

Serie FS - 5
Septiembre, 1975



CIAT - Col.
000172

Programa de sistemas de producción de fríjol



44899

5675

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado Aéreo 67-13. Cali, Colombia, S.A.
Cables: CINATROP

El texto de este documento fue preparado por el personal del Programa de Sistemas de Producción de Fríjol del CIAT, con la colaboración de su Comité Asesor y el respaldo del Comité de Programas de la Junta Directiva del CIAT.

PETER H. GRAHAM
Coordinador del Programa

Personal del Programa de Sistemas de Producción de Fríjol del CIAT

(Enero de 1975)

Per Pinstrup-Andersen
Robert Burns Rangel
Charles A. Francis
Guillermo Gálvez
Peter H. Graham
Guillermo Hernández-Bravo
Reinhardt Howeler
Douglas Laing
Aart van Schoonhoven
Steven R. Temple

Economista
Especialista en Germoplasma
Agrónomo
Fitopatólogo
Microbiólogo
Genetista
Pedólogo
Fisiólogo
Entomólogo
Genetista

G. Alvarez
H. Arjona
H. Castaño
J. Galindo
L. A. Gómez

C. González
R. Hidalgo
M. Infante
N. R. de Londoño
C. Medina

V. M. Morales
J. Piedrahíta
A. Ramírez
E. San Martín
S. Zuluaga

I. INTRODUCCION

El fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un componente importante de la dieta humana en América Latina, donde se produce el 35 por ciento de la producción mundial. El fríjol es una fuente especialmente importante de proteínas en la dieta de las familias de ingresos medios y bajos, que no pueden comprar o producir proteína animal. El centro de origen del fríjol se encuentra en América Latina (Miranda, 1967 y Hendrich, 1969).

Los rendimientos de las leguminosas de grano cosmetible, especialmente los de fríjol, varían considerablemente. En algunos experimentos se han registrado rendimientos de fríjol hasta de 5.000 kg/ha*. En ensayos varietales replicados, establecidos en la Estación Experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), cerca a Palmira, Colombia, es usual obtener rendimientos de aproximadamente 3.000 kg/ha. Los rendimientos de las fincas son generalmente más bajos y fluctúan desde 200 hasta 2.800 kg/ha. El nivel de productividad es más alto en los países desarrollados y en las áreas en las que se pueden utilizar insumos tecnológicos y tiende a disminuir en las laderas de las cordilleras. El rendimiento promedio de América Latina fue del orden de 580 a 620 kg/ha durante el período 1952-1971 (Cuadro 1). En términos generales, los rendimientos y el índice de mejoramiento

Cuadro 1. *Diferencias en la producción de Phaseolus vulgaris de acuerdo con las zonas y las épocas de siembra, 1971.*

Zona	Area sembrada (1.000 ha)	Rendimiento (kg/ha)
América Latina	6.789	620
Chile	61	1.120
Brasil	3.750	650
Guatemala	161	400
Colombia (Valle), primer semestre	2,5	834
Colombia (Valle), segundo semestre	1,068	1.236
Colombia (Antioquia), primer semestre	6,7	567
Colombia (Antioquia), segundo semestre	11,75	572
Estados Unidos	549	1.360
Resto del Mundo	22.868	510

Fuentes: Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, FAO. Anuario de Producción, Roma, 1972. Orozco, 1974 (comunicación personal).

* A. M. Pinchinat (Comunicación personal).

de los rendimientos de fríjol son mucho más bajos que los de los cereales. Por ejemplo, los rendimientos mundiales de arroz han aumentado en un 40 por ciento hasta 2.280 kg/ha. durante los últimos 20 años (Manual de Producción de la FAO, 1973).

Roberts (1967), al revisar los rendimientos de las leguminosas de grano en el mundo, citó la falta de investigación pertinente como uno de los principales factores limitantes de los rendimientos. Después de estudiar el potencial de los programas nacionales y regionales de cereales, Roberts concluyó que con este tipo de programas no se podía obtener mayores rendimientos, por lo que sugirió diseñar programas integrados de investigación sobre leguminosas de grano que les servirían de respaldo a tales programas nacionales y se realizarían a través de los centros internacionales de investigación. Se propuso que el CIAT fuera el centro internacional que se ocupara de la investigación sobre el cultivo de fríjol. Aunque algunos miembros del personal habían trabajado anteriormente con *Phaseolus vulgaris*, el proyecto integrado de investigación de fríjol no se inició hasta el año fiscal 1972-1973. Este programa es uno de los dos programas de productos agropecuarios del CIAT que no se limita a las tierras bajas tropicales.

El Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) ha hecho responsable al CIAT de la investigación sobre producción de fríjol a nivel regional. Además, el CIAT es uno de los principales centros de germoplasma de fríjol. Recientemente, el Comité Técnico Asesor del Grupo Consultivo le solicitó desarrollar una red coordinada de investigación en toda América Latina.

Esta publicación describe varios aspectos de la producción de fríjol en América Latina. Busca identificar las áreas en las que se requiere mayor investigación o desarrollar actividades similares y a las que el Programa de Sistemas de Producción de Fríjol del CIAT podría contribuir beneficiándose todas las partes involucradas. Igualmente, se discuten los logros del programa realizados hasta la fecha y las actividades proyectadas hacia el futuro.

II. PROBLEMAS DE LA PRODUCCION DE FRIJOL EN AMERICA LATINA

La producción de fríjol en América Latina se lleva a cabo principalmente en propiedades pequeñas, generalmente, sobre terreno ondulado. En El Salvador, por ejemplo, más del 95 por ciento de la producción de fríjol se obtiene en fincas de menos de 5 hectáreas. En Panamá, el tamaño promedio de las fincas productoras de fríjol es de sólo 2,6 hectáreas. Generalmente, el fríjol trepador, de hábito de crecimiento indeterminado, se siembra con maíz. Los sistemas mecanizados y la mano de obra que no sean los de las mismas familias, son escasos; los insumos técnicos, tales como fertilizantes, herbicidas y pesticidas, son generalmente limitados (Gutiérrez *et al.*, 1975). Los pequeños agricultores también afrontan dificultades de mercado, restricciones de crédito y servicios de extensión deficientes. Tal vez, a estos motivos se deba el que la mayoría de los países estudiados por Pinchinat (1973) haya mencionado los factores socioeconómicos como una de las limitaciones principales de la producción.

No obstante, en Chile, Perú, Brasil, México y Colombia existen vastas áreas en las cuales los rendimientos y el uso de insumos tecnológicos ya han alcanzado prácticamente los que se registran en Estados Unidos. En estas áreas se cultivan frijoles arbustivos que reciben abundante cantidad de fertilizantes y herbicidas; la preparación de la tierra y la recolección son mecanizadas y, con frecuencia, se utiliza el riego. Este sistema de producción es el que ha sido más extensamente estudiado, especialmente en los Estados Unidos (ver los Informes Anuales Cooperativos sobre Mejoramiento de Frijol, 1962-1974). En cambio, es poco lo que se conoce sobre el sistema de producción asociada de maíz y frijol.

Entre las diferentes razones aducidas para explicar los rendimientos generalmente bajos de frijol en América Latina (Roberts, 1970; Hernández-Bravo, 1973; y Pinchinat, 1973), la más frecuente es la insuficiencia e inconsistencia del apoyo investigativo. Como se aprecia en el Cuadro 2, América Latina posee un número re-

Cuadro 2. *Distribución por campo de especialización de investigadores en frijol de 22 países latinoamericanos.*

Especialización	Número de científicos	Número de países	
		Con experiencia en su especialidad	Sin experiencia en su especialidad
Agronomía	65	16	6
Germoplasma	7	5	17
Control de malezas	—	—	22
Economía	4	3	19
Entomología	6	5	17
Fisiología	5	4	18
Patología	22	12	10
Fitomejoramiento	30	14	8
Pedología	12	8	14
Microbiología de suelos	2	1	21
Calidad de grano	5	5	17
Total	158		

Fuente: Pinchinat, A. M. *et al.*, 1973. Lista de investigadores en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en América Latina. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 39 p.

ducido de investigadores de frijol. La mayoría de los programas nacionales emplean fitomejoradores, agrónomos y patólogos, pero no sabemos con certeza si se trata de una necesidad nacional o si es simplemente el sistema educacional empleado en estas áreas. Pocos programas tienen entomólogos, economistas, fisiólogos, microbiólogos y especialistas en germoplasma y calidad de la semilla. Si bien es cierto que la financiación de este sinnúmero de disciplinas reviste serias dificultades para los programas nacionales pequeños, también es evidente, como se podrá observar en las secciones siguientes, la necesidad de contar con dichos científicos. Debe agregarse que la mayoría del personal que aparece en el Cuadro 2 trabaja con varios cultivos diferentes mientras que menos de la mitad posee la preparación científica apropiada.

El fitomejoramiento ha desempeñado y continuará desempeñando, un papel importante en el incremento de los rendimientos de frijol en América Latina. De los 13 programas nacionales investigados por Pinchinat (1973), 11 consideraron el mejoramiento varietal de un valor práctico definitivo durante el período 1969-1972. Vieira *et al.* (1971) comparó los resultados obtenidos en más de 20 localidades en Minas Gerais y Goias donde las variedades mejoradas, tales como Rico 23 y Rosinha da Seca, superaron en un 80 por ciento los rendimientos de las variedades locales.

A pesar de la importancia del mejoramiento varietal y dada la gran variabilidad genética del *Phaseolus vulgaris*, muy pocos programas nacionales cuentan con los recursos para mantener o conseguir germoplasma, lo cual redundaría en beneficio de los programas de fitomejoramiento. Por consiguiente, el banco de germoplasma del CIAT es la respuesta a las solicitudes nacionales de mantener germoplasma disponible, tal como se manifestó en el Seminario sobre El potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina, realizado en el CIAT en 1973 (ver las Actas de este Seminario). Las preferencias del consumidor, que varían de acuerdo con los países y las regiones, dificultan y limitan la transferencia de germoplasma, incluso de las variedades prometedoras (Scobie *et al.*, 1974).

También se debe tener en consideración la calidad de la semilla. Más del 50 por ciento de las enfermedades principales del frijol, entre las que están el mosaico común, la antracnosis, la mancha angular y el añublo bacterial, son transmitidas por la semilla (Zaumayer y Thomas, 1967). Bajo condiciones favorables, los materiales infectados pueden transmitir rápidamente las enfermedades. Ni siquiera esta amenaza ha logrado evitar que los pequeños agricultores continúen ayudando a transmitir las infecciones, sembrando semilla que les había sobrado de la cosecha anterior. (Gutiérrez *et al.*, 1975). A los pequeños agricultores les es prácticamente imposible obtener semilla certificada. La semilla certificada representa del 1 al 2 por ciento de la cantidad total sembrada (Terra-Wetzel *et al.*, 1971). Sánchez y Pinchinat (1974) compararon muestras de semillas de 77 fincas en Costa Rica y obtuvieron un índice promedio de germinación de sólo 68 por ciento, motivo por el cual los agricultores siembran más de un grano por hueco (Freytag, 1973).

Las enfermedades de las plantas son, probablemente, el principal factor limitante de los rendimientos de frijol en América Latina. Los participantes del seminario sobre frijol realizado en el CIAT en 1973 enumeraron la roya, el añublo bacterial, la pudrición radical y los virus del mosaico común y del mosaico dorado como las

enfermedades más importantes del fríjol. Gutiérrez *et al.* (1975), en su estudio sobre 12 países latinoamericanos productores de fríjol, encontró que las enfermedades más difundidas son la roya, el mosaico común, la antracnosis, la mancha foliar angular y el mildew polvoso. El Cuadro 3 muestra aquellos países en los que éstas y otras enfermedades se consideran importantes.

Gutiérrez *et al.* (1975) también enumera más de 70 insectos que limitan los rendimientos de fríjol en América Latina. Entre los grupos principales de insectos (ver Cuadro 4) *Empoasca sp.*, *Diabrotica sp.* y los gusanos cortadores sobresalen como las plagas más graves. Aunque este dato concuerda con las prioridades fijadas en el Seminario de Fríjol de 1973, los estudios recientes llevados a cabo en el campo por el personal del CIAT indican que muchos otros insectos (especialmente, los barrenadores de la vaina) pueden causar un daño significativo en localidades específicas. Un aspecto interesante, que obedece a los altos precios que se pagan actualmente por el fríjol, es que incluso los cultivadores de fríjol con escasos recursos económicos tienden a extenderse más de la cuenta*. Tal vez esto se deba a que muchos programas nacionales solamente hacen énfasis en un control químico de rutina relativamente simple (ver Costa y Rossetto, 1971).

Por lo general, los altos precios de los fertilizantes, especialmente de nitrógeno y de fósforo (Harry *et al.*, 1974), además de los desequilibrios del comercio internacional, han aumentado el precio de muchos insumos de las fincas perjudicando tanto a los agricultores grandes como a los pequeños. Dado el gran número de áreas de América Latina que presentan deficiencias en fósforo (Fassbender *et al.*, 1968 y Vieira y Bornemisza, 1968) o que tienen una gran capacidad de fijación de fósforo (Fassbender, 1969), puede afirmarse que los requerimientos altos de fósforo de las plantas de fríjol limitarán los rendimientos en muchas áreas. Además, siendo el nitrógeno tan importante para la nutrición de la planta de fríjol (Malavolta, 1971), no deja de ser preocupante que sólo muy pocas áreas hayan respondido a la inoculación de *P. vulgaris* (Brakel, 1966; Brakel y Manil, 1965; y Whiteway y Nduku, 1967). A la temperatura, al pH y al rhizobium nativo del suelo se les ha culpado por esta respuesta tan baja (Graham y Hubbell, 1975).

Los sistemas de siembra de fríjol varían considerablemente según el tipo de semilla y la región. Muchos agricultores no labran el suelo y prefieren utilizar el sistema de "corte y quema" descrito por Freytag (1973). Los sistemas de siembra pueden variar desde el voleo al azar hasta sistemas mecánicamente controlados.

El fríjol con hábito de crecimiento determinado (Tipo I), preferido para la siembra mecanizada, ha sido utilizado ampliamente en estudios de densidad de poblaciones (Guazzelli y Miyasaka, 1971), generalmente, con resultados poco económicos con densidades superiores a 200.000 plantas por hectárea. Las plantas no tre-

* Schoonhoven, A. (Comunicación personal).

Cuadro 3. *Enfermedades principales de Phaseolus vulgaris en América Latina y su importancia por país.*

	Brasil	Colombia	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Haití	Honduras	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	República Dominicana	Frecuencia por país
Mosaico común (CBMV)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12
Mosaico amarillo	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	4
Añublo común (<i>Xanthomonas</i>)	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	7
Roya (<i>Uromyces</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	11
Mustia hilachosa	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	5
Antracnosis (<i>Colletotrichum</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	10
Mancha angular	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	9
Mildeo polvoso (<i>Erysiphe</i>)	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	9

+ La enfermedad reviste gran importancia

- La enfermedad no es de gran importancia.

Fuente: Gutiérrez, U. *et al.*, 1975. Descripción de los principales aspectos del desarrollo del cultivo de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Boletín Técnico del CIAT (en preparación).

Cuadro 4. Principales plagas insectiles que atacan a *Phaseolus vulgaris* en América Latina y su importancia por país.

	Brasil	Colombia	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Haití	Honduras	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	República Dominicana	Frecuencia por país
Gusano cortador	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	7
Lorito verde (<i>Empoasca</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	11
Mosca blanca	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	4
Trozadores de las hojas (<i>Diabrotica</i> s)	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	10
Trozadores de las hojas (Gusanos)	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	4
Picudo de la vaina	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	3
Acaros (<i>Tetranychus</i>)	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	4
Insectos en el frijol almacenado (<i>Zabrotes</i>)	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	5

+ Plaga insectil de gran importancia

- Plaga insectil sin mayor importancia.

Fuente: Gutiérrez, U. *et al.*, 1975. Descripción de los Principales Aspectos del Desarrollo del Cultivo del Frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Boletín Técnico del CIAT (en preparación).

padoras con hábito de crecimiento indeterminado (Tipos II y III) ensayadas en el CIAT presentan, por lo general, rendimientos estables con densidades de 200.000 a 400.000 semillas por hectárea. La densidad óptima de siembra para los frijoles trepadores, ya sea en monocultivo o en cultivo asociado con maíz, todavía se desconoce, aunque para las siembras asociadas, muchos agricultores usan espaciamientos que resultan ser más apropiados para el maíz que para el frijol. El frijol y el maíz se pueden sembrar simultáneamente en cultivos asociados; no obstante, lo usual es sembrar el frijol después del maíz e incluso cuando el maíz ya se está secando. Las épocas de siembra del maíz y del frijol pueden deberse a las diferencias en los patrones de precipitación pluvial.

III. OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE FRIJOL DEL CIAT

El Programa de Frijol del CIAT tiene un solo objetivo principal: *incrementar el rendimiento y la productividad del frijol en América Latina*. Esperamos alcanzar este objetivo a través de los mejoramientos varietales y técnicas desarrolladas como parte de nuestro programa experimental, de adiestramiento y de apoyo de científicos latinoamericanos