2% al año, para producción, y de 3,4% a el año, para productividad (Figura 3, 4 y 5). En la región Nordeste en las dos épocas de cultivo las oscilaciones en el área de cosecha son muy grandes relegando provablemente la incidencia de deficits hidrícos (Figura 6). En la región Norte la producción de frijol sólo es de importancia en el Estado de Rondônia, siendo la producción y área bastante menores que en las otras regiones (Figura 7).

En la década de los 80 ocurrió un aumento considerable del área de cosecha de frijol irrigado cultivado en el período de invierno, principalmente en el Planalto Central del Brasil. Este incremento fue incentivado por los programas gubernamentales que financiaban proyectos de irrigación. Como la investigación ya había generado tecnologías que podrían ser utilizadas en este sistema de cultivo, fueron obtenidas altas productividades, lo que proporcionó la oferta de frijol en la época entre las dos cosechas, ocasionando estabilidad en el mercado de frijol durante todo el año. Este tipo de productor está ávido por tecnologías que aumenten la productividad, ya que los costos de producción del cultivo del frijol irrigado son significativamente superiores a los de los sistemas tradicionales. En investigación reciente quedo evidenciado el nivel de insumos y el nivel de productividad obtenidos por estos empresarios rurales (Tabla 2 y Figura 4).

En los últimos 25 años, el Brasil presentó grandes oscilaciones en el consumo "per capita" de frijol, cuya media, en este período, fue de 17,5 kg/hab/año. En 1970, el consumo era de 20,4 kg/hab/año; en 1983, de 12,5 kg/hab/año y en 1990, aumentó para 14,5 kg/hab/año. En 1994, el consumo alcanzó 18,6 kg/hab/año (Figura 8). Gran parte de esta variación en el consumo de frijol está relacionada con el ingreso de la población, evidenciada en los dos Planos Económicos; cuando el poder adquisitivo de las clases de bajo ingreso aumentó, el consumo también creció significativamente. Se cree también, que gran parte de esta variación se debe a la substituición del frijol por la carne de pollo y por el fideo, que son productos substitutos.

Digitized by Google

Tabla 1. Porcentaje de productores de frijol de secano que utilizan técnicas agronómicas en algunas regiones brasileiras

	Sul de SP	RO	Noroeste da BA	GO	RS	SC	MG	PR
Análisis del suelo	94.1	17.5	54	72.3	95.2	100	90	77.7
Micronutrientes	11.8	0	10.8	27.8	12.1	32.7	20	8.9
Rotación de cultivos	55.9	66.3	14.8	38.9	61.9	67.4	75	62.1
Encalado	100	12.5	0	50	83.3	98.1	100	90.3
Abonos en cobertura	76.4	7.5	0	33.3	23.8	24	40	51.5
Semillas	29.4	27.5	2.7	16.7	9.5	31.6	50	23.3
Distanciamiento								
Tratamiento de semillas	70.6	7.5	48.6	66.7	49.9	65.2	50	73
Inoculante	5.9	0	2.7	0	11.9	2.2	0	15.4

* Fueron aplicados 313 cuestionarios en 74 municipios.

Tabla 2. Porcentaje de productores de frijol irrigado que utilizan técnicas agronómicas en algunas regiones brasileiras.

	Noroeste de MG y DF	Noroeste de MG	Sur y Sudeste GO	Norte de SP	Norte de ES	Oeste del BA	Sur de SP	Sur de MG
Profundidad de abono (cm)	9.4	8.8	8.5	7	9.5	10	8.6	9.9
Análisis de suelos	9.44	94.4	100	94.6	90.2	100	100	100
Cosecha directa	44.4	20.0	57.1	32.4	17.6	26.9	80	22.8
Micronutrientes	69.4	68.5	80	27	43.1	77	0	27.7
Encalado	97.0	63.0	97.0	86	74.5	96	100	94.4
Abono en cobertura	100	91.4	100	83.7	94.1	84.6	40	100
Semillas	36.1	46.0	71.4	67.6	80.4	30.7	60	66.7
Tratamento de semillas	100	100	100	94.6	90.2	92.7	0	94.5
Inoculante	5.5	8.6	4.8	2.7	7.1	61.5	0	5.6

* Fueron aplicados 242 cuestionarios en 66 municipios.

Digitized by Google

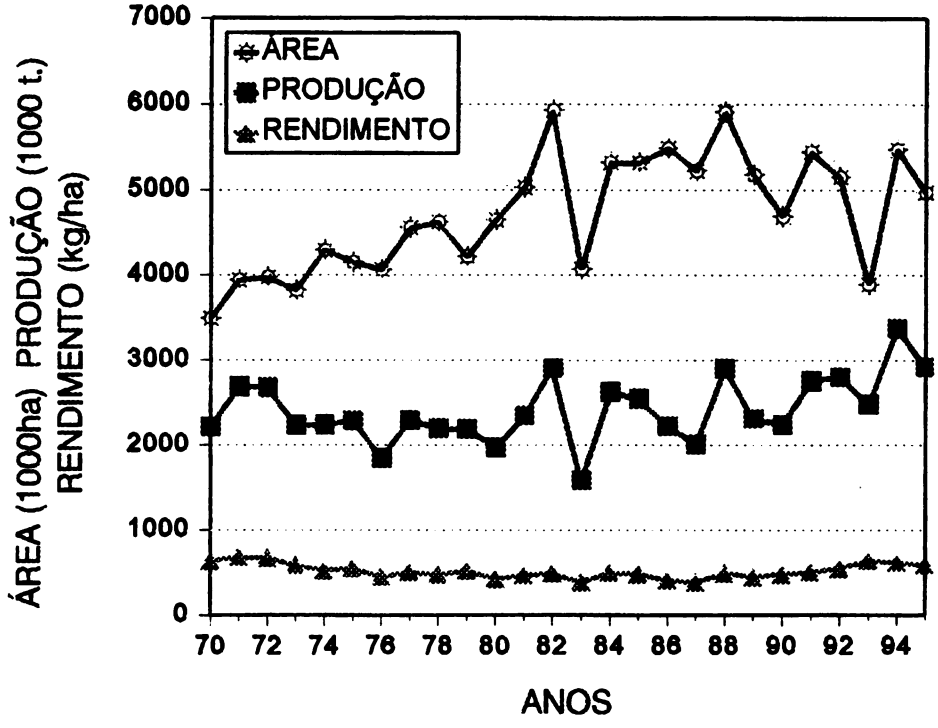


FIG 1. Evolução da área, produção e rendimento do feijão no Brasil no período de 1970 à 1974.

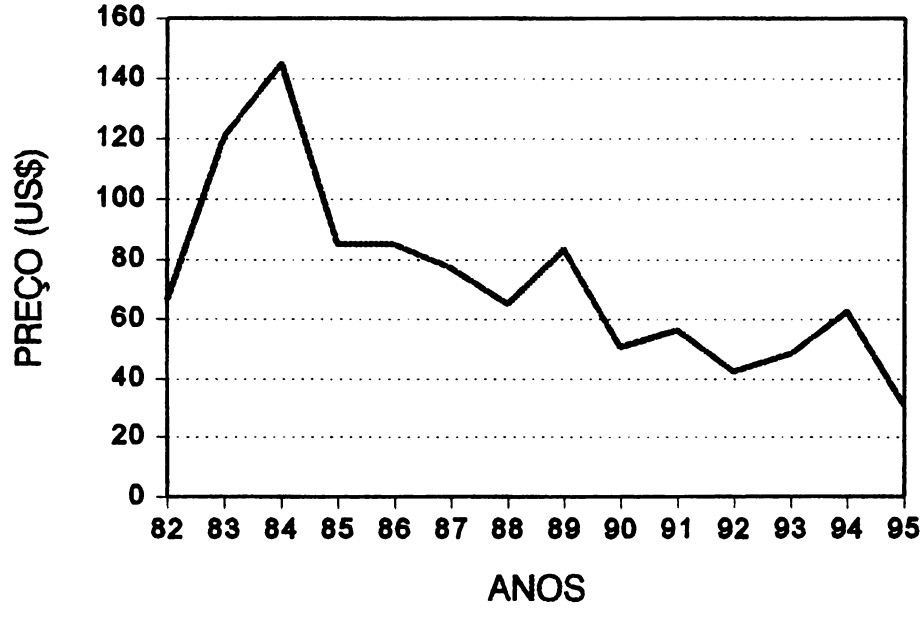


FIG 2. Preço da saca de feijão (60 kg) tipo Carioca obtido pelo produtor no Brasil no período de 1982 à 1995.

Digitized by Google

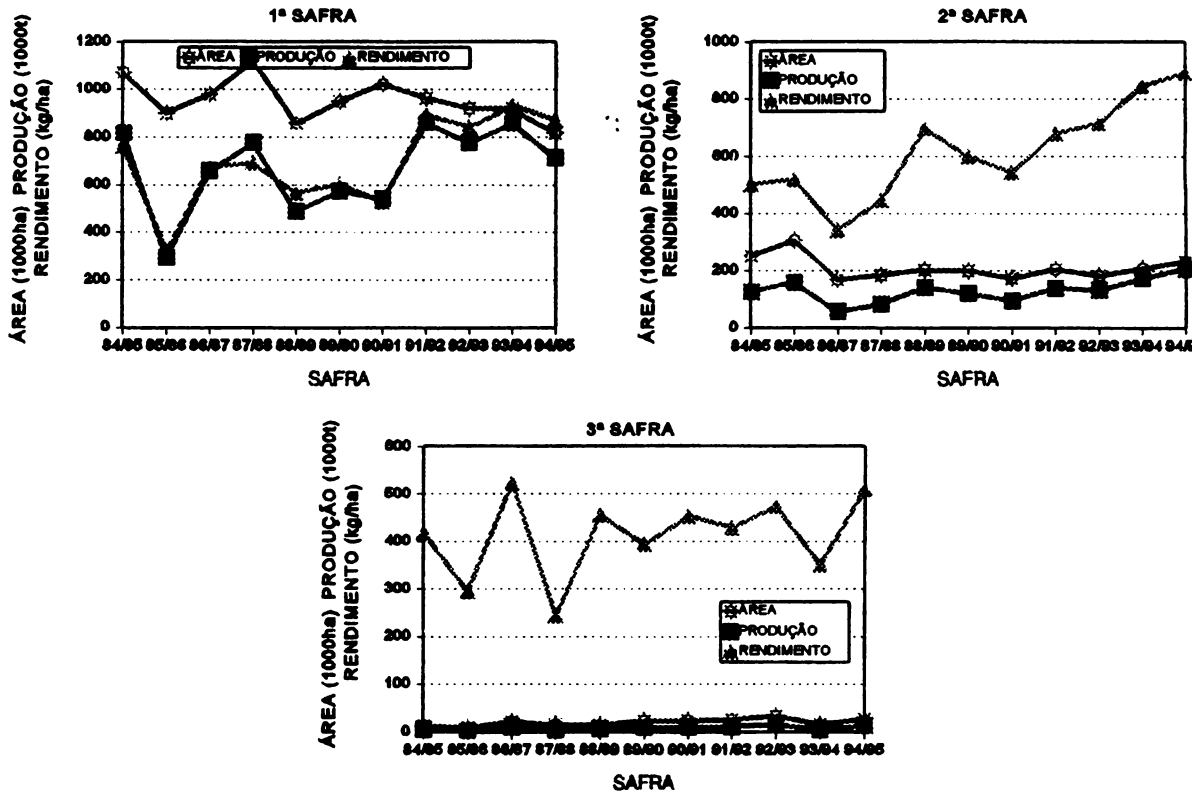


FIG 3. Evolução da área, produção e rendimento de feijão na 1ª, 2ª e 3ª safra de plantio na Região Sul do Brasil.

Digitized by Google

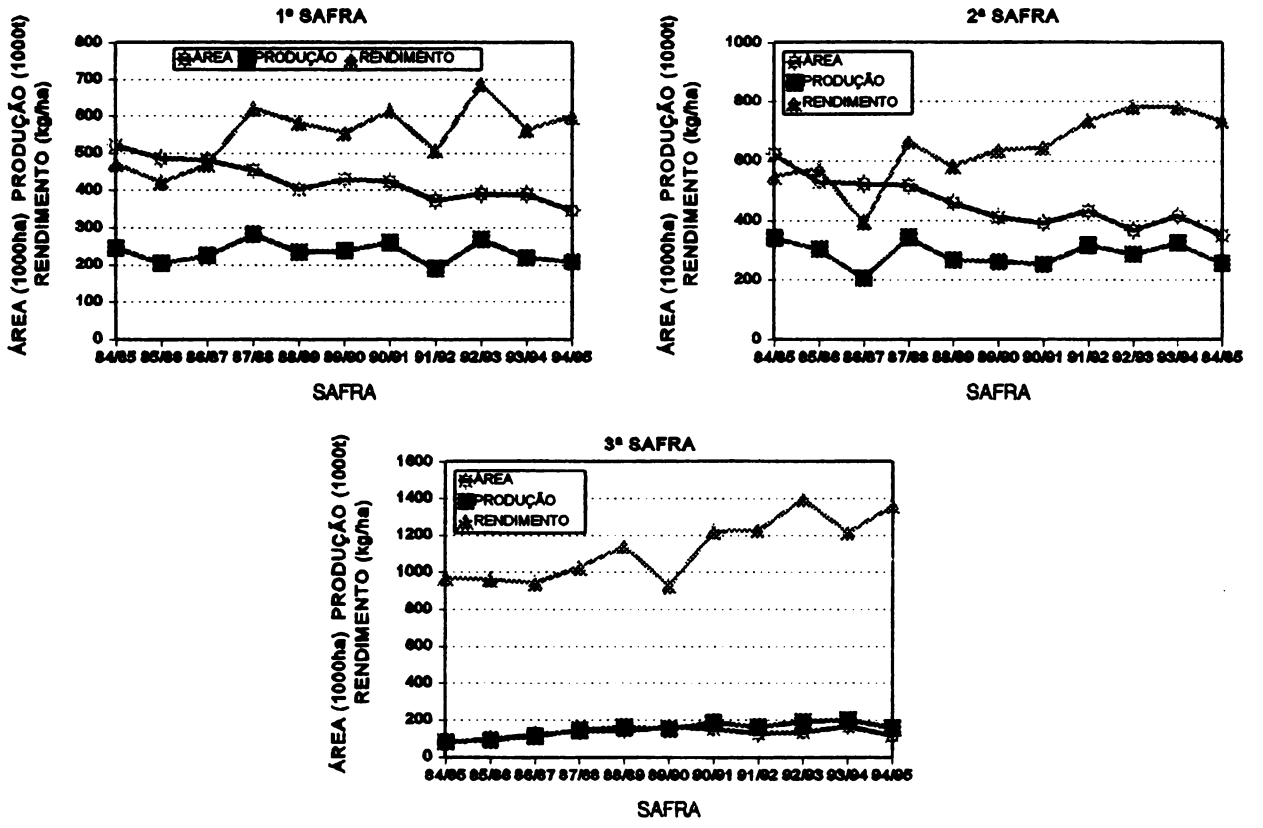


FIG 4. Evolução da área, produção e rendimento de feijão na 1ª, 2ª e 3ª safra de plantio na Região Sudeste do Brasil.

Digitized by Google

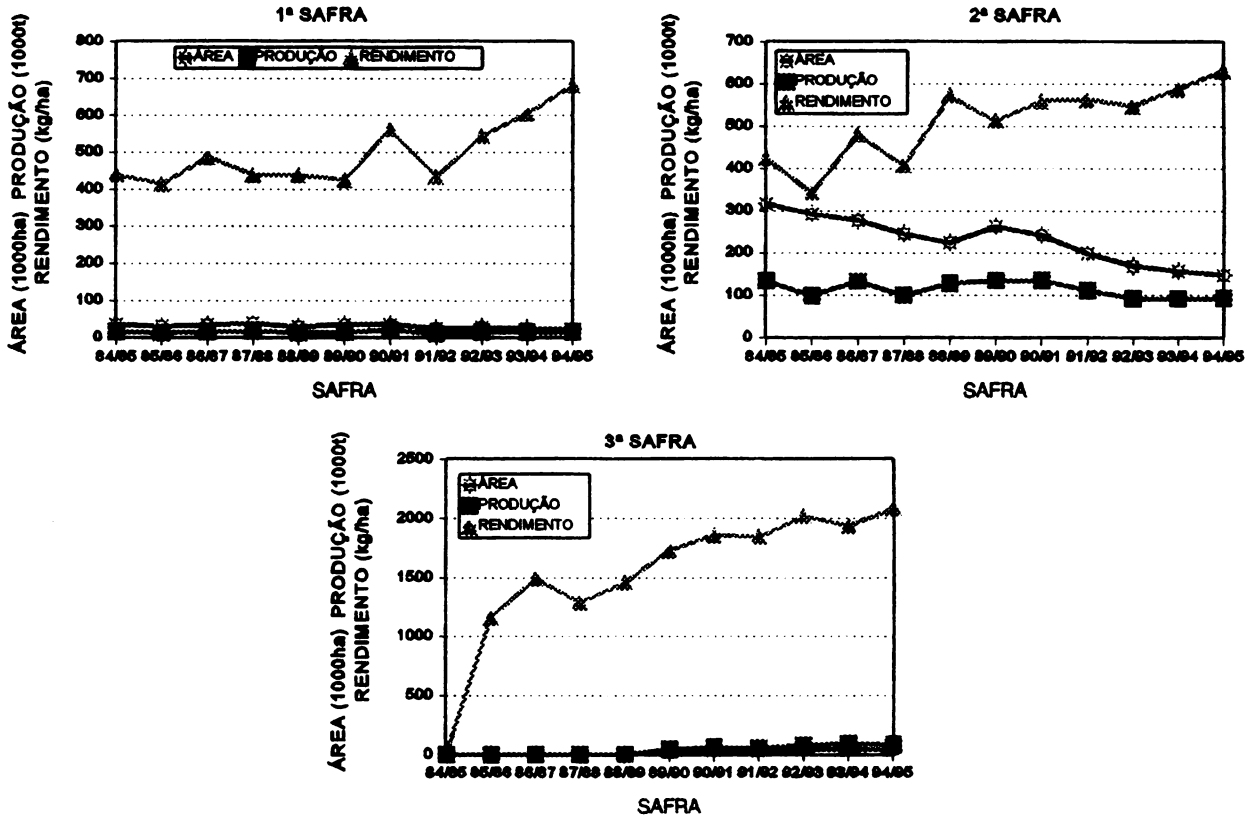


FIG 5. Evolução da área, produção e rendimento de feijão na 1ª, 2ª e 3ª safra de plantio na Região Centro Oeste do Brasil.

Digitized by Google

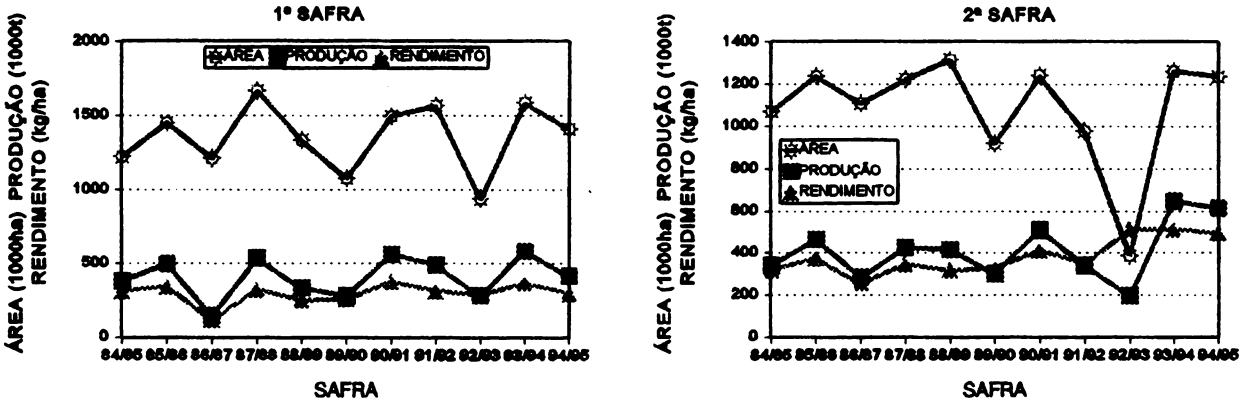


FIG 6. Evolução da área, produção e rendimento de feijão na 1ª e 2ª safra de plantio na Região Nordeste do Brasil.

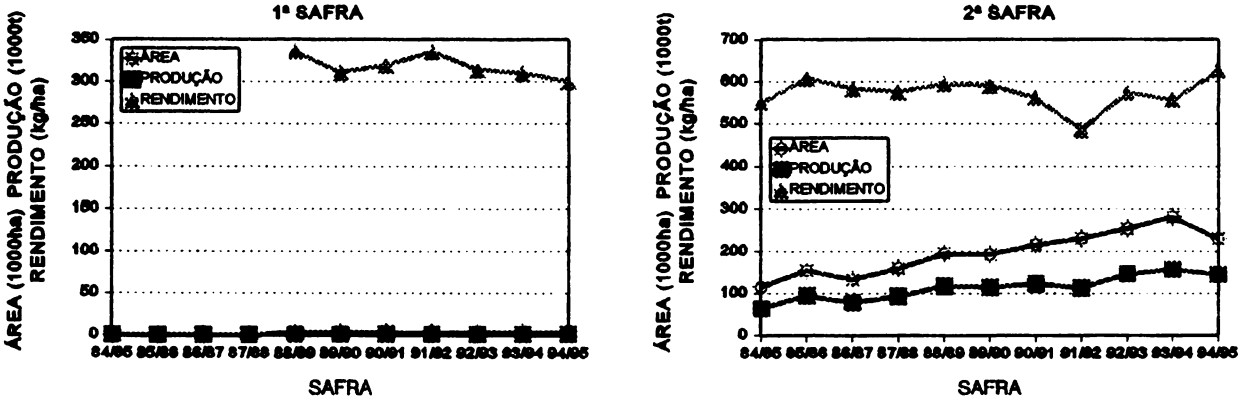


FIG 7. Evolução da área, produção e rendimento de feijão na 1ª e 2ª safra de plantio na Região Norte do Brasil.

Digitized by Google

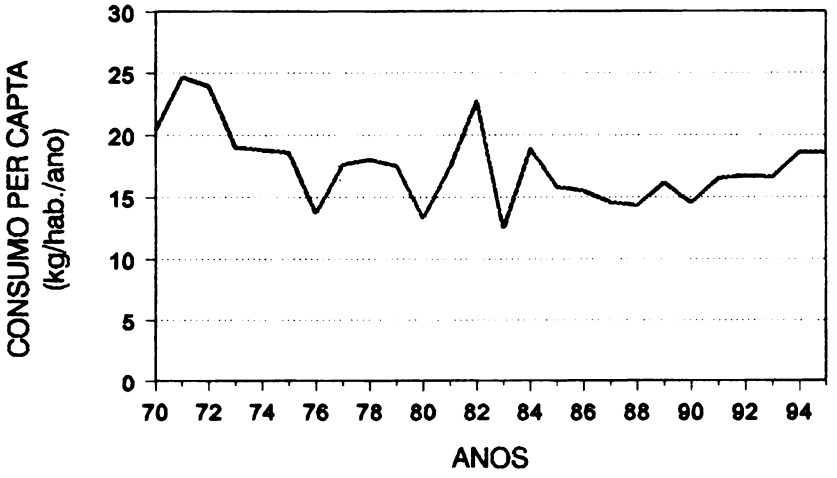


FIG 8.Consumo percapta de feijão no Brasil no período de 1970 a 1995.



FIG 9. Comissões Técnicas Regionais de Feijão da Região I, II e III e tipos de grãos predominantes em cada Estado.

Digitized by Google

EL MEJORAMIENTO GENETICO Y LAS COMISIONES TECNICAS DE RECOMENDACIÓN DE CULTIVARES

El mejoramiento genético del frijol en el Brasil puede ser dividido en dos épocas distintas: antes y después del lanzamiento del cultivar Carioca, en los años 70. En los comienzos del cultivo del frijol en el Brasil existen evidencias que las primeras variedades de frijol cultivadas poseían granos medios y grandes. Como consecuencia, las "landraces" más representativas en las pequeñas propiedades, como las variedades Bagajó, Rajado, Carnaval, Gordo, entre otras, actualmente pertencen a este grupo. Por otro lado, a pesar de no existir registro preciso, el Dr. L.A. Nuti, investigador del Instituto Agronómico de Campinas (IAC), parece haber sido el pionero en el mejoramiento de frijoles con semillas pequeñas de origen mesoamericano.

La introducción del cultivar Carioca en 1970, vió, más tarde, alterada completamente la dirección de los programas de mejoramiento. Actualmente, más de 70% del frijol consumido en el país es del tipo carioca, a pesar de que los granos preto, mulatinho, roxo y jalo aún tienen importancia en algunas regiones del país. Con todo, la gran lección que debe ser aprendida por los mejoradores está en que a pesar de ser difícil el cambio del hábito alimenticio, en el caso del frijol tipo carioca, debido a su mayor potencial productivo y a las excelentes cualidades culinarias, aliado al desabastecimento del mercado, en la época, de otros tipos de grano más tradicionales, como roxo y rosinha, este cultivar, en un período de aproximadamente diez años, predominó practicamente en todas las regiones. En otro ejemplo de aceptación por el mercado de un tipo de grano diferente fue el del cultivar EMGOPA 201-Oro, aunque el impacto generado hubiera sido menor que el del cultivar Carioca.

La gran diversidad de ambientes y sistemas donde el frijol está cultivado, además de la existencia de tres épocas distintas de siembra en las principales regiones productoras y también, la complejidad de problemas bióticos y abióticos que enfrenta el cultivo del frijol, motivaron un esfuerzo colaborativo entre las instituciones que trabajaban con el mejoramiento genético de esa leguminosa.

Así mismo, el 21 de julio de 1981, fue instituída la Comisión Regional de Evaluación y Recomendación de Cultivares de Frijol (CRC-Frijol) para las regiones I, II y III, con la finalidad de coordinar y promover la evaluación y la recomendación de cultivares de frijol buscando obtener anualmente la lista de cultivares recomendadas para sus áreas de atención.

En 1982, fueron creadas las Comisiones Técnicas (CT-Frijol), con el objetivo inicial de subsidiar las CRCs en la tarea de evaluación de líneas de frijol creadas por instituciones nacionales e internacionales. De esa forma, el Brasil fue dividido en tres regiones: región I, compuesta por los estados del sur (Rio Grande del Sur, Santa Catarina y Paraná); región II, compuesta por los estados de las regiones centro-oeste (Mato Grosso, Mato Grosso del Sur y Goiás, incluyendo el Distrito Federal) y sudeste (Minas Gerais, São Paulo y Rio de Janeiro y Espírito Santo) y por los estados de Tocantins y Rondônia y Región III, compuesta por los estados del norte nordeste (Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas, Paraíba, Rio Grande del Norte, Piauí, Ceará, Maranhão, Pará, Amazonas, Acre, Roraima y Amapá) (Figura 9). Esta estrategia cuenta con la participación de diversas instituciones que trabajan con la investigación de frijol, en el Brasil y en el exterior y fue viabilizada por medio de ensayos nacionales coordinados por el CNPAF. A nivel internacional, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) tuvo una participación fundamental, en el inicio, con la introducción de líneas avanzadas para los diversos grupos de colores de grano y posteriormente,

Digitized by Google

ofreciendo poblaciones segregantes de cruzamientos direccionados a las condiciones brasileiras, fuentes de resistencia a las enfermedades y arquitectura de plantas para ser utilizadas como progenitores en los programas nacionales de mejoramiento genético.

La multiplicación de las semillas, la organización, el envio de ensayos y análisis de los datos, son responsabilidades del CNPAF. A través del analisis conjunto de los ensayos nacionales, por región, se componian los ensayos regionales, que tienen como objetivo principal dar los subsidios necesarios para la recomendación de los cultivares en nivel estatal y también, en nivel regional abarcando, muchas veces, una región de ambiente similar que extrapola las fronteras de los estados.

Para el acompañamiento de esos ensayos, se hacen visitas a los diversos locales. Anualmente, se realizadan las reuniones de las Comisiones Técnicas de las regiones I, II y III, durante las cuales se presentan y discuten los resultados de ese trabajo cooperativo y la programación de trabajo para el año siguiente. En estas reuniones se hace la revisión de la lista de recomendaciones de cultivares para los diversos estados y se presenta la propuesta de lanzamiento y/o recomendación de nuevos cultivares. Cada año, la lista de cultivares está homologada por el Ministerio de Agriculura y de Abastecimento. Solamente los agricultores que utilizan los cultivares recomendados tendrán acceso al crédito gubernamental para costos, así mismo como para el seguro agrícola. En el período de 1982 a 1995, fueron difundidas por medio de esta estrategia 1122 líneas oriundas de diversas instituciones (Tabla 3). Inicialmente, estas líneas se subdividieron en tres grupos (preto, mulatinho y roxo), evolucionando, después, a cinco grupos (preto, carioca, mulatinho, jalinho, roxo/rosinha y precoce) (Tabla 4). De esas líneas, 34 ya fueron lanzadas y/o recomendadas como cultivares (Tabla 5). En general, las líneas son recomendadas por su alta productividad y estabilidad, normalmente aliada a resistencia a enfermedades. En lo que se refiere a resistencia a enfermedades, hubo un progreso muy grande en relación a resistencia a antracnosis y al mosaico comum - enfermedades, que pasaron a tener importancia secundaria debido a la incorporación de genes de resistencia. Algunos cultivares, además de ser productivos, fueron recomendados por poseer características especiales, como: alta capacidad de fijar N_2 (Oro Negro); resistencia a altas temperaturas (IPA 7); resistencia a sequía (Bambuí); y tolerancia al mosaico dorado (IAPAR 57, IAPAR 65, IAPAR 72 y Onix).

Tabla 3. Instituciones proveedoras de líneas de frijol común para los ensayos nacionales en el período de 1982 al 1996.

Año	CNPAF	CIAT	UW	UFV	IPA	IAPAR	ESAL	CENA	IAC	CPACT	Total
82/84	45	113	-	-	15	9	-	4	3	-	189
84/86	81	76	5	3	24	-	9	1	12	-	200
86/87	71	26	5	-	-	-	6	-	-	-	108
1988	61	22	1	-	-	-	-	-	-	-	84
1989	80	46	-	1	-	-	6	-	-	-	133
1991	102	1	-	-	5	-	19	-	-	-	127
1993	68	32	-	-	2	-	15	-	-	-	117
1995	143	01	-	-	6	-	5	-	5	4	164
Total	651	317	11	04	52	09	60	05	19	4	1122

Digitized by Google

Tabla 4. Número total de líneas de frijol distribuídas via ensayo nacional en el período de 1982 al 1996.

Año	Preto	Carioca	Mulatinho	Jalo	Precoce	Roxo Rosinha	Total
1982/84	66	-	86	-	-	36	189
1984/86	71	-	89	-	-	40	200
1986/87	28	19	43	-	-	18	108
1988	27	12	15	-	30	-	84
1989	53	33	29	-	11	7	133
1991	19	30	27	12	20	19	127
1993	24	26	20	-	23	24	117
1995	45	43	34	-	17	25	164
Total	333	163	343	12	101	169	1122

DIFICULTADES DEL SISTEMA DE INVESTIGACION CON FRIJOL

El esfuerzo colaborativo del mejoramiento genético no fue acompañado de forma sistemática por las demas áreas disciplinarias. A pesar de los progresos obtenidos con relación a sistemas agrícolas que maximizan el potencial genético de los cultivares recomendados, este esfuerzo está muy lejano de aquel demandado por los productores. Otro punto de estrangulamiento está que, en la red de evaluación de cultivares, los ensayos, prioritariamente, son evaluados en condiciones óptimas que no siempre retratan el ambiente en el cual el futuro cultivar será recomendado. Este problema tiende a agravarse, pues, a medida que nuevos cultivares van siendo recomendados, la exigencia de los productores es mayor y por otro lado, el mejorador, cada vez más, intentará acumular genes favorables a diversas características en un mismo genotipo. Ejemplificando: actualmente, debido a la grande limitación de la producción de frijol en áreas donde el virus del mosaico dorado ocurre, hasta el potencial productivo pasa a tener importancia secundaria para los pequeños productores de estas regiones; debido a esa enfermedad, normalmente no cosechan la cantidad de semilla sembrada. En este caso, es necesario tener una red de ensayos regionales que integre métodos de control integrado a esa enfermedad, para identificar las líneas más promisorias en estas condiciones.

Las dificultades financieras de las instituciones componentes del Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria también limitarán algunas acciones de investigación y, principalmente, causarán, muchas veces, problemas serios de descontinuidad, ya que existe una interdependencia de las instituciones que participan de ese sistema.

A pesar de la obtención de cultivares más resistentes que poseen una productividad media más estable, los métodos de mejoramiento empleados en la gran mayoría de los programas de mejoramiento enfatizarán la selección individual de plantas resistentes a la enfermedades, no proporcionando las condiciones necesarias para que se aumentase el potencial productivo del frijol. Además de ésto, la ausencia de conocimientos sobre la evolución y proceso de domesticación del frijol no proveen los elementos necesarios para aumentar la base genética de los progenitores utilizados en los cruzamientos.

Digitized by Google

Tabla5. Líneas difundidas via Ensayo Nacional y lanzadas/recomendadas como nuevas cultivares en el SNPA.

Línea	Origen	Año Reco-mendación	Nombre cultivar	Recomendación para Estados - Safra 95/96
A 295	CIAT	1984	Emgopa 201-Oro	GO/DF, TO, BA, CE, RN, SE, MS, MT, MG, ES
CNF 010	Est. Exp. Uberaba	1984	CNF 010	GO/DF, MT, MS
CNF 0158	CNPAF	1984	CNF 0158	GO/DF
CNA 0178	CNPAF	1987	CNF 0178	GO/DF
A 247	CIAT	1987	Rio Doce	ES
LM 10348	CNPAF	1988	Emgopa 202-Rubi	GO
NA 512574	CNPAF	1989	Macanudo	RS, SC
84 VAN 196	CIAT	1989	Pampa	RS
A 230	CIAT	1989	Serrano	ES
L 10111	IPA	1990	IPA 8	PE, SE, AL
BZ 1719-2(A705)	CIAT	1990	Barriga Verde	SC
PR 710315	CNPAF	1991	Safira	GO/DF, MT, MS, BA
HONDRUAS 35	HONDURAS	1991	Oro Negro	MG, RJ, ES
CB 720160	CNPAF	1991	Diamante Negro	GO/DF, MS, MT, PR
LM 10363	CNPAF	1991	Varre-Sai	RJ
NA 511619	CNPAF	1991	Minuano	RS
ESAL 589	ESAL	1992	Carioca-MG	MG
ESAL 572	ESAL	1992	Roxo 90	MG
84 PVBZ 1783	CIAT	1992	IPA 9	PE
LM 20445	CNPAF	1992	BR IPA 10	PE, RN
BZ 2231-7	CIAT	1992	São José	BA, SE
BZ 3815-1	CIAT	1992	Emcapa 405-Goytacazes	ES
LM 30630	CNPAF	1991	Onix	GO/DF
LR 720981	CNPAF	1992	Aporé	GO/DF, MS, MBA, AL, PE, MT, PR, MG, RN
RAB 94	CIAT	1993	Vermelho 2157	MG
FE 732007	CNPAF	1993	Xamego	RJ, GO/DF, ES
NA 512717	CNPAF	1993	Corrente	BA, RN
PR 923450	CNPAF	1993	Jalo Precoce	GO, BA, MT, MS
MA 534620	CNPAF	1993	Novo Jalo	MG
SC 9029883	CNPAF	1993	Bambuí	BA
NA 512575	CNPAF	1994	BR IPAGRO 35 - Macotaço	RS
A285 + A281	CIAT	1994	BR IPA - II Brigida	PE
LR720982CPL53	CNPAF	1994	Pérola	GO/DF, MT, MG, BA
A 285	CIAT	1994	Rudá	MG, GO/DF, ES, PR, BA, MS

Digitized by Google

PERSPECTIVAS FUTURAS Y DESAFIOS EN LA INVESTIGACION CON FRIJOL

- Cambio de comportamiento de las instituciones, enfatizando acciones de investigación complementarias por problemas específicos de una determinada macro región.
  Mayor interacción del proceso de generación de cultivares con las áreas de manejo de cultivos. Enfasis muy grande para asociar el genotipo con prácticas culturales que minimicen los efectos ambientales y maximizen la sustentabilidad. El sistema de cosecha directo, ya en uso en algunas regiones, es un excelente ejemplo de esta filosofía.
- Búsqueda de proyectos colaborativos interinstitucionales y multidisciplinarios con centros internacionales de investigación y otros centros de excelencia, en que haya una perfecta consonancia de objetivos entre todos los socios, explorando la ventaja comparativa técnica de cada uno, procurando maximizar la captación de recursos financieros locales e internacionales.
- Utilización de métodos de mejoramiento, como la selección recurrente, que aumenten la probabilidad de obtención de genotipos con resistencia múltiple a enfermedades, además de otras características deseables, como arquitectura de plantas, calidad de grano, mejor utilización de nutrientes, tolerancia a sequía, precocidad, aumento del potencial de fijación de N_2 y del potencial productivo.
- Implementar efectivamente el uso de marcadores moleculares para agilizar las etapas de selección permitiendo generar linajes en períodos más corto de tiempo.
- Identificación e integración en el programa de mejoramiento genético de técnicas moleculares que auxilien la introgresión de genes de poblaciones de frijoles silvestres en frijoles cultivados.
- Uso del zoneamiento agroclimático para agrupar los ambientes similares e identificar ambientes contrastantes para aumentar la eficiencia de los ensayos comparatiavos de cultivares.
- Cambio del ideotipo de la planta de frijol para una arquitectura más erecta que proporcione la cosecha totalmente mecanizada.
- Adecuación del Sistema Nacional de Investigación Agropecuária a la ley de protección de cultivares, de forma que parte de los recursos pueda retornar para los programas de mejoramiento.
- Intensificación del proceso de difusión de tecnología a través de un intenso programa de entrenamiento y valorización de los agrónomos de campo.
- Incentivo a la empresa agrícola en el uso de tecnologías, aumentando la eficiencia de los recursos humanos y materiales en toda la cadena productiva, para una mayor ganancia socioeconómica.

REFERENCIAS

Alves, E.R. de A. (1979) a produtividade da agricultivo brasileira. Brasília: EMBRAPA. 35p.

Alves, E.R. de A. (1980) a EMBRAPA e a pesquisa agropecuária en el Brasil. Brasília: EMBRAPA. 19p.

Alves, E.R. de A. (1980) a importância del investimento na pesquisa agropecuária. Brasília: EMBRAPA. 36p.

Digitized by Google

Alves, E.R. de A. (1981) Mudanças tecnológicas da agricultivo brasileira. Brasília: EMBRAPA. 19p.
Alves, E.R. de A. (1984) O futuro del Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária Brasileiro. Brasília: EMBRAPA. 19p.
Blumenschein, A. (1978) Princípios da pesquisa no sistema EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA. 47p.
EMBRAPA. (1981) Programa Nacional de Pesquisa de Feijão. Brasília. 117p.
EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. (1993) Plano Diretor del Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF). Goiânia. 32p.
Goedert, W.; Borges-Andrade, J.E.; Ávila, A.F.D. & L. Júnior, A. (1994) Modelo institucional en gestão en ciência e tecnología. In: Goedert, W.J.; Paez, M.L.D. & Gomes, A.M.G. (Eds.). Pesquisa agropecuária. Brasília: EMBRAPA-SPI. 392p.
Guazzelli, R.J. (1982) a pesquisa de feijão en el Brasil: situação atual e perspectivas. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1., Goiânia. EMBRAPA-CNPAF. p.19.
Guazzelli, R.J. (1990) Iniciativas que estimularam o surgimento del cosecha en el inverno, con irrigação, e la contribuição inicial del CNPAF. In: Reunião sobre Feijão Irrigado (GO, DF, MG, ES, SP, RJ), 1., Goiânia. EMBRAPA-CNPAF. p.?
Levantamento sistemático da producción agrícola. Rio de Janeiro: IBGE. dez. 1986 la dez. 1995.
Soza, I.S.F. & Trigueiro, M.G.S. (1989) Organização da pesquisa agropecuária brasileira: o caso EMBRAPA. Cadernos de Difusão de Tecnologia, Brasília, v.6, p.277-337.
Vieira, C. (1973) Situação da pesquisa com feijão no Brasil, en 1972. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 49p.
Voysest , O.; Valencio, M.C. & Amesquita, M.C. (1994) Genetic diversity among Latin American Andean and Mesoamerican: common bean cultivars. Crop Science, Madison, v.34, p.1100-1110.
Yokoyama, L.P.; Banno, K. & Kluthcoski, J. Aspectos socioeconômicos da cultivo del feijão. (no prelo).

Digitized by Google

...213

0 9 FEB. 1998

Sistema Nacional de Investigación de Frijol en Costa Rica: Logros, Dificultades y Futuro

R. Araya

Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica

RESUMEN

En Costa Rica, el promedio del área sembrada de frijol en el período de 1986-96 fue de 55,765 ha., con una producción de 30,653 TM, para una productividad de 558.5 kg/ha y un consumo per cápita de 11.43 kg. Las dos principales zonas productoras son la Brunca (9,25" longitud O. 83,00" latitud N.) y la Huetar Norte (85,02" longitud O. 10,45" latitud N.). El grano de color negro se consume en un 70 % y el color rojo en un 29%, todos de tamaño pequeño y el restante 1%, de diverso color y tamaño. Los principales problemas de producción en Costa Rica, son la incidencia de *T. cucumeris, C. lindemuthianum y P. griseola*, así como la baja disponibilidad de fósforo y alta incidencia de malezas. La investigación en frijol, la inició la Universidad de Costa Rica en 1957, posteriormente, en 1960 el CATIE realizó estudios de mejoramiento genético, hasta mediados de la década de 1970. A partir de 1977 se inicia el trabajo conjunto entre diversas instituciones nacionales dedicadas a la investigación: Universidad de Costa Rica (UCR), con mejoramiento genético, evaluación de viveros, manejo de malezas, banco de germoplasma, banco de cepas de Rhizobium, producción comercial de inóculo de *R. leguminosarum biovar phaseoli* y producción de la semilla genética y de fundación. Universidad Nacional (UNA), trabajos en fitopatología, variabilidad patogénica de *C. lindemuthianum* y *P. griseola,* incrementos de inóculo, evaluación y selección de micotecas para patógenos. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), evaluación de viveros y ensayos, verificación y validación, asistencia técnica al agricultor y producción de semilla. Consejo Nacional de Producción (CNP) supervisa la producción de semilla certificada y brinda asistencia técnica al productor de semilla, Oficina Nacional de Semillas (ONS), órgano fiscalizador de la certificación de semillas, ente rector en la política de producción de semilla y de liberación de nuevas variedades. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) validación de nuevas variedades, evaluación de ensayos y producción de semilla certificada. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), proyecto internacional de mejoramiento genético para resistencia a *C. lindemuthianum* y para bajo fósforo así, como mecanismos de absorción y utilización del fósforo. Se establece en 1978 el programa de certificación de semillas de frijol y las fincas modelo en campos de agricultores. En 1989 se da asidero legal a este programa, se le denomina PITTA-FRIJOL (Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agrícola en Frijol) el cual opera con un reglamento oficial de trabajo interinstitucional. La elección del Coordinador del PITTA-FRIJOL se efectúa por votación de cada representante oficial de las instituciones involucradas. Se obtiene en 1980 la variedad 'Talamanca', primer material con tolerancia a la *T. cucumeris*, en 1992 las líneas MUS 133 y Mus 181 superaron al Talamanca. Entre 1982 y 1992 se liberaron las variedades; Brunca, Huetar, Corobicí, Puricise, Negro Huasteco, UCR 50, Maleku y Guaymi. En 1990 se inicia el mejoramiento por hibridación para la obtención de resistencia a la *T. cucumeris* y *C. lindemuthianum*. En 1995 se seleccionaron las líneas UCR 5, UCR 19 y UCR 23, que combinan tolerancia y resistencia a los dos patógenos respectivamente. Existe en el país una micoteca que incluye diversas razas de *C. lindemuthianum y P. griseola*, una bacterioteca de *R. leguminosarum biov. phaseoli.* El mayor impacto se logró con las nuevas variedades y su manejo tecnológico, debido a la apertura de nuevas zonas de producción, entre ellas la zona Huetar Norte, que actualmente produce el mayor volumen de frijol del país (61%) y con la mayor productividad 791 kg/ha. Las ventajas de este sistema de investigación están en el mejor aprovechamiento de los recursos humanos, de infraestructura y logísticos que dispone el país en el área específica de frijol. La generación de tecnología y su aplicación en campos de agricultores es continua y efectiva. La principal dificultad radica en la falta de recursos operativos y en un principio, la idea de que únicamente el Ministerio de Agricultura o la parte gubernamental, podía liderar este sistema de investigación. El futuro de este sistema de investigación esta orientado en ampliar los participantes del PITTA-FRIJOL, incluyendo asociaciones de agricultores. Cada institución trabajará con base en proyectos que serán aprobados por su institución y el PITTA-FRIJOL, según área de especialización, infraestructura y personal involucrado. En la actualidad se da prioridad al mejoramiento genético para la obtención de resistencia a *C. lindemuthianum, P. griseola* , virus del mosaico dorado y *T. cucumeris* , así como tolerancia al bajo fósforo y selección de cepas de *Rhizobium* de alta fijación de nitrógeno.

Digitized by Google

En Costa Rica los nativos cultivaban el frijol común antes de llegar los españoles. Debido a su importancia en la dieta y volumen de producción, la corona Española lo incluyó como parte de los impuestos. La primera referencia sobre pérdida de frijolares se da en 1660 por el ataque de langosta. En 1917 se dan las primeras crisis de granos (maíz y frijol) y en 1932 se dan las primeras importaciones de frijoles.

La mayoría del frijol producido proviene de siembra de postrera (efectuadas al final de la época lluviosa). Las lluvias frecuentes y la alta humedad relativa favorecen varias enfermedades fungosas y bacteriales del follaje, que en conjunto causan altas pérdidas en toda la producción nacional de este grano (González et al., 1977). La antracnosis (causada por *C. lindemuthianum*) y la mustia hilachosa (causada por *T. cucumeris)* causan las mayores pérdidas en rendimiento del frijol en las principales zonas frijoleras de Costa Rica.

La antracnosis en lotes productores de semilla es la principal causa de rechazo, y en lotes comerciales se ha convertido en una limitante de la producción. Son varios los factores que han favorecido la diseminación de este hongo: la utilización de variedades comerciales susceptibles al hongo, la poca fiscalización de la sanidad de la semilla que siembra el agricultor, el trasiego indiscriminado de semilla, la incorporación de nuevas áreas de cultivo y la amplia variación patogénica mostrada por el patógeno en las condiciones climáticas de Costa Rica (Araya et al., 1992).

El hongo *Phaeoisariopsis griseola* Sacc. es también de amplia distribución en el país, ocasionando pérdidas que varían entre uno y dos tercios de su productividad potencial, si las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad (González et al., 1977; Mora, 1983). Dentro del germoplasma evaluado no hay materiales con resistencia a este patógeno.

El virus del mosaico dorado (VMD) afecta las siembras comerciales de frijol del Valle Central desde 1987 pero en 1989 se habían liberado variedades con resistencia a este virus. En la actualidad se está incorporando esta resistencia a las líneas promisorias del programa de hibridación (líneas con resistencia a la antracnosis y tolerancia a la mustia hilachosa, y con amplia adaptación a las diversas zonas frijoleras). En nuestro país la incidencia de *Xanthomonas phaseoli* ha venido disminuyendo en los últimos años, debido principalmente a que se ha incrementado la utilización de semilla certificada con alta sanidad, en los campos de siembras comerciales.

INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN LA INVESTIGACION EN FRIJOL COMUN PERIODO 1955-1994

La investigación en frijol común se inicia en Costa Rica desde 1957, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica (UCR), (Sáenz,1978). La investigación fue realizada por los profesores principalmente bajo la modalidad de trabajos de tesis de grado, sobre variedades, nutrición, patógenos, etc. Se establece este mismo año el Programa de Investigación en Frijol en Costa Rica con sede en la Finca Experimental San Fernando, nombrada posteriormente como Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno ubicada en la provincia de Alajuela y perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UCR. El objetivo principal de este programa ha sido el mejoramiento genético (Historia, 1990).

En 1962 la UCR entregó para uso comercial, nueve variedades de frijol de grano de color rojo y de color negro (Voysest, 1983), de estas variedades la México 80 R, todavía continua en siembras comerciales. Además de variedades con diverso color de grano: bayos; blancos; cebrinos

Digitized by Google

y variegados. Además de variedades de vainica (habichuela) (Iglesias, 1965). Estas son las primeras variedades de frijol que se liberan para uso comercial y uno de los primeros aportes al mejoramiento genético de este cultivo en Costa Rica (Historia,1990; Indice,1990).

En marzo de 1963 se reunieron en San José, los técnicos encargados del programa de frijol de los países de Centroamérica. En esta ocasión se acordó iniciar el Programa Cooperativo para el Mejoramiento del Frijol (PCCMF), con sede la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. El Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), apoyó el Programa para el Mejoramiento del Frijol y tuvo el respaldo de la Estación Experimental, la cual brindó el material genético, obtenido de introducciones y colectas nacionales, así como las facilidades para que se realizaran ensayos en ella.

La investigación en Frijol del IICA-CATIE en Turrialba, asumió funciones paralelas a las del PCCMCA, y liberó en 1968 cinco variedades de frijol, obtenidas por selecciones masales e individuales, que distribuyó a través del PCCMCA las progenies obtenidas de hibridaciones. En 1960, libera la variedad Pacuar de grano negro y posteriormente se obtiene la variedad NEP-2, de grano blanco, un mutante obtenido de la variedad San Fernando (Voysest, 1983).

En 1968, se estableció el 'Plan Nacional de Frijol', con fines de investigación y fomento de las siembras, el cual fue financiado con fondos del Banco Anglo Costarricense, Banco Nacional de Costa Rica, Consejo Nacional de Producción (CNP) y Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), apoyado por la UCR en selección varietal y manejo agronómico. En 1974 se establece con carácter de urgencia el 'Programa Nacional de Granos Básicos' para aumentar la producción del período 1975-1978, entre la UCR- MAG-CATIE-IICA, con apoyo del Sistema Bancario Nacional (Frijol, 1974).

Entre 1968 y 1976, la UCR liberan las variedades Jamapa, ICA PIJAO, y variedad Porrillo Sintético. Además se distribuye la variedad "Pacuaral Vaina Morada", denominada en forma abreviada Pavamor, que proviene del trabajo colaborativo entre la UCR y el MAG.

La principal labor del MAG antes de 1977, se orientó a la extensión agrícola y validación de tecnología. A partir de este año se involucra en el mejoramiento genético, evaluación de la respuesta a la adición de nutrimentos y cal, en la identificación de plagas y su ciclo biológico, así como sobre el uso y dosificación de insecticidas.

El CNP con su red de oficinas, infraestructura en todas las zonas frijoleras y trabajo en fincas de agricultores (fincas modelo) garantiza la efectiva validación de variedades y tecnología, asesoría técnica, así como la producción y distribución de semilla certificada. Esta institución permite hacer efectiva la transferencia de la investigación hacia el agricultor, ya que no sólo valida tecnología, sino que capta toda la problemática de producción a nivel de agricultores y da una orientación acertada sobre las necesidades de investigación.

La labor de la ONS, es determinar las necesidades de semilla en todas sus categorías, normas de producción y autorización del uso de nuevas variedades. El MAG se encarga del manejo de ensayos en las zonas frijoleras (ensayos de adaptación y rendimiento), producción de semilla básica y fitonutrición.

La Universidad Nacional (UNA), cuenta con gran experiencia en la área de fitopatología en frijol así como con infraestructura de laboratorios e invernaderos. Su investigación se orienta a la obtención de fuentes de resistencia para *C. lindemuthianum* y *P. griseola,* en trabajos de variabilidad patogénica y selección de fuentes de resistencia a este patógeno, en Centroamérica. Además dispone en la actualidad de una micoteca de C. lindemuthianum, de carácter regional. También participa

Digitized by Google

activamente en la inoculación y evaluación de materiales segregantes y nuevo germoplasma. El CIAT, en 1989 reinicia las labores de mejoramiento genético del frijol común para resistencia a la mustia hilachosa, antracnosis y bajo fósforo, y participa activamente dentro del PITTA-FRIJOL, dentro de la planificación de la investigación así como en la asesoría científica.

El Instituto Tecnológico de Costa Rica, posee infraestructura para la producción de semillas y su orientación principal la dirige al trabajo de validación de material promisorio.

SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE FRIJOL DE COSTA RICA

En 1977, se establece el Programa Nacional de Investigación de Frijol de Costa Rica, conformado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Universidad de Costa Rica (UCR), el Consejo Nacional de Producción (CNP), la Oficina Nacional de Semillas (ONS). Se inicia además en 1977 el proyecto internacional de investigación en mustia hilachosa del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con sede en Costa Rica, y se incorporan sus científicos, como asesores, al programa nacional de investigación de frijol de Costa Rica. En 1982 la Universidad Nacional (UNA) y en 1994, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), se integran también a este programa de Nacional.

El Programa Nacional de Frijol funcionó sin asidero legal hasta 1989, año en que se establece el CONITTA (Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria), organismo coordinador de la investigación y transferencia en todas aquellas actividades agrícolas, pecuarias y de recursos naturales del país y se aprueba el reglamento oficial de trabajo de este programa cooperativo, que pasa a denominarse PITTA-FRIJOL (Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología del cultivo de Frijol). El PITTA-FRIJOL está regido por un comité ejecutivo integrado por un coordinador, un secretario y un representante de las instituciones gubernamentales, universidades, y ONGS involucradas en el trabajo colaborativo en el cultivo del frijol. A sus sesiones puede asistir más de un especialista en frijol por institución, pero sólo tiene derecho a voto, un representante por institución, los restantes miembros tienen derecho a voz.

En la actualidad, 19 años después de creado el sistema nacional de investigación en frijol, representa un modelo en su tipo organización , número de instituciones involucradas y resultados obtenidos.

LOGROS DE SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN FRIJOL

El primer objetivo del ;pgrama ncional de frijol fue la obtención de variedades para manejo tecnificado, con habito arbustivo y resistencia a la mstia hlachosa. El propósito era desarrollar las zonas con aptitud para la siembra semi-mecanizada, como estrategia para obtener el volumen de frijol necesario para el autoconsumo.

El principal logro en la investigación aplicada a nivel comercial, efectuada en frijol común en Costa Rica, fue la obtención de variedades apropiadas a sistemas semi-tecnificados. Inicialmente se consideró prioritaria la tolerancia varietal a la mustia hilachosa, en la actualidad se considera básica la resistencia a la Antracnosis, el VMD y la mancha angular. La primera variedad que se liberó para los sistemas semi-mecanizados y con tolerancia a la Mustia Hilachosa fue la Talamanca. Este éxito se logró con base en un trabajo cooperativo UCR-MAG-CIAT. Esta estrategia unida a una eficiente labor del CNP en validación y demostración de las ventajas del manejo tecnificado (con

Digitized by Google

base en la importación y alquiler del equipo necesario para este sistema) en la zona Huetar Norte (85,02 longitud O. y 10,45 latitud N.), incentivó la producción en esta zona, que paso de un aporte de solo 9% a las necesidades del país, a un 61% del volumen total (con el 50% del área total de siembra), en la actualidad es la principal zona frijolera, con la productividad más alta (791 kg/ha en términos generales) y con 1150 kg/ha considerando solo los mejores agricultores tecnificados. La zona Brunca, principal zona de producción de frijol hasta la década de los años setenta, produce en la actualidad solo el 23 % del volumen nacional de frijol con el 28 % del área de siembra.

Entre 1979 y 1986 se liberan las variedades: 'Talamanca', 'Brunca', 'Huetar', 'Corobicí', 'Chorotega' y 'Negro Huasteco'. Se establece en 1979 el Programa de Certificación de Semilla de Frijol, a cargo de la ONS y el CNP. Antes de este año solo existió semilla autorizada de frijol.

Las investigaciones sobre respuesta del frijol a dosis de fertilización química, sirvieron para efectuar las recomendaciones de dosis comerciales de fertilizante al frijol según la cantidad de N-P-K en los suelos. Estudios posteriores indican que las respuestas del frijol a los nutrimentos variaban entre las variedades comerciales (en uso durante 1984 - 1988) y no se podía fijar un nivel determinado de un nutrimento en el suelo, además de que el tipo de suelo influía en la absorción de los nutrimentos.

A partir de 1991 se inicia la investigación sobre variedades tolerantes a bajo fósforo, labor que concluye en 1993 y se reinicia en 1995, orientada a la determinación de los mecanismos de absorción del fósforo y selección de materiales tolerantes al bajo fósforo. Esta investigación denota las grandes diferencias entre variedades y la necesidad de efectuar mejoramiento genético para este factor.

En 1993, se selecciona la variedad 'Puricise' (BAT 76) y las líneas ANT 1, ANT 7 como resistentes a la antracnosis (Araya y Fernández, 1992). La investigación sobre la respuesta del frijol común a la inoculación con *Rhizobium phaseoli* ha dado resultados positivos en suelos de la región Huetar Norte. Esta investigación es de carácter internacional (Centroamérica y el Caribe) y ya se dispone de cepas específicas, y producción comercial de inóculo para su distribución a nivel comercial. Para un mejor aprovechamiento de la inoculación se ha considerado básico la obtención de variedades tolerantes al bajo fósforo.

La investigación sobre herbicidas selectivos al frijol, rindió grandes beneficios en el combate de hoja ancha y gramíneas, pero al detectarse problemas de contaminación ambiental y humana con el DNBP, se quedó el cultivo del frijol sin un herbicida para el combate de malezas de hoja ancha. Hasta la actualidad no se cuenta con un herbicida pre-emergente que sustituya al DNBP. Pero se investigan otros métodos de combate con base en coberturas vegetales, etc.

El sistema de siembra "tapado" fue el principal sistema de siembra de Costa Rica. Investigaciones efectuadas en la UCR sobre este sistema (Araya y González, 1994) dan como resultado la descripción completa de la técnica de "tapar" frijol y las innumerables ventajas como sistema de cero labranza en áreas de ladera, acorde con las condiciones económicas del pequeño agricultor o jornalero protegiendo de la erosión a los terrenos y brindando una buena producción, considerando la baja inversión en insumos y mano de obra. Otra investigación sobre sistemas de siembra se da en la asociación frijol-cafeto, evidenciando el gran potencial de los cafetales para asociación de cultivos arbustivos y de ciclo vegetativo corto, la protección contra la erosión en las calles de poda, o en los lotes de poda, el uso intensivo del terreno y mano de obra.

Las investigaciones sobre el manejo de la enfermedad mustia hilachosa o telaraña, logran un avance sustancial en el control físico, con base en cobertura vegetal que reduce el salpique de suelo

Digitized by Google

y es también básico en el control de patógeno y sobre resistencia varietal.

En 1992 se inicia la hibridación, con el objetivo de obtener resistencia genética conjunta a dos patógenos, antracnosis y mustia hilachosa. A partir de 1995 se inicia la incorporación de resistencia al virus del VMD y la mancha angular. En este mismo año se inicia un estudio sobre diseminación del virus del Mosaico Dorado del frijol. Se denota preliminarmente la complejidad del problema, ya el tipo de gemini virus que aparece en malezas identificadas anteriormente como hospederas poseen otros tipos de virus, de similar manera, el tomate muestra un tipo de gemini virus diferente al del frijol común. Entre 1991 y 1995, se pone a disposición de los agricultores, las variedades: UCR 50 (DOR 364), y las líneas UCR 51 (DOR 390); UCR 52 (DOR 474) y UCR 53 (DOR 489 S), resistentes al VMD.

FUTURO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN FRIJOL

En 1995, el PITTA-FRIJOL establece el 'Plan Integral de Investigación y Transferencia de Tecnología' en el cultivo del frijol en Costa Rica. Los objetivos del programa son : 1- definir y priorizar políticas de investigación, zonificación del cultivo y transferencia de tecnologías, 2- priorizar las áreas de interés nacional para investigación, generación de cultivares mejorados y tecnología apropiada, con el objeto de aumentar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, 3- coordinar y ejecutar las actividades de investigación y transferencia de tecnología entre las instituciones, públicas o privadas, nacionales o internacionales, relacionadas con el cultivo del frijo y, 4- recomendar a los organismos nacionales e internacionales, que sean considerados como posibles fuentes de financiamiento, los lineamientos y prioridades de investigación y transferencia en el cultivo de frijol en Costa Rica. En el Cronograma 1, se muestran las actividades más prioritarias del sistema nacional de investigación y la participación de cada institución.

Las áreas de investigación temática, aprobadas por le PITTA-Frijol son las siguientes :

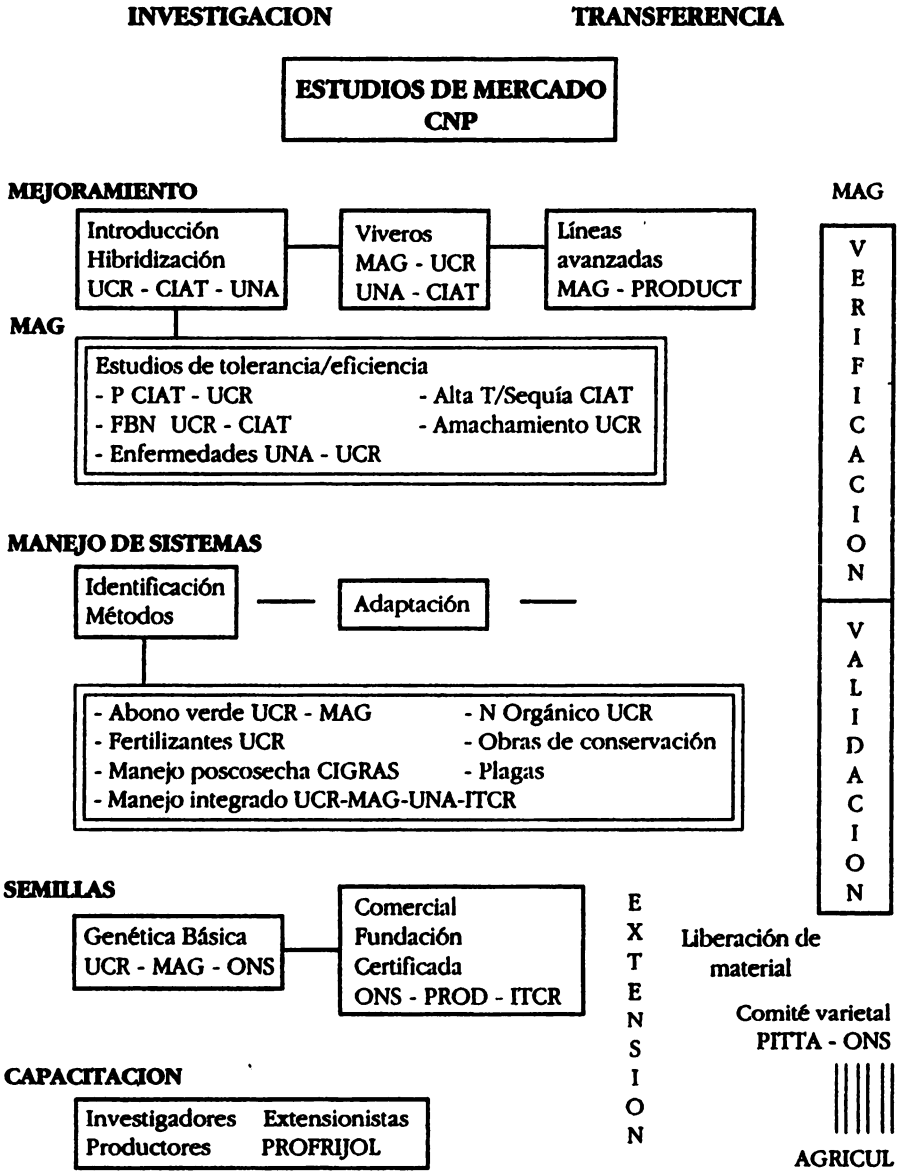
1. Mejoramiento Genético. Con el objetivo de desarrollar y evaluar nuevos materiales de grano de color rojo y negro, que signifiquen una alternativa de solución real a las limitantes de producción y necesidades del mercado que se presenten dentro y fuera del país, con tolerancia a limitantes bióticas y selección de materiales para bajo P y alta FBN.

2. Desarrollo del cultivo en sistemas de producción sostenible. Con el objetivo de estudiar diferentes alternativas de manejo integrado del cultivo (suelos-fertilización, plagas) que permitan un mejoramiento de las condiciones del mismo y un incremento en los rendimientos del cultivo a un menor costo de producción. En el Cronograma 2, se muestra la estrategia de trabajo en el manejo de suelos y su fertilización.

3. Ampliación de la base genética y estudios de la diversidad de patógenos. Este tiene como objetivo Identificar nuevos materiales con tolerancia a algunas enfermedades y evaluar la incidencia de las mismas mediante el uso de un manejo integrado. En el Cronograma 3, se muestra la estrategia de trabajo en la identificación de variabilidad patogénica y obtención de resistencia.

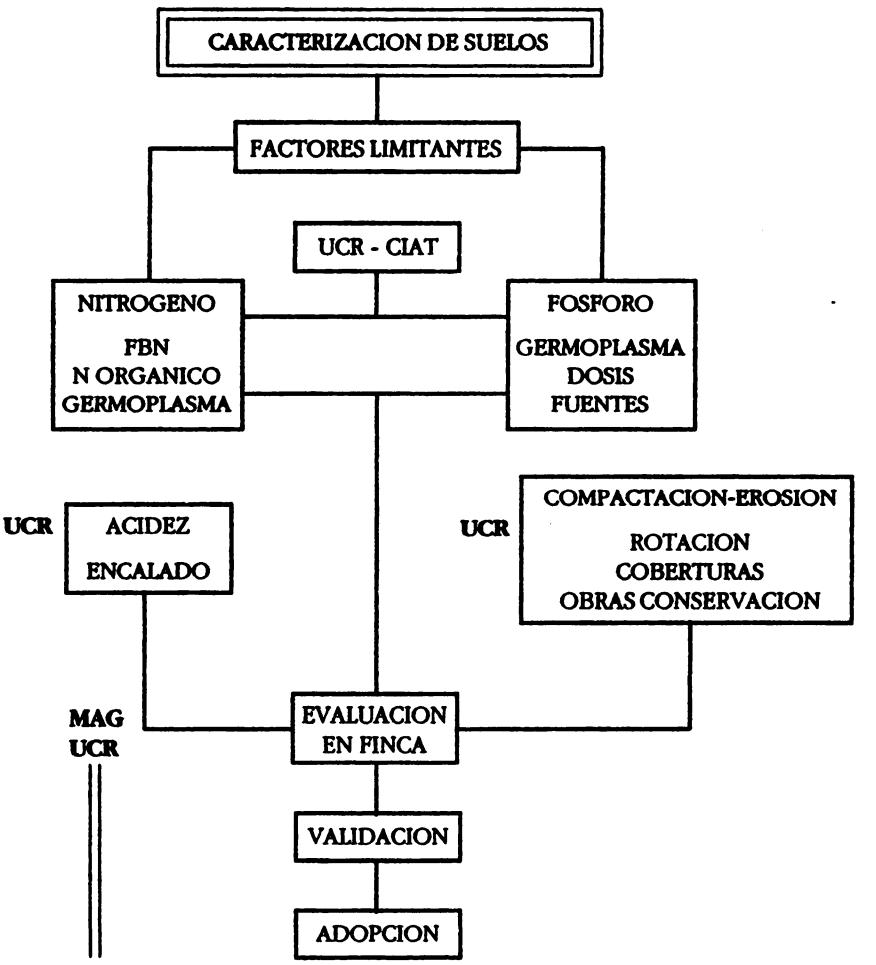
Digitized by Google

Cronograma 1. Planificación y definición de prioridades en investigación y transferencia de tecnología de frijol en Costa Rica.



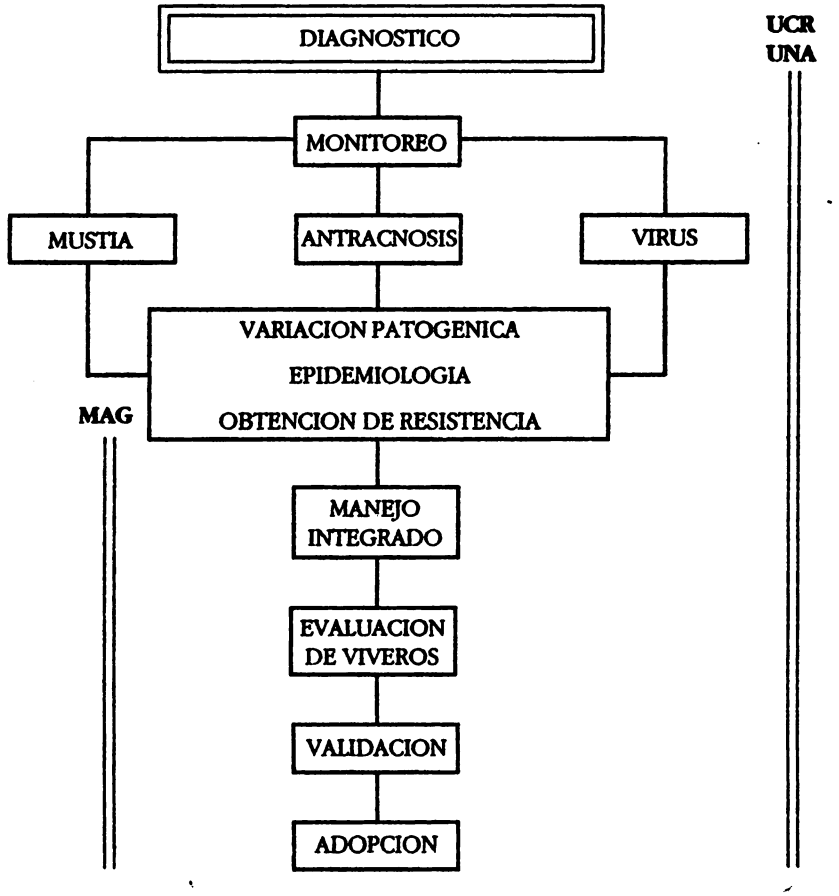
Digitized by Google

Cronograma 2. Estrategia de trabajo en el manejo de suelos y su fertilidad.



Digitized by Google

Cronograma 3. Identificación de la variabilidad patogénica y obtención de resistencia.



Digitized by Google

4. Investigación y transferencia de tecnología aplicada y participativa. La estrategia a emplear sera la evaluación de viveros, de variedades promisorias, la evaluación de tecnología y líneas con participación de los agricultores y la validación de variedades potenciales.

5. Producción de semilla. La estrategia a emplear sera la de incrementar la semilla de las líneas a distribuir para validación y para liberación de las nuevas variedades y el mantenimiento de la calidad genética de las variedades y líneas promisorias.

6. Capacitación y transferencia. La estrategia a emplear sera llevar a cabo talleres, cursos, giras y publicaciones.

FORTALEZAS DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN FRIJOL

Las principales fortalezas del sistema Nacional de investigación de Costa Rica son las siguientes:

1. El PITTA-FRIJOL de Costa Rica, cuenta con reconocimiento legal. 2. Esta conformado por un equipo multidisciplinario e interinstitucional. 3. Equipos técnicos regionales del MAG, integrados dentro del PITTA-FRIJOL. Se coordinan las labores de validación de tecnología en las principales zonas frijoleras, dentro del mismo PITTA-FRIJOL. 4. Programa de producción de semilla básica: UCR-MAG, con amplia experiencia en esta labor. 5. Organizaciones de agricultores, y de agricultores líderes que participan en la investigación transferencia y comercialización del cultivo. Su planificación se da en el PITTA-FRIJOL. 6. Infraestructura accesible al PITTA-FRIJOL: Estaciones experimentales ubicadas en todo el país. Laboratorios de fitopatología, de suelos de entomología, de semillas, de biología molecular y cámara de semillas. 7. Organizaciones de agricultores involucradas en la validación e investigación en fincas.

ACTIVIDADES EN QUE SE ENCUENTRA INVOLUCRADA CADA INSTITUCIÓN

Universidad de Costa Rica

Mejoramiento: 1. Mejoramiento genético por hibridación e introducción. 2. Evaluación de viveros. 3. Obtención de resistencia a VMD, antracnosis y mustia hilachosa. 4. Epidemiología y diagnóstico de gemini virus (amachamiento). 5. Evaluación de materiales para bajo P y FBN. Manejo de Sistemas: 1. Manejo de malezas. 2. Abonos verdes. 3. Fertilizantes /N orgánico. 4. Manejo pos cosecha. 5. Manejo integrado. Semillas: 1. Producción de semilla genética y básica. Capacitación: 1. Asesoramiento a agricultores sobre el manejo del cultivo. 2. Coordinación de actividades de capacitación a técnicos y agricultores.

Universidad Nacional

Mejoramiento: 1. Evaluación de viveros nacionales e internacionales. 2. Monitoreo y determinación de pérdidas causadas por mustia hilachosa y antracnosis. 3. Diagnóstico de enfermedades causadas por factores bióticos en el cultivo. 4. Variación patogénica e identificación

Digitized by Google

de razas de *C. lindemuthianum* y *P. griseola.*

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Mejoramiento: 1. Evaluación de viveros (ECAR, VIDAC, otros) y líneas avanzadas en zonas productoras. 2. Evaluación y selección de la adaptación y rendimiento de cultivares de frijol rojo y negro. 3. Validación y verificación de nuevas variedades de frijol para medir adaptación, rendimiento y resistencia a enfermedades. Manejo de Sistemas: 1. Abonos verdes. 2. Manejo integrado. Semillas: 1. Incremento y multiplicación de semilla genética y básica. 2. Producción de semilla de fundación y comercial. Capacitación. 1. Asesoramiento a agricultores sobre el manejo del cultivo. 2. Transferencia de tecnología en el combate integrado de babosas.

Consejo Nacional del Producción

1. Estudios de mercado. 2. Verificación en manejo pos cosecha. 3. Compra y venta de grano comercial para seguridad alimentaria. 4. Pronósticos de cosecha.

Oficina Nacional de Semillas

1. Inspección de campos de producción de semilla. 2- Fiscalizar y aprobar la producción de semilla. 3. Análisis de calidad de semilla. 4. Aprobación de la liberación de nuevas variedades de frijol. 5. Supervisión de ensayos de valor agronómico. 6. Regular la comercialización de semillas.

Instituto Tecnológico de Costa Rica

1. Verificación y validación del ENAR (ensayos nacionales de adaptación y rendimiento). 2. Reproducción y comercialización de semilla.

Trabajo Colaborativo CIAT-UCR

Mejoramiento: 1. Mejoramiento genético por hibridación e introducción. 2. Estudio de mecanismos de tolerancia a bajo P. 3. Fijación biológica de nitrógeno.

DIFICULTADES DEL SISTEMA NACIONAL DE INVESTIGACION EN FRIJOL

La organización interinstitucional le garantiza, al Sistema Nacional de Frijol de Costa Rica, una mejor cobertura en necesidades de investigación y áreas de estudio y validación, pero a su vez no se tiene el financiamiento integral y transporte apropiado, para su operación eficiente. En un inicio, la suposición de que el MAG, u otro organismo gubernamental agrícola, eran los únicos que podían liderar este sistema de investigación, dificultó la participación de otras instituciones y la coordinación de actividades y priorización de las investigaciones.

En el mejoramiento genético, se requiere la obtención de material tolerante a las condiciones edáficas de nuestras zonas frijoleras. Pero la investigación en esta área es todavía incipiente, y se requiere incorporar genes de tolerancia a los materiales resistentes o tolerantes a enfermedades, que

Digitized by Google

actualmente se están desarrollando.

Otra dificultad estriba en la obtención oportuna de nuevo germoplasma, para el proceso de hibridación, en este aspecto CIAT juega un papel vital tanto en suministro directo de materiales a los países así como en la entrega de la colección *core* de *Phaseolus* específicos a países que se comprometan a incrementarlo y distribuirlo.

El gran número de enfermedades importantes en nuestro país, así como la diversidad de mecanismos genéticos, de sobrevivencia, adaptación y variabilidad del patógeno, además de la presencia de condiciones ambientales favorables para la infección y desarrollo de los mismos; hace casi imposible un combate general por resistencia

REFERENCIAS

Araya, C.M., y S. Fernández. 1992. Líneas promisorias de frijol común y fuentes de resistencia a *Colletotrichum lindemuthianum* en Costa Rica. p. 36. *In* Resúmenes IV Congreso Internacional MIP. El Zamorano, Honduras.

Araya, R., y W. González. 1994. La historia y futuro del frijol (*Phaseolus vulgaris l.*) tapado en Costa Rica. p. 11-18. *In* Los Sistemas de siembra con cobertura. De. H. David Thurston, Margaret Smith, George Abawi y Steve Kearl. CATIE-CIIFAD. Turrialba, Costa Rica.

Araya, C.M., M.A. Pastor-Corrales, y M.M. Otoya. 1992. Diversidad patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* en América Central. XXXVIII Reunión Anual PCCMCA. Managua, Nicaragua.

Frijol. 1974. Separata # 1. Manual de Granos Básicos. Departamento de Comunicaciones Agrícolas, MAG. San José, Costa Rica. 6 P.

González, L.C., R. Gutiérrez, F. Cascatne, y E. Portilla. 1977. Combate de enfermedades foliares en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante el uso limitado de fungicidas. Agronomía Costarricense 1(2): 107-118.

Historia de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. 1990. Alajuela, Costa Rica. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Universidad de Costa Rica. 89 pp.

Iglesias, G. 1965. Manual de recomendaciones: frijol. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. 9 p. snt.

Indice de Investigaciones: Período 1963-1988. 1990. Alajuela, Costa Rica. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno Universidad de Costa Rica. 116 pp.

Mora, B. 1983. Estimativa de perdas no rendimiento en feijoeiro común (*Phaseolus vulgaris* L.), causadas pela mancha angular (*Isariopsis griseola*). Tese MAG Sc. Vicosa-Minas Gerais, Brasil, Universidad Federal de Vicosa. 60 pp.

Programa Nacional de Frijol Común. 1988. Problemática del cultivo del frijol común y estrategias de investigación. Compilado Araya, R. y Zamora, A. Alajuela. 88 pp.

Sáenz, M. 1978. Historia de la Facultad de Agronomía (1926-1976). San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 284 pp.

Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 87 pp.

Digitized by Google

...814
09 FEB. 1996

Evolución e Integración de la Investigación del Frijol en América Central, México y El Caribe: PROFRIJOL

R. Rodríguez C.
ICTA , Guatemala

RESUMEN

Desde 1981, PROFRIJOL es el mecanismo regional de apoyo a los programas de frijol de los países de la región. Realiza investigaciones relacionadas con los aspectos bióticos y abióticos que afectan al cultivo y con sus resultados se persigue contribuir al incremento de la producción y a mejorar la productividad del mismo. PROFRIJOL, nace en 1978 como una idea. A partir de 1980 la Corporación Suiza para el Desarrollo COSUDE se hace cargo de la financiación del PROFRIJOL. Se reconocen varias etapas en la evolución del programa regional que son caracterizadas por un mejoramiento hacia el trabajo grupal de los países miembros. Sin embargo, aún existen problemas de comunicación, integración más intensa, desfases en la asignación de fondos, la consideración de la presentación parcial de resultados, programación de asignación de equipo y la consideración de que el año agrícola no es equivalente al año fiscal.

Desde 1981, PROFRIJOL es el mecanismo regional de apoyo a los programas de frijol de los países de la región. Realiza investigaciones relacionadas con los aspectos bióticos y abióticos y con sus resultados persigue contribuir al incremento de la producción y a mejorar la productividad del cultivo. Se tiene el apoyo científico-administrativo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), patrocinado por la Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE) y aportes de distintas naturalezas provenientes de las entidades nacionales.

Las actividades de PROFRIJOL, se basan en la cooperación recíproca y el fortalecimiento científico y tecnológico de los programas nacionales de investigación en frijol. Los proyectos se implementan mediante esfuerzos mancomunados para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en la región para la generación y difusión de resultados de investigación y tecnologías desarrolladas (Saladín, 1995).

En la actualidad, son miembros activos del PROFRIJOL los programas nacionales de los países siguientes: Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, (Venezuela tramitando ingreso) y el CIAT (Orozco, 1992).

EL CULTIVO DE FRIJOL EN LA REGION (PROFRIJOL, 1992)

El cultivo del frijol es parte ineludible en la dieta de los habitantes de Centroamérica, México y el Caribe, especialmente en el área rural, con un consumo promedio regional de 12 kg/persona /año. demás de ser un alimento importante, el cultivo es un generador de ingresos y empleo.

Actualmente, en la región, incluyendo México, se cultivan aproximadamente 2,600,000 ha, con una producción estimada de 1,450,000 TM y un rendimiento promedio de 700 kg/ha. Los sistemas de siembra son variados, predominando los monocultivos, relevos y asocios con maíz. La época principal de cultivo es la segunda o postrera (septiembre). Sin embargo, en países como Guatemala, es en la primera (inicio de lluvias).

Digitized by Google

Aún cuando se calcula que anualmente se cultivan unas 280,000 hectáreas, con variedades mejoradas en Centroamérica y el Caribe, algunos países no son autosuficientes en este grano y tienen que recurrir a importaciones deteriorando sus economías. Estos déficit son originados por diferentes causas, dentro de las que se pueden mencionar, uso de suelos no apropiados para el cultivo, tecnologías de manejo inadecuadas, escasez de recursos, falta de crédito agrícola y, principalmente, alta incidencia de plagas y enfermedades, algunas de ellas con presencia en toda la región, tal el caso de apion y mustia hilachosa, y otros con más severidad como es el virus del mosaico dorado, que causa los mayores daños en Centroamérica y el Caribe. Esta última enfermedad, ocasionada por geminivirus, se ha difundido en el área, debido a la presencia de especies de cultivo agroexportables, que son un medio muy apropiado para la multiplicación de su vector, la mosca blanca.

EVOLUCION E INTEGRACION

En febrero de 1973, el CIAT organizó en Cali, el seminario "Potencial del frijol y otras leguminosas alimenticias en América Latina" con la participación de 150 representantes de más de 20 países. Por el alcance de los acuerdos logrados en dicha reunión y porque a partir de ese simposio el programa de sistemas de producción de leguminosas comestibles del CIAT decidió trabajar únicamente en frijol, 1974 es considerado como el año de nacimiento del Programa de Frijol del CIAT.

Apenas, 4 años después de su creación, el Programa de Frijol del CIAT estableció su primer programa regional que a la vez fue el primero de CIAT, el Proyecto Regional para América Central, México y el Caribe (PROFRIJOL como se le denomina ahora (PROFRIJOL - CE, 1989)) con sede en Costa Rica. Durante sus dos primeros años de operación (1978-79) este proyecto fue financiado por el PNUD y partir de 1980 por el gobierno suizo a través de COSUDE.

Después de 15 años de ser coordinado por CIAT, a partir de 1993, el proyecto regional de América Central, México y el Caribe pasó a ser dirigido por los propios programas nacionales. El Ing. Freddy Saladín, de la República Dominicana fue elegido coordinador. De esta manera PROFRIJOL volvió a ser un hito en la historia de CIAT al convertirse en el primer proyecto regional traspasado a los programas nacionales para su administración y dirección (CIAT, 1993).

La red ha evolucionado principalmente en dos sentidos: el primero, es relacionado con la generación de tecnología para dar solución a múltiples problemas de tipo biótico y abiótico, limitantes de la producción y productividad del cultivo, y el segundo, se refiere a los aspectos de relación y/o organización (PROFRIJOL, 1992).

Organización

En marzo de 1988 (PROFRIJOL-CE, 1988) se definen las tres instancias de la red: Comité Ejecutivo, Junta Directiva y Coordinador. Para octubre del mismo año (PROFRIJOL-CE,1988) se aprueban los cambios siguientes: Asamblea de Coordinación, por Comité Ejecutivo; Comité Ejecutivo por Junta Directiva y Coordinador del Programa. La Asamblea de Coordinación es el órgano de mayor autoridad y gobierno del PROFRIJOL y está compuesto por un representante y un asesor de cada uno de los países miembros del programa (Coordinadores de Programas Nacionales). La asamblea aprueba la agenda anual de actividades de investigación regional; asigna las responsabilidades de investigación regional; revisa los proyectos de investigación regional; programa los cursos, talleres, seminarios, reuniones y giras de trabajo y/o evaluación; a ella se someten los

Digitized by Google

asuntos administrativos, de presupuesto y otros, tales como la elección del Comité Ejecutivo y Coordinador Regional.

El Comité Ejecutivo (CE) es elegido por Asamblea de Coordinación (AC) de acuerdo al reglamento interno del PROFRIJOL; lo integra su Presidente, Vocal y Secretario, todos ellos con voz y voto, el Coordinador Regional y representante del CIAT, estos últimos con voz. Este comité preside la asamblea de coordinación, propone su agenda anual, vela porque se ejecuten las decisiones de la AC, convoca y organiza reuniones para planificar su trabajo y el del Coordinador y presenta su informe anual de actividades (para actualización, ver reglamento interno en PROFRIJOL, 1995).

El Coordinador Regional tiene como principal responsabilidad, lograr que la red de cooperación regional funcione en forma efectiva, facilita los medios en forma oportuna, ejecuta el presupuesto del Programa de acuerdo con lo aprobado en Asamblea, organiza las reuniones del CE y AC, de apoyo efectivo a la organización y ejecución de cursos, talleres, reuniones del PROFRIJOL, organización y manejo de fondos; recopila, reproduce y distribuye informes técnicos anuales; flujo de documentación y germoplasma de frijol; coordina y apoya las visitas de Asesores y de intercambio regional; coordina las revisiones de los subproyectos y proyectos regionales, su cumplimiento, ejecución y evaluación; convoca, organiza y da apoyo logístico en reuniones de planificación, revisión de resultados; elabora y distribuye los planes de trabajo y los informes anuales, así como Hojas del PROFRIJOL y otras publicaciones (PROFRIJOL, 1992).

Fases

Se reconocen cuatro fases en la evolución del PROFRIJOL. A grandes rasgos se pueden definir dichas fases de la siguiente manera:

Fase I. Esta fase esta compuesta por dos períodos los cuales van de 1981 a 1984 y luego de 1984 a 1987. En este fase el Coordinador Regional fue el Dr. Guillermo Gálvez. Esta fase se caracteriza por el trabajo en proyectos separados de acuerdo a la limitante especifica de que se tratara. Por aparte se observa un gran impulso a la capacitación.

Fase II. Esta fase está constituida por dos períodos: el primero, que va de 1987 a 1990, en donde el Coordinador Regional fue el Dr. Michael Dessert y el segundo que va de 1990 a 1993, en donde el Coordinador Regional fue el Ing. Silvio Hugo Orozco. En esta etapa se continúa trabajando con proyectos separados y el impulso a la capacitación permanece.

Fase III. Esta fase va de 1993 a 1996, en donde el Coordinador Regional es el Ing. Freddy Saladín. Se inicia el mejoramiento múltiple y la agronomía; se realiza la conformación del grupo de capacitadores del PROFRIJOL.

Fase IV. Esta fase comprende de 1996 a 1999, en donde el Coordinador Regional es el Dr. Rogelio Lépiz. Se añaden en esta fase aspectos de validación e investigación participativa.

Digitized by Google

LOGROS

Nuevas Variedades (CIAT, 1993)

Uno de los mayores logros de la investigación de frijol ha sido la constante provisión de materiales mejorados a la región, muchos de los cuales terminaron siendo lanzados como variedades. En total, en los 15 años de operación de PROFRIJOL, se han lanzado 59 nuevas variedades provenientes del trabajo cooperativo entre CIAT y los Programas nacionales de la región. En los primeros años, cuando aún CIAT no había desarrollado líneas propias, estos materiales provinieron principalmente del programa de frijol del ICA de Colombia como puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación de materiales de programas nacionales distribuidos por CIAT que fueron lanzados como variedades en América Central y el Caribe.

Introducción	Origen	País	Nueva variedad
Período 1978-1983			
ICA Pijao	Colombia	Costa Rica	ICA Pijao
		Cuba	ICA Pijao
		Guatemala	Suchitán
ICA 10103	Colombia	Costa Rica	Talamanca
Porrillo Sintético	El Salvador	Costa Rica	Porrillo Sintético
Diacol Calima	Colombia	Panamá	Calima
2W-33-2	Puerto Rico	Panamá	2W-33-2
Período 1984-1988			
Línea 23	Colombia	Cuba	Guama 23

Como puede verse, en los primeros años, los buenos materiales provenientes de programas nacionales, fueron bien aceptados; su impacto disminuyó sensiblemente en el siguiente quinquenio cuando ya los primeros materiales de CIAT empezaban a ser evaluados y prácticamente desaparecieron como fuente de introducción de nuevas variedades en el período comprendido entre 1989 y 1993. La Tabla 2, muestra el número de variedades lanzadas en cada etapa y el origen de las mismas para que se pueda apreciar la evolución del trabajo cooperativo en la región. La Tabla 3, muestra una relación completa de las 59 variedades lanzadas en la región como resultado del trabajo cooperativo entre CIAT y los programas nacionales de la región desde 1978 a 1993.

Digitized by Google

Tabla 2. Número y origen de variedades lanzadas en América Central y el Caribe en diversas etapas.

Clase de germoplasma	1978-1983	1984-1988	1989-1993
Número de variedades lanzadas	25	16	18
Introducciones de otros países	28	6	0
Líneas del CIAT (%)	48	69	6
Líneas del CIAT/PROFRIJOL (%)	16	19	61
Líneas de programas	8	6	33
Nacionales (%)			

Fuente: CIAT. 1993. Logros de la red de frijol en América Central, México y el Caribe 1978-1993.

Tabla 3. Relación de variedades lanzadas por el proyecto PROFRIJOL CIAT en América Central, México y el Caribe 1978-1993.

País	Variedad	Línea experimental	Origen	Color
Período 1978-1983				
Costa Rica	Talamanca	ICA COL 10103	Colombia	negro
	ICA Pijao	-	Colombia	negro
	Porrillo S.	-	El Salvador	negro
	Brunca	BAT 304	CIAT	negro
	Huetar	RAO 29	CIAT	rojo
	Chorotega	RAO 2	CIAT	rojo
Cuba	ICA Pijao		Colombia	negro
	Hatuey 24	BAT 24	CIAT	rojo
El Salvador	Tazumal	BAT 58	CIAT	negro
	CENTA Izalco	MCS27R	CENTA	rojo
Guatemala	Suchitán	ICA Pijao	Colombia	negro
	ICTA San Martín		ICTA	negro
	ICTA Quetzal	DOR 41	ICTA/CIAT	negro
	ICTA T/zulapa	DOR 44	ICTA/CIAT	negro
	ICTA Jutiapán	DOR 42	ICTA/CIAT	negro
Honduras	Acacias 4	FF	CIAT	rojo

Digitized by Google

País	Variedad	Línea experimental	Origen	Color
Período 1978-1983				
México	Negro Huasteco	DOR 60	ICTA/CIAT	negro
Nicaragua	Revolución 79	BAT 41	CIAT	rojo
	Revolución 79A	BAT 789	CIAT	rojo
	Revolución 81	A 40	CIAT	rojo
	Revolución 83	BAT 217	CIAT	rojo
	Revolución 83A	BAT 1215	CIAT	rojo
Panamá	Calima	-	Colombia	rojomt
	2W33-2	MITA line	Puerto Rico	blanco
	BAT 1061	BAT 1061	CIAT	blanco
Período 1984-1988				
Costa Rica	Huasteco	DOR 60	ICTA/CIAT	negro
Cuba	Caribe 15	NAG 15	CIAT	negro
	Holguín 518	BAT 518	CIAT	negro
	Brunca	BAT 304	CIAT	negro
	Tazumal	BAT 58	CIAT	negro
	Huasteco	DOR 60	ICTA/CIAT	negro
	Chevere	BAT 482	CIAT	blanco
	Engañador	BAT 93	CIAT	crema
	Guama 23	Línea 23	Colombia	rojomot
El Salvador	CENTA Jiboa	RAB 204	CIAT	rojo
Haití	Tamazulapa	DOR 44	ICTA/CIAT	negro
Honduras	Arauli 85	RAB 39	CIAT	rojo
	Catrachita	RAB 50/205	CIAT	rojo
Guatemala	ICTA Ostúa	Ju81-53	ICTA	negro
Nicaragua	Revolución 84	BAT 154	CIAT	rojo
	Revolución 84A	FF 8383	CIAT	rojo
Período 1989-1993				
Costa Rica	Puracisi	BAT 76	CIAT	negro
	UCR 50	DOR 364	ICTA/CIAT	rojo
	UCR 51	DOR 474	ICTA/CIAT	rojo

Digitized by Google

País	Variedad	Línea experimental	Origen	Color
Período 1978-1983				
Guatemala	DORICTA	DOR 364	ICTA/CIAT	rojo
	ICTA SG/trds	DOR 446	ICTA/CIAT	negro
	ICTA Chapina	Ju 90-4	ICTA	negro
	ICTA Texel	Ch86-30	ICTA	negro
	ICTA Altense	Ch87-10	ICTA	negro
	ICTA Hunapú	Ch89-2	ICTA	negro
	ICTA Prramos	Ch82-47	ICTA	negro
	ICTA Qui/kch	Ch82-59	ICTA	negro
El Salvador	CENTA Ctlec	DOR 364	ICTA/CIAT	rojo
Honduras	Don Silvio	DOR 482	ICTA/CIAT	rojo
	Oriente	DICTA 57	SRN/CIAT	rojo
Nicaragua	Estelí 90A	CNIGB1-90	MINAG/CIAT	rojo
	Estelí 90B	CNIGB2-90	MINAG/CIAT	rojo
	Estelí 50	CNIGB3-90	MINAG/CIAT	rojo

Fuente: CIAT. 1993. Logros de la red de frijol en América Central, México y el Caribe 1978-1993.

Capacitación (PROFRIJOL-CIAT, 1992)

Desde el inicio de la red, este aspecto tuvo gran apoyo traducido en actividades tales como las siguientes: Apoyo técnico y financiero a cursos nacionales, cursos regionales avanzados, talleres regionales, cursos y talleres en el CIAT, especialización en el CIAT. El proceso global de capacitación tanto en sus fases en donde estuvo a cargo el CIAT y desde donde se hizo cargo PROFRIJOL, puede verse en la Tabla 4.

En julio de 1990 el Comité Ejecutivo planteó como una necesidad prioritaria la conformación de un Grupo Regional de Capacitadores del PROFRIJOL, que en un futuro pudiera asumir la capacitación de los técnicos regionales (PROFRIJOL-CE, 1990). Los temas sugeridos para el inicio de la conformación del grupo de capacitadores fueron los siguientes: mejoramiento, fitopatología, entomología, nematología, microbiología, agronomía, suelos, semillas, socioeconomía, malezas, transferencia y calidad de grano. De esta manera y con el objetivo de capacitar a sus investigadores y actualizar a los extensionistas con el propósito de fortalecer la capacidad nacional para la generación y transferencia de tecnología de producción de frijol, el PROFRIJOL se dio a la tarea de formar al grupo de capacitadores lo cual se desarrollo a lo largo de 16 meses en tres fases y dos interfases (PROFRIJOL - CIAT, 1992).

Digitized by Google

Tabla 4. Evolución del Programa de Capacitación.

1a ETAPA	1978 - 1986	100% a cargo del CIAT 100% en CIAT E F M A M J J A S O N D ● ├──────┤ ● ├──────┤
2a ETAPA	1987 - 1992	75% a cargo del CIAT 50% en CIAT E F M A M J J A S O N D ● ├──────┤ ▣
3a ETAPA	1993	Capacitación de capacitadores
4a ETAPA	1994 - 1996	Capacitación a cargo de equipo regional de capacitadores

Leyenda: ● Curso de capacitación en CIAT
▣ Curso de capacitación en CIAT en NAR's
├─┤ Capacitación in servicio en CIAT

Fuente: Voysest, 1996.

Fase I. En octubre de 1990, los investigadores seleccionados se reunieron en Guatemala en un taller de introducción a la educación de adultos. Se inició el desarrollo de materiales didácticos llamados unidades de aprendizaje, las cuales se elaboraron con la participación de un grupo compuesto por autores, asesores científicos, coordinadores y productores.

Interfase I. El equipo de capacitadores avanzó hacia el desarrollo y perfeccionamiento de las unidades de aprendizaje.

Fase II. En abril de 1991, el equipo de capacitadores se reunió en Nicaragua en un laboratorio de ensayo y evaluación de las unidades y revisión de las habilidades y aptitudes de comunicación del equipo.

Interfase II. Se continúan perfeccionando las unidades y afianzando las habilidades de comunicación de los capacitadores.

Digitized by Google

Fase III. En CIAT, en febrero de 1992 los autores y los asesores científicos hicieron la revisión técnica final a las unidades. Como productos de las actividades de capacitación más recientes, se tienen un equipo regional de 21 capacitadores y siete unidades de aprendizaje sobre temas prioritarios (Tabla 5).

Tabla 5. Unidades de aprendizaje generadas por el grupo de capacitadores regionales de PROFRIJOL y sus responsables.

1. Variedades mejoradas de frijol: concepto, obtención y manejo (Mejoramiento)	
M.Sc. Rafael Rodríguez	(Guatemala)
M.Sc. Rodolfo Araya	(Costa Rica)
M.Sc. Federico T. Ramos	(Honduras)
Ing.Agr. Julio C. Molina	(Nicaragua)
2. Manejo integrado de plagas en frijol (Entomología)	
Dr. Victor Salguero	(Guatemala)
M.Sc. Enrique Mancia	(El Salvador)
Ing.Agr.Gladys Gonzalez	(Panamá)
3. Importancia, síntomas y manejo de las principales enfermedades del frijol (Patología)	
Ing.Agr.Pastora Bonilla	(El Salvador)
M.Sc. Enrique Becerra	(México)
M.Sc. Carlos M. Araya	(Costa Rica)
M.Sc. Julio Lara	(Panamá)
4. Tecnologías no convencionales para el manejo poscosecha de semilla de frijol (Semillas)	
M.Sc. Naira Camacho	(Panamá)
Ing.Agr. Roni O. Carrillo	(Guatemala)
5. Manejo integrado de malezas en frijol común (Malezas)	
M.Sc. Claudio Gamboa	(Costa Rica)
Ing.Agr. Fredy Aleman	(Nicaragua)
6. Manejo agronómico del cultivo de frijol (Agronomía)	
Ing.Agr. Raúl Enriquez	(El Salvador)
Ing.Agr. Emmanuel Prophet	(Haiti)
Ing.Agr. Carlos Orellana	(Guatemala)
7. Uso del análisis químico para la determinación de la fertilidad de suelos en el cultivo de frijol (Suelos)	
Ing.Agr. Ligia Ramos	(Honduras)
Ing.Agr. Telémaco Talavera	(Nicaragua)
Ing.Agr. Manuel de Jesús López	(Honduras)

FUENTE: Orozco, S.H. 1991. Informe Anual del Coordinador Regional del PROFRIJOL.

Digitized by Google

El Sistema de Viveros y Ensayos Regionales SISTEVER

Hasta Enero de 1962, el Vivero de Adaptación (VA) fue un medio de introducción e intercambio de germoplasma entre los países de la región, el cual por acuerdo del taller de mejoramiento de frijol organizado por CIAT y realizado en San José, Costa Rica el 15 y 16 de enero de 1987, fue cambiado de nombre a vivero de adaptación Centroamericano (VIDAC) (CIAT-PROFRIJOL, 1987). Desde 1962, se estableció en Centroamérica una red regional de ensayos de rendimiento que pudiera considerarse precursores del actual ECAR (CIAT, 1982). Para 1979 (CIAT-PROFRIJOL 1987) los programas nacionales de frijol de Centroamérica manejaban el vivero internacional de rendimiento y adaptación de frijol (IBYAN por sus siglas en Inglés). "La mayoría de estas líneas seleccionadas en Palmira, Colombia, no se adaptaban a las condiciones ecológicas de la región centroamericana. Era una transferencia vertical." De esta etapa se obtuvieron materiales provechosos como Porrillo 1, Porrillo Sintético, México 80 y Jampa (CIAT, 1982). En 1981, se conformó el vivero centroamericano de adaptación y rendimiento (VICAR), (CIAT, 1982) con el cual se logró mantener un flujo permanente de germoplasma entre los programas nacionales de los países participantes y el CIAT, en cuanto a materiales mejorados, recientes y antiguos, comerciales comunes, líneas promisorias y testigos locales, los cuales se someten a prueba bajo diseño experimental.

Durante el taller regional de mejoramiento de frijol, realizado en Jutiapa, Guatemala, del 24 al 28 de Julio de 1989 (CIAT PROFRIJOL, 1989) se recomendó cambiar el nombre de VICAR a ensayo centroamericano de adaptación y rendimiento (ECAR), por el hecho de emplearse un diseño estadístico en su evaluación.

En 1995 se realizó una evaluación del proyecto SISTEVER (Orozco, 1995) en la cual se identificaron problemas como los siguientes:

1. Poco interés de los países para participar activamente en el proyecto.
2. Retraso en despacho y llegada de viveros al investigador.
3. Pobre y tardío regreso de los resultados y evaluaciones (libros de campo) al ICTA.
4. No se ha cumplido con los informes y el avance anual de resultados, que siempre se presentó durante la reunión y/o asamblea de coordinación y/o reunión del PCCMCA.
5. La mayoría de los proyectos de PROFRIJOL que generan el material genético (nuevas líneas), no han ofrecido nuevo germoplasma para ingresar a los viveros de adaptación.

Como recomendaciones más relevantes se tienen:

1. La participación de un segundo país para el manejo y distribución de viveros y ensayos de grano rojo.
2. Presupuesto adecuado a costos actuales.

Actividades de Planificación (Busquets, 1989; Orozco, 1991)

Del 30 de mayo al 2 de junio de 1989 en la Habana, Cuba y luego en San José, Costa Rica del 13 al 15 de julio de 1989 se realizó el primer taller de planificación por objetivos (PPO) en el cual se identificó "la baja producción del frijol en la región" como el problema central o clave, el cual tiene las siguientes causas inmediatas y esenciales: bajos rendimientos en la región, disminución

Digitized by Google

de la superficie sembrada, alta degradación del agroecosistema del frijol y altas pérdidas cuantitativas y cualitativas de postcosecha.

"El incremento sostenido de los rendimiento de frijol en la región" fue identificado como objetivo del proyecto por el equipo que elaboró esta planeación la cual se esta logrando mediante los siguientes resultados:

1. Se dispone de líneas y/o variedades resistentes/tolerantes a las principales plagas y enfermedades de la región con alto potencial de rendimiento.
2. Se fortalecieron los programas nacionales de mejoramiento para plagas y enfermedades.
3. Se cuenta con paquetes tecnológicos necesarios para el manejo de plagas y enfermedades.
4. Se dispone de información socioeconómica como insumo para los trabajos del PROFRIJOL.
5. Se incrementa la disponibilidad de semilla genética y básica.
6. Se establecieron sistemas eficientes de producción artesanal de semilla.
7. Se logro una mejor integración y fortalecimiento de los programas nacionales, dentro del programa regional.
8. Se están desarrollando tecnologías para evitar el deterioro del agroecosistema del frijol.
9. Se cuenta con extensionistas capacitados en la región.

El programa regional de frijol "PROFRIJOL" realizó en Guatemala, durante los días 17 al 25 de agosto de 1992, una reunión de planificación participativa por objetivos (PPO) para el siguiente quinquenio (1993-1997); en dicha planificación se consiguió caracterizar las mayores limitantes bióticas y abióticas para tres zonas agroecológicas diferentes (seca, intermedia y húmeda), que dieron la base para elaborar la matriz de planificación, la cual detalla objetivos, indicadores verificables, supuestos importantes para el éxito y actividades, en las áreas de mejoramiento genético, investigación agronómica con enfoques de agricultura sostenida, estudios socioeconómicos de diagnósticos, adopción e impacto y la capacitación a nivel regional (PROFRIJOL, 1992).

Dentro de esta fase se persiguieron los siguientes resultados:

1. PROFRIJOL aplica métodos eficientes de generación y validación de tecnología de acuerdo con las necesidades de los productores.
2. Los productores empiezan a adoptar variedades adaptadas a condiciones adversas, climáticas y de suelos.
3. Se desarrollaron y se utilizan prácticas de manejo que evitan o minimizan estrés abiótico.
4. Los productores empiezan a adoptar variedades resistentes a plagas y enfermedades.
5. Se desarrollaron y se aplican sistemas de manejo integrado de plagas y enfermedades.
6. Se reforzaron los sistemas de extensión.
7. Se logró una mejor coordinación e integración entre PNIA's, instituciones, proyectos y redes.
8. PROFRIJOL se maneja de manera eficaz y eficiente.

Del 6 al 8 de noviembre se realizó el taller de planificación (PPO) en San José, Costa Rica para el período 1996-1999, donde se lograron establecer 5 proyectos de investigación (PROFRIJOL, 1996):

Digitized by Google

1. Mejoramiento genético del frijol mesoamericano.
2. Mejoramiento genético del frijol andino.
3. Ampliación de la base genética y estudios de la diversidad genética de los patógenos.
4. Desarrollo del frijol en sistemas de producción sostenible.
5. Estudios socioeconómicos.

Los resultados que se persiguen son los siguientes (PROFRIJOL, 1995):

1. Se han desarrollado variedades y/o líneas de tipo de grano mesoamericano con valor comercial y resistencia a mosaico común, mosaico dorado, bacteriosis, más un factor adicional que puede ser apión, mancha angular, bajo fósforo, sequía y/o altas temperaturas.
2. Se han desarrollado líneas y variedades de frijol andino con resistencia múltiple a mosaico dorado, bacteriosis y mustia, además de líneas tolerantes a estrés abiótico (sequía, altas temperaturas y baja fertilidad).
3. Se identifican nuevas fuentes de resistencia a los principales factores bióticos para ampliar la base genética y caracterizar la diversidad genética de los patógenos.
4. Se generaron y validaron tecnologías de manejo integrado del cultivo que contrarrestan factores limitantes de la producción del frijol.
5. Se ha evaluado la factibilidad socioeconómica, la adopción e impacto de las nuevas alternativas tecnológicas generadas por el PROFRIJOL.
6. Se logro una mejor coordinación e integración entre los programas nacionales de investigación en frijol (PNIA's) instituciones y redes afines de la región.
7. PROFRIJOL se maneja de manera eficaz y eficiente.

El CIAT, como miembro activo del PROFRIJOL, realizará durante esta fase los subproyectos siguientes:

1 Mejoramiento de frijoles de origen mesoamericano, negros y rojos para América Central, México y el Caribe, con resistencias múltiples.
2. Mejoramiento del frijol andino para resistencia a factores limitantes bióticos y abióticos para América Central y el Caribe.
3. Fuentes de diversidad genética para resistencia a factores bióticos y abióticos en líneas avanzadas de origen andino y mesoamericano con valor comercial. A su vez, este subproyecto se divide en sub-subproyectos, como sigue:

3.1 Diversificación de fuentes de resistencia explotando la diversidad de la colección núcleo (Core).

3.2 Ampliación de la base genética del frijol y estudio de la diversidad del patógeno de la mancha angular en América Central.

3.3 Incorporación de resistencia al virus del mosaico severo en variedades mejoradas del PROFRIJOL.

3.3.1 Marcadores moleculares para selección de genes de resistencia al virus del mosaico dorado del frijol.

4. La mosca blanca como vector del virus del frijol en Centroamérica, México y el Caribe.

Digitized by Google

Actividades Administrativas

1. Carta de entendimiento: En febrero de 1990 (PROFRIJOL-CE, 1990) en San José, Costa Rica se inició la revisión de una carta de entendimiento con la cual se perseguía asegurar un reconocimiento formal por parte de las Instituciones Nacionales, del recibo de fondos y responsabilidad por parte de las mismas y de los técnicos involucrados hacia los objetivos del subproyecto. En ese mismo año se implementó la misma.
2. Convenio tripartito: En febrero de 1993, en la República Dominicana se inició el análisis del borrador del convenio tripartito COSUDE-CIAT-PROFRIJOL (PROFRIJOL-CE, 1993). El 28 de marzo de 1993 se realizó la firma del convenio tripartito en la ciudad de Guatemala (PROFRIJOL, 1993) el cual sancionará una nueva etapa en el desarrollo del PROFRIJOL.
3. Reglamento interno: En septiembre de 1989 (PROFRIJOL, 1989) PROFRIJOL publicó el primer documento formal relacionado con el reglamento interno de la red. Posteriormente en marzo de 1993 (PROFRIJOL, 1993) se publica una segunda versión de dicho reglamento. En noviembre de 1995 (PROFRIJOL, 1995) se publica el reglamento que regirá la fase 1996-1999, el cual constituye la última versión y que rige legalmente las actividades internas del PROFRIJOL.

Proyectos Regionales de Investigación

Durante la primera reunión de la AC en marzo de 1987 (PROFRIJOL, 1989), se asignaron fondos regionales a los programas nacionales para los subproyectos de investigación. Para la fase 1987-1989 se realizaron 4 proyectos: mustia, apión, precocidad y bacteriosis.

Para 1992 (PROFRIJOL, 1992) la red contemplaba la realización de diez proyectos: mustia hilachosa, apión, bacteriosis, FBN, antracnosis, mosaico dorado, labranza cero, cobertura vegetal, calidad para consumo, PASF. Para 1993 (PROFRIJOL, 1993) se realizaron 11 proyectos como sigue: antracnosis, bacteriosis, FBN, mosaico dorado, proyecto especial para Haití, mustia, apión, PASF, labranza cero, coberturas vegetales y calidad para consumo.

Para la fase 1996-99 se tienen los siguientes proyectos (PROFRIJOL, 1996):

1. Mejoramiento genético de frijol Mesoamericano.
   1.1 Grano negro
   1.2 Grano rojo
   1.3 Tolerancia a estrés abiótico (negro y rojo)
2. Mejoramiento genético de frijol Andino
   2.1 Desarrollo de líneas y variedad con resistencia a limitantes bióticas.
3. Ampliación de la base genética del frijol y estudios de la diversidad de patógenos.
   3.1 Identificación de nuevas fuentes de resistencia
   3.2 Caracterización de la diversidad patógenica.
   3.3 Apoyo a los programas de mejoramiento.
4. Desarrollo del cultivo del frijol en sistemas de producción sostenible.
   4.1 Manejo integrado del cultivo y plagas.
   4.2 Manejo y conservación de suelos de baja fertilidad.

Digitized by Google

4.3 Producción artesanal de semillas.
4.4 Validación.
5. Estudios Socioeconómicos.
5.1 Estudios ex-ante.
5.2 Estudios ex-post.
5.3 Casos y talleres.

Investigación Agronómica (PROFRIJOL, 1989)

Varios programas nacionales ponen el énfasis de sus investigaciones agronómicas en los aspectos de manejo de fertilidad, densidad de siembra, control de malezas y control fitosanitario. Una de las áreas más interesantes de investigación es el control integrado de las enfermedades que por lo general implica mínima labranza. Se han hecho esfuerzos tanto en las áreas mencionadas como en FBN, manejo de conservación en suelo y agua, labranza cero y coberturas vegetales con resultados que aún necesitan ser confirmados y validados.

Evaluación Externa

Del 13 al 24 de julio de 1992 se realizó la evaluación externa del PROFRIJOL. En el duodécimo año de su existencia y al terminar la cuarta fase de su financiamiento, las autoridades del PROFRIJOL, la agencia ejecutora CIAT y la agencia financiadora COSUDE se pusieron de acuerdo para revisar conjuntamente el programa y discutir opciones y modalidades de su continuación (PROFRIJOL, 1992).

Como conclusiones generales se tienen: A) La Comisión Evaluadora llega a la conclusión que el desempeño general del PROFRIJOL ha sido bueno y, B) PROFRIJOL logro estimular actividades adecuadas en los programas nacionales integrantes que contribuyen a mejorar la producción de frijol en los países. Sin embargo, recomiendan para la siguiente fase cuantificar y registrar las pérdidas ocasionadas por los problemas del cultivo incrementar estudios agronómicos con participación de los productores desde su planeación, extender a nivel regional trabajos agroecológicos y adoptar los mecanismos de autoevaluación que propone en el "PPO" la matriz de indicadores para el monitoreo y la verificación del progreso en la obtención de los resultados planeados.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Fortalezas

Se reconocen las siguientes fortalezas para el PROFRIJOL:
- Integración Regional
- Intercambio de germoplasma e información
- Intercambio científico
- Variedades ecorregionales (DOR 364, DOR 482, DOR 448, DOR 390)
- Sostenibilidad de la producción a nivel regional
- Sobrevivencia de PNIA's a nivel regional

Digitized by Google

Debilidades

Asimismo también es necesario reconocer las debilidades para el programa siguientes:

Internas:

- Depender de un sólo donante
- Comunicación poco intensa
- Desfases en la asignación de fondos
- Mecanismos de presentación de resultados anuales
- Programación de asignación de equipo
- Consideración de la no congruencia del año agrícola con el año fiscal.

Externas

- Políticas gubernamentales: Reestructuración de instituciones, inestabilidad laboral, falta de incentivos, etc.
- La investigación de granos básicos no es prioritaria en la medida deseable.

REFERENCIAS

Busquets, E. 1989. Informe del Taller de Planificación del Programa Cooperativo Regional de PROFRIJOL. La Habana, Cuba, 30 Mayo - 2 Junio y San José, Costa Rica, 13-15 Julio. 51 pp.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. Vivero Centroamericano de Adaptación y Rendimiento VICAR 1981-1982.

CIAT - Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe PROFRIJOL. 1987. Taller de Mejoradores del Frijol. San José, Costa Rica, 15-16 de enero.

CIAT. 1989. Taller Regional para el Mejoramiento del Frijol. Jutiapa, Guatemala, Julio 4-28, 188 pp.

CIAT. 1993. Logros de la red del frijol en América Central y el Caribe. 1978-1993. 17 pp.

Orozco, S.H. (ed). 1992. Hojas de PROFRIJOL. No.1, 10 pp.

Orozco, S.H. 1991. PROFRIJOL: Actividades por Resultados PPO. 17 pp.

Orozco, S.H. 1995. Evaluación del Proyecto SISTEVER. PROFRIJOL, 48 pp.

Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe,(PROFRIJOL) - Comité Ejecutivo CE. 1988. Reunión del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No.1, San José, Costa Rica, 25 de marzo, 2 pp.

PROFRIJOL. 1988. Reunión del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No.2, Guatemala, Guatemala, 4 de octubre, 4 pp.

PROFRIJOL. 1989. Reunión extraordinaria del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No.5, La Habana, Cuba, 3 de junio, 6 pp.

PROFRIJOL. 1989. 1. Reglamento Interno del PROFRIJOL. 2. Normas y Procedimiento para la Preparación y Aprobación de Informes y para la Evaluación de Proyectos del PROFRIJOL. San José, Costa Rica, 9 pp.

PROFRIJOL. 1989. Logros del PROFRIJOL. 48 pp.

Digitized by Google

PROFRIJOL. 1990. Reunión Ordinaria del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No. 8, San José, Costa ica, 24-26 de julio, 34 pp.

PROFRIJOL. 1990. Reunión Ordinaria del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No. 7, San José Costa Rica 7-8 de febrero, 31 pp.

PROFRIJOL. 1992. Plan Quinquenal 1993-1997. 60 pp.

PROFRIJOL-CIAT. 1992. Un Aparato de Capacitación en Tecnología de Producción de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe. Mimeografiado. 3 pp.

PROFRIJOL. 1992. Reunión Asamblea de Coordinación Anual del PROFRIJOL. Managua, Nicaragua, 21-22 de marzo. 108p.

PROFRIJOL. 1992. Informe de Evaluación externa. 13-24 de julio. 73 pp.

PROFRIJOL- Comité Ejecutivo (CE). 1993. Reunión Ordinaria del Comité Ejecutivo del PROFRIJOL, Acta No. 14, República Dominicana, 22 de febrero, 11 pp.

PROFRIJOL. 1993. VIII Reunión Asamblea Ordinaria de Coordinación. Guatemala, Guatemala, 28 de marzo, 72 pp.

PROFRIJOL. 1993. Reglamento Interno Administrativo y Financiero del PROFRIJOL. Mimeografiado. 14 pp.

PROFRIJOL. 1993. Proyectos Regionales de Investigación. Informes Anuales Período Abril 1992-Marzo 1993. 321 pp.

PROFRIJOL. 1995. Plan Operativo de Fase POF 1996-1999. Diciembre, 1995. 52 pp.

PROFRIJOL. 1995. Reunión Extraordinaria de Asamblea de coordinación. San José, Costa Rica, 6-8 Noviembre, 42 pp.

PROFRIJOL. 1996. XI Reunión Anual Ordinaria y Asamblea de Coordinación. San Salvador, El Salvador, 14-16 de marzo, 87 pp.

Saladin, F. (ed). 1995. Hojas de PROFRIJOL. No.3, 8 pp.



Digitized by Google

5
0 9 FEB. 1998

Desarrollo de la Red Nacional de Leguminosas en Colombia

Oscar Eduardo Checa Coral
CORPOICA, Pasto, Colombia

RESUMEN

El mandato institucional de la dirección ejecutiva de CORPOICA de crear las redes por producto y las recomendaciones de la misión evaluadora de PROFRIZA de formar una Red Nacional de Leguminosas en cada uno de los países miembros de este proyecto crearon el escenario para que CORPOICA y CIAT unieran sus esfuerzos y convocaran a las entidades interesadas a una reunión para la creación de la RED NACIONAL DE LEGUMINOSAS COMESTIBLES EN COLOMBIA. Dentro de las leguminosas comestibles se priorizaron las especies frijol y arveja como las de mayor interés en el país. De estas especies el 70% de los esfuerzos y recursos se dedicarán al frijol y el 30% restante a arveja. Otras especies como haba, lenteja, garbanzo y habichuela se consideran de interés local. El objetivo general busca crear a nivel nacional la RED de leguminosas comestibles orientada a facilitar el intercambio de información tecnológica, la discusión científica y la acción conjunta de los investigadores. Las entidades participantes fueron CORPOICA, CIAT, FENALCE, IPAGRO, Cooperativa de semilla de Villanueva, Universidad de Nariño, Universidad Nacional, Missisipi State University, Ministerio de Agricultura, Secretaría de Agricultura del Valle y Cenicafé. Las entidades antes mencionadas manifestaron sus aportes y las expectativas que tienen con esta nueva red. El ánalisis de la problemática permitió elaborar unas matrices de planificación para la investigación de los próximos 3 años, las cuales contemplan tópicos relacionados con mejoramiento genético, manejo integrado de plagas, manejo agronómico, producción de semillas, transferencia de tecnología, poscosecha y comercialización. Dichas matrices se presentaron a PROFRIZA para que se tuvieran en cuenta en la próxima fase de este proyecto, con el fin de conseguir los recursos para su ejecución.

En Colombia se cultivan diferentes especies de leguminosas comestibles entre las cuales se encuentran frijol, arveja, haba y habichuela.

De estas leguminosas el frijol es la de mayor importancia, encontrándose desde los climas cálidos hasta los climas fríos. El área sembrada en los últimos años en promedio alcanzó las 131,000 hectáreas ubicadas especialmente en los departamentos de Antioquia, Nariño, Huila, Cundinamarca, Santander, Valle del Cauca y Tolima, los cuales aportan más del 85% de la producción nacional. Se estima que el 93% de los cultivos están ubicados en la zona Andina, el 5,6% en Valles interandinos y el 1,4% en la región Caribe, en donde se siembran los frijoles del genero *Vigna*.

La distribución del área sembrada, teniendo en cuenta el habito de crecimiento, corresponde al 65% para el frijol voluble y 35% para el frijol arbustivo (Ríos, Tobón).

Aun cuando se han entregado variedades mejoradas, predominan las variedades criollas con diferente tipos de grano en cuanto a forma y color, además, estas variedades (regionales son susceptibles) a enfermedades como antracnosis, mancha angular, oidium, amarillamiento por *Fusarium oxysporum*. De igual forma existen zonas del país con serios problemas de plagas como mosca blanca y pasador de vainas.

Por otra parte las excesivas labores de preparación de suelos en zonas de ladera en donde se cultiva el frijol a través del tiempo, han ocasionado su degradación, disminuyendo su capacidad productiva, especialmente en el sur del país.

Digitized by Google

La necesidad de los agricultores de reducir la incidencia de plagas y enfermedades y el desconocimiento del uso apropiado de los agroquímicos, unido a la agresiva promoción de los mismos, ha llevado a los productores de frijol a realizar un uso indiscriminado de plaguicidas, produciendo como consecuencia el incremento de costos de producción, la destrucción de los enemigos naturales de las plagas y el deterioro ambiental.

En el cultivo de arveja los principales problemas se relacionan con las enfermedades, como el amarillamiento causado por el hongo *Fusarium oxysporum*, y las manchas foliares como ascochyta y antracnosis. Por otra parte las variedades utilizadas son en un 90% regionales, las cuales presentan susceptibilidad a las enfermedades antes mencionadas, deficiente calidad de grano para consumo en seco y poca duración en mostrador para consumo en grano fresco. Además estas variedades son tardías.

Otras especies de menor importancia son el haba y la habichuela, las cuales se han considerado de interés local para algunas regiones específicas. De igual forma se ha hecho la misma consideración para las especies lenteja y garbanzo, con las que se buscan nuevas alternativas de producción en zonas de reconversión triguera y cebadera.

En Colombia, existen diferentes entidades oficiales, privadas, regionales, nacionales e internacionales, que orientan su trabajo a la búsqueda de soluciones a la problemática de las leguminosas, no obstante sus esfuerzos son individuales, lo cual dificulta seriamente el logro de resultados satisfactorios en el corto plazo.

Además, la falta de coordinación entre las diferentes entidades y en ocasiones dentro de las entidades, pueden conducir a la duplicación de trabajos haciendo menos eficiente el uso de recursos. Así mismo, algunos proyectos requieren el apoyo técnico y científico el cual es mas fácil de alcanzar cuando se trace un trabajo coordinado entre distintas instituciones. En algunos casos existen problemas que no pueden ser resueltos sin el concurso de personal especializado que pueda asesorar los proyectos a través de los cuales se bate en encontrar la solución apropiada.

Teniendo en cuenta la importancia del cultivo del frijol, y los argumentos antes mencionados, se incluyó como la principal especie en la red nacional de leguminosas, a la cual se le dedicaran el 70% de los esfuerzos y recursos. El 30% restantes se dirigirán a resolver la problemática del cultivo de arveja.

OBJETIVOS DE LA RED DE LEGUMINOSAS DE COLOMBIA

Objetivo General

Facilitar el intercambio de informaciones tecnológicas, la discusión científica y la acción conjunto de los investigadores.

Objetivos Específicos

1. Unificar criterios, lenguaje y métodos de investigación y transferencia de tecnología.
2. Promover el intercambio entre los investigadores dedicados a las leguminosas (frijol y arveja).
3. Fortalecer el conocimiento en tomo a las leguminosas y sus problemas.

Digitized by Google

4. Intercambiar información entre diversas instancias de investigación y realizar acciones conjuntas que permitan mejorar la eficiencia de los resultados obtenidos.
5. Planificar la investigación en leguminosas comestibles y confrontar las propuestas tecnológicas para estas especies en Colombia.

ANTECEDENTES Y CRITERIOS PARA LA FORMACION DE LA RED DE LEGUMINOSAS EN COLOMBIA

Los antecedentes que motivan la formación de la Red Nacional de Leguminosas pueden observarse a dos niveles: CORPOICA y PROFRIZA.

Antecedentes CORPOICA

La reestructuración del ICA y la creación de CORPOICA llevaron a la eliminación de los programas por especie y disciplina. La investigación se organizó en Programas Agrícolas y Programas Pecuarios dentro de los cuales se estableció una estructura multidisciplinaria buscando mayor eficiencia. Este modelo de investigación permite buscar además la interacción entre la oferta y demanda tecnológica tratando de aumentar la capacidad de respuesta a los problemas tecnológicos. No obstante, el modelo no consigue organizar la oferta tecnológica ni generar dinámica científica de intercambio de información por producto.

Por otra parte, el nuevo esquema regional en el cual se incluye el grupo regional agrícola es más ágil y eficiente en el uso de recursos humanos y financieros, pero tiene dificultades para identificar usuarios y entidades y para evitar la duplicidad de trabajos. La descentralización entre regiones impide compartir la información generada. Por lo tanto CORPOICA ha considerado necesaria la creación de redes por producto y para la selección de los productos, es necesario que éstos cumplan con las siguientes características:

- Inicialmente se deben escoger los productos de mayor importancia para el país y para las regionales participantes en las redes.
- Los productos escogidos deben tener interlocutores externos de importancia, tales como gremios, asociaciones de usuarios incluyendo organizaciones internacionales.
- Los productos deberán manejarse dentro del esquema de sistema de producción.
- Se requieren de 3 o más regionales para conformar la red por producto.

Las leguminosas cumplen con los anteriores puntos, pues tiene interlocutores externos a nivel nacional como FENALCE, que representa a gremios, algunas empresas productoras de semillas, las Universidades y el CIAT como institución internacional. Adicionalmente, hay interés para desarrollar trabajos en red, inicialmente en las regionales 4, 5, 6 y 7 de CORPOICA.

Digitized by Google

Antecedentes PROFRIZA

El proyecto de frijol de la Zona Andina, PROFRIZA, ha cumplido 8 años de trabajo, con excelentes resultados, de acuerdo con la evaluación de la misión evaluadora.

Sin embargo, se considera que los países que hacen parte del proyecto, poco a poco deben asumir la responsabilidad de la financiación y manejo de la investigación en leguminosas.

Se considera que este objetivo puede lograrse progresivamente. No obstante existe la necesidad de que CONSUDE financie una cuarta fase de PROFRIZA, que permita continuar los trabajos de investigación y transferencia de tecnología iniciados y en proceso provenientes de las fases anteriores para cumplir con las metas que PROFRIZA ha fijado.

La misión evaluadora de PROFRIZA en la reunión del Comité Consultilvo de PROFRIZA recomendó la creación de la red de leguminosas en cada país, la cual deberá ser liderada por los Programas Nacionales de Leguminosas y deberá convocar a otras instituciones como gremios, universidades, entidades de gobierno, etc.

La empresa privada deberá verse como un cooperador y no como un competidor. Dentro de una red es muy importante la colaboración con países vecinos, el intercambio y la formación de lideres.

ENTIDADES PARTICIPANTES

En la creación de la Red Nacional de Leguminosas de Colombia participaron diferentes entidades oficiales y privadas, nacionales e internacionales, que manifestaron su interés de vinculación, participación y apoyo a esta iniciativa.

Las entidades participantes fueron las siguientes.

Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias CORPOICA; Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT; Federación Nacional de Cultivadores de Cereales FENALCE; IPAGRO Cooperativa de Productores de Semilla de Villanueva; Universidad de Nariño; Universidad Nacional de Palmira; Mississipi State University; Ministerio de Agricultura Federación Nacional de Cafeteros; Secretaria de Agricultura del Valle.

APORTES Y EXPECTATIVAS DE LAS ENTIDADES PARTICIPANTES

CORPOICA

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, en las regionales 4, 5, 6 y 7, manifiesta la posibilidad de aportar a la Red de Leguminosas en aspectos relacionados con la planificación y ejecución de proyectos, este aporte incluye algunos recursos humanos y la infraestructura de los centros de investigación. Además, entre sus aportes puede incluirse la continuación de proyectos y la oferta de posibilidades de capacitación. Finalmente, CORPOICA asume el liderazgo de la Red.

Las expectativas de CORPOICA se relacionan con suplir las necesidades de capacitación en investigación en leguminosas. Se espera que la Red evite la duplicación de trabajos e incentivos su complementación.

Digitized by Google

Por otra parte, es necesario fortalecer los lazos internacionales. Además CORPOICA espera a través de la Red, conseguir recursos humanos y económicos para continuar la investigación.

CIAT

Los aportes de CIAT a la Red, están relacionados con la oferta de germoplasma, fuentes de resistencia a factores bióticos, estudio de variabilidad patológica, viveros para pruebas regionales y de confirmación, estrategia MIP, diseño de estudios socioeconómicos, capacitación en investigación participativa en entomología, mejoramiento y patología. Además CIAT está en la posibilidad de aportar sus recursos humanos, científicos, ingenieros agrónomos y en general asistentes.

Las expectativas de CIAT con la Red apuntan a esperar que la RED tenga un centro de liderazgo y/o coordinación. Así mismo se espera que la Red Nacional se vincule con PROFRIZA y se desarrollen proyectos colaborativos con otras entidades. Se requiere que la Red cuente con su propio equipo de capacitación.

FENALCE

Fenalce se vincula a la RED de leguminosas con tres 3 investigadores y 12 transferidores. Además considera la posibilidad de aportar recursos económicos. De igual forma FENALCE manifestó su interés en aportar en aspectos de producción de semillas, estudios de comercialización, capacitación y transferencia.

Las expectativas de FENALCE hacen referencia a la obtención a través de la RED de variedades de frijoles arbustivos rojos con maduración uniforme. Además esperan obtener capacitación en investigación y transferencias.

UNIVERSIDADES

Las Universidades Nacional y de Nariño, manifestaron su interés en aportar el concurso de docentes y estudiantes pare la ejecución de proyectos de investigación en leguminosas. Adicionalmente, la Universidad de Nariño está en capacidad de aportar algunos materiales de frijol y arveja.

Las expectativas de las Universidades giran alrededor de establecer programas de pasantías para estudiantes a través de la RED, capacitación en leguminosas y financiación de trabajos de investigación.

La Universidad de Mississipi State está en capacidad de apoyar técnicamente los programas de la Red relacionados con la producción de semillas en las leguminosas y espera que con la Red se fortalezca el sector semillas en las leguminosas.

CENICAFE

Los aportes de CENICAFE, se refieren al apoyo en la divulgación de resultados, pruebas de materiales (genotipos) puntos de venta para semillas. Adicionalmente CENICAFE ofrece la posibilidad de recibir estudiantes en pasantía.

Digitized by Google

Sus expectativas giran alrededor del intercambio permanente de información, fuentes de semilla certificada y estudios de adopción e impacto de la tecnología generada.

PRODUCTORES DE SEMILLAS

La Cooperativa de Semillas de Villanueva manifestó su interés en apoyar la Red de Leguminosas con un ingeniero agrónomo y un auxiliar, cuyo rol estaría dentro de los aspectos de comercialización. Además contempla la posibilidad de hacer aportes económicos en proyectos sobre semillas.

Las expectativas de la empresa productora se semillas, tienen que ver con la obtención de capacitación en procesos de selección de semillas y análisis de mercado.

ENTIDADES DEL ESTADO

El ministerio de agricultura consideró importante vincularse a la Red con la coofinanciación de proyectos y transferencia de tecnología. Entre sus expectativas se espera que con la Red de Leguminosas se fortalezca la investigación y que ésta llegue al productor.

La Secretaría de Agricultura del Valle pondrá a disposición de la Red la información estadística regional y centros operativos, como granjas y viveros. También propone vincularse a proyectos dentro de la Red, para lo cual está en capacidad de aportar recursos humanos para su ejecución.

Sus expectativas hacen referencia a la conformación de convenios de trabajo en diferentes entidades, la capacitación de sus funcionarios en leguminosas y el fortalecimiento de los bancos de proyectos.

APORTE DE LOS PROGRAMAS NACIONALES DE CORPOICA

Los programas nacionales de CORPOICA, recursos genéticos, MIP y MIAS, se refirieron a los trabajos que han llevado a cabo en leguminosas especialmente en frijol arveja y haba y los proyectos que se encuentran en ejecución. De igual manera manifestaron su voluntad de apoyo a la Red Nacional de Leguminosas para los trabajos de investigación que ameriten su concurso de acuerdo con la planificación que se estableció en la presente reunión.

En el caso del Programa MIP (manejo integrado de plagas), los aportes a la red de leguminosas se podrían enfocar hacia la investigación en los siguientes puntos: control biológico de fitopatógenos del suelo, en esta área se ofrecen proyectos para el manejo de *Fusarium y Rhizoctonia;* desarrollo de tecnologías para el control de mosca blanca en hortalizas y leguminosas; estudios para la producción masiva y formulación de hongos entomopatógenos y desarrollo de plaguicidas.

El aporte del Programa de Recursos Genéticos podría enfocarse en los siguientes puntos: prospección, colecta y mantenimiento de germoplasma; caracterización de germoplasma; conservación de germoplasma y enriquecimiento de la base genética.

En el caso del Programa MIAS (manejo integrado de aguas y suelos), su aporte se puede orientar dentro de las siguientes líneas de investigación: dinámica del agua; recuperación de suelo y agua; aspectos biológicos de fertilidad y riego en la producción de cultivos.

Digitized by Google

IDENTIFICACION DE NECESIDADES DE CAPACITACION

Con el paso del tiempo y como producto de los cambios sucedidos en las diferentes entidades interesadas en las leguminosas, gran parte de las personas que tienen la responsabilidad de hacer investigación en leguminosas en Colombia han cambiado y requieren de capacitación en la temática relacionada con los proyectos a su cargo para lograr resultados realmente importantes. En la Red Nacional de Leguminosas se tiene conciencia de esta necesidad y se espera poder ofrecer hacia el futuro, algunas opciones en este sentido. Para cumplir tal fin, la Unidad de Capacitación del CIAT entregó en la reunión un formulario que permite identificar las necesidades de capacitación de los participantes.

ELABORACION DE MATRICES DE PLANIFICACION

Como resultado de la reunión para la creación de la Red Nacional de Leguminosas, se elaboraron las matrices de planificación de investigación para los próximos tres años, las cuales se presentaron a PROFRIZA para que sean tenidas en cuenta en la próxima fase de este Proyecto Internacional para los años 1997 a 1999. Las matrices presentadas hacen referencia a los temas de mejoramiento genético, manejo integrado de plagas, manejo agronómico y producción de semillas, transferencia de tecnología, poscosecha. y comercialización.

CONCLUSIONES

1. Se ha creado la Red Nacional de Leguminosas en Colombia, con la participación de las siguientes entidades: CORPOICA, FENALCE, UNIVERSIDAD DE NARIÑO, UNIVERSIDAD NACIONAL, MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY, COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE SEMILLAS DE VILLANUEVA, IPAGRO, CENICAFE, SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL VALLE Y MINISTERIO DE AGRICULTURA.
2. Se han identificado los aportes y expectativas de los participantes en la Red Nacional de Leguminosas.
3. Se conocieron los problemas de las leguminosas en el país y los objetivos de los proyectos de investigación que existen actualmente en leguminosas.
4. Se proyectaron las necesidades de investigación en leguminosas comestibles para los próximos 3 años, las cuales se presentarán a PROFRIZA para que se tengan en cuenta en la próxima fase de este proyecto internacional:
5. Se ha logrado el intercambio entre investigadores de leguminosas en Colombia.

Digitized by Google

Digitized by Google

LISTA DE PARTICIPANTES

ARGENTINA

Oscar Nicéforo Vizgarra
Estación Experimental Agroindustrial
Obispo Colombres, E.E.A.O.C.
C.C. No.9-4101
Las Talitas
Tucumán, Argentina
Tel. (54-81) 276561
Fax. (54-81) 276404

Viviana Failde de Calvo
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria
INTA
Estación Experimental Agropecuaria Salta
Casilla de Correos 228
4400 Salta, Argentina
Tel. (54-87) 902081 / 87 - 902224
Fax. (54-87) 902214
E-Mail. ESalta@inta.gov.ar

Susana García Medina
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria
INTA
Estación Experimental Agropecuaria Salta
Casilla de Correos 228
4400 Salta, Argentina
Tel. (54-87) 902081 / 87 - 902224
Fax. (54-87) 902214
E-Mail. ESalta@inta.gov.ar

José Raul Ricci
Criadero "Cultivares" (José R. Olmedo)
Ruta Nacional 34 - Km. 1426
4190 Rosario de la Frontera
Salta, Argentina
Tel. (54-87) 681622 - 681621
Fax. (54-87) 681622

BOLIVIA

Tito Anzoátegui López
Instituto de Investigaciones Agrícolas
"El Vallecito"
Universidad Autónoma "Gabriel René
Moreno"
U.A.G.R.M.
Casilla No.702
Km. 7 1/2 Carretera al Norte
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
Tel. (591-3) 342317 - 422130
Fax. (591-3) 422130

BRASIL

Sergio Augusto M. Carbonell
Instituto Agronómico de Campinas, IAC
Av. Barao de Itapura 1481
Caixa Postal 28
CEP 13.001-970
Campinas, Sao Paulo, Brasil
Tel. (55-019) 2415188 Ramal 368
Fax. (55-019) 2314943

Irajá Ferreira Antunes
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
Centro de Pesquisa Agropecuaria de Clima
Temperado EMBRAPA/CPACT
Caixa Postal 403
CEP 96001-970
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil
Tel. (55-532) 758440
Fax. (55-532) 758412
E-Mail. irajafa@sede.embrapa.br
infant@minerva.ufpel.tche.br

Digitized by Google

Antonio Felix da Costa
Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
IPA
Av. Gal San Martín, 1371 - Bonji
Caixa Postal 1022
CEP 50761-000
Recife, Pernambuco, Brasil
Tel. (55-81) 4452200 / 4453038
Fax. (55-81) 4453038
E-Mail. felix@lamepe.ipa.br

María José del Peloso
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijao
EMBRAPA/CNPAF
Caixa Posal 179
CEP 74.001-970
Goiânia, Goiás, Brasil
Tel. (55-62) 2121999 Ramal 156
Fax. (55-62) 2122960
E-Mail. mjpeloso@cnpaf.embrapa.br

Pedro Antonio Arraes Pereira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijao
EMBRAPA/CNPAF
Caixa Posal 179
CEP 74.001-970
Goiânia, Goiás, Brasil
Tel. (55-62) 2121999
Fax. (55-62) 2122960
E-Mail. arraes@cnpaf.embrapa.br

Michael Thung
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijao
EMBRAPA/CNPAF/CIAT
Caixa Posal 179
CEP 74.001-970
Goiânia, Goiás, Brasil
Tel. (55-62) 2121999 Ramal 180
Fax. (55-62) 2153831

CANADA

Albert Vandenberg
Crop Development Centre, CDC
University of Saskatchewan, U. of S.
51 Campus Drive
S7N 5 A 8
Saskatoon, Saskatchewan, Canada
Tel. (1-306) 9668786
Fax, (1-306) 9665015
E-Mail. vandenberg@sask,usask.ca

COLOMBIA

Oscar Eduardo Checa Coral
CORPOICA- C.I. Obonuco
Apartado Aéreo 339
Pasto, Nariño, Colombia
Tel. (927) 233532
Fax. (927) 235324

COSTA RICA

Rodolfo Araya Villalobos
Universidad de Costa Rica, UCR
Estación Experimental Fabio Baudrit M.
Apartado Postal 183-4050
Alajuela, Costa Rica
Tel. (506) 433-9111 / 433-8525
Fax. (506) 433-9086

Digitized by Google

CUBA

Benito Faure Alvarez
Instituto de Investigación Hortícola
"Liliana Dimitrova" I.I.H.L.D.
Ave. 23 #3616 entre 36 y 40
San Antonio de los Baños
La Habana, Cuba
Tel. (53-8) 2600
Fax. (53-7) 33-5086

ECUADOR

Luis Eduardo Minchala
Instituto Nacional Autónomo de
Investigaciones Agropecuarias, INIAP
Estación Experimental Chuquinata
Apartado 01-01-554
Km. 19 Panamericana Norte
Cuenca, Ecuador
Tel. (593-2) 243299 / 243399
Fax. (593-2) 243299

Angel Rubén Murillo Ilbay
Instituto Nacional Autónomo de
Investigaciones Agropecuarias, INIAP
Km. 14 Panamerican Sur
Casilla 17-01-340
Quito, Ecuador
Tel. (593-2) 690-691 / 692 / 693
Fax, (593-2) 690-991

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

Mark Brick
Department of Soil and Crop Sciences
Colorado State University
Fort Collins, Colorado 80524-1170
Estados Unidos de América
Tel. (1-970) 491-6551
Fax. (1-970) 491-0564
E-Mail. mbrick@lamar.colostate.edu

James D. Kelly
Professor
Department of Crop and Soil Sciences
Michigan State University
Plant and Soil Sciences Building
East Lansing, Michigan 48824-1325
Estados Unidos de América
Tel. (1-517) 355-0205
Fax. (1-517) 353-3955
E-Mail. kellyj@pilot.msm.edu

James S. Beaver
Departamento de Agronomía y Suelos
Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
P.O. Box 5571, College Station
Mayagüez, Puerto Rico, 00681-5000
Estados Unidos de América
Tel. (1-809) 2650220
Fax. (1-809) 2650220
E-Mail. J_Beaver@rumac.upr.clu.edu

GUATEMALA

Rafael Raul Rodríguez C.
Instituto de Ciencia y Teconología Agrícolas
ICTA
Km. 21.5 Carretera hacia Amatitlán, Bárcenas
Apartado Postal 231 "A"
Guatemala, Guatemala
Tel. (502-2) 6312009 / 6312003 Ext. 743
Fax. (502-2) 6312002
E-Mail. icta@micro.com.gt

Rogelio Lépiz
Coordinador Regional
PROFRIJOL
1a. Avenida 8-00, Zona 15
Apartado 231 "A"
Guatemala, Guatemala
Tel. (502) 3316304
Fax. (502) 3316304
E-Mail. iicagt@uvalle.edu.gt

Digitized by Google

HONDURAS

Federico Rodríguez
Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria
Secretaría de Recursos Naturales
DICTA - SRN
Apartado Postal 3050
Tegucigalpa, Honduras
Tel. (504) 720412 / 720390
Tel. Res. (504) 254671
Fax. (504) 720389

MEXICO

Jorge Alberto Acosta Gallegos
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
Km. 38.5 Carr. México-Veracruz Vía Texcoco, (Detrás UACH)
Apartado Postal 10
56230 Chapingo, México
Tel. (52-595) 42905 / 42499 / 42877
Fax. (52-595) 46528
E-Mail. Mkhairallah@Cimmyt.mx (Attention J. Acosta)

Samuel Nuñez González
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
Km. 8 Carretera Tepatitlán-Lagos
Apartado Postal 56
47600 Tepatitlán, Jalisco, México
Tl. (52-378) 25503
Fax. (52-91) 25503
E-Mail. chavezr@cirpac.inifap.conacyt.mx

Ramón García Garza
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
Apartado Postal 10
56230 Chapingo, México
Tel. (52-595) 42877 / 42499
Fax. (52-595) 46528

Francisco J. Ibarra-Pérez
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP
Campo Experimental "Valle del Guadiana"
Km. 4.5 Carretera Durango-Mezquital
Apartado Postal 186
Durango, México
Tel. (52-18) 121133 / 121155
Fax. (52-18) 121155
E-Mail. cevag@omanet.com.mx

Porfirio Ramírez Vallejo
Instituto de Recursos Genéticos y Productividad
Colegio de Postgraduados, CP
1"Cerrada Emiliano Zapata #22
Texcoco, México
Tel. (52-595) 10230 / 46652
Fax. (52-595) 10230 / 46652
E-Mail. ramirez@colpos.colpos.mx

PANAMA

Edwin Lorenzo
Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá
IDIAP
Apartado 958
David, Chiriquí, Panamá
Tel. (507) 7753186 / 7750293
Fax. (507) 7742607

PERU

Angel R. Valladolid
Comisión para la Promoción de las Exportaciones, PROMPEX
Estación Experimental Vista Florida
Km. 8 Chiclayo - Ferreñafe
Apartado Postal 116
Chiclayo, Perú
Tel. (51-74) 231521
Fax. (51-74) 231521/ (51-1) 2215533
E-Mail. avalladolid@fundperu.org.pe

Digitized by Google

CIAT

Steve Beebe
César Cajiao
Alfredo Caldas
César Cardona
Linda K. Cepeda
María Isabel Chacón
María Eugenia Cobo
María Luisa Cortés
Daniel Debouck
Patricia Fajardo
Alma Viviana González
Carlos Jara
Julia Kornegay
Fritz Kramer
Germán Llano
Nelson Martínez
Jorge E. Méndez
Francisco Morales
Karl Mueller-Sämann
Fernando Muñoz
Carlos Germán Muñoz
César Otero
Marcial Pastor-Corrales
Fabio Pedraza
Carmen Elisa Posso
Jerome Ribet
William Roca
David Salgado
Shree Singh
Juan Carlos Takegami
Henry Terán
Oswaldo Voysest

Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia
Tel. (57-2) 4450000
Fax. (57-2) 4450073
E-Mail. ciatgral@cgnet.com

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

CIAT LIBRARY
100012224

Digitized by Google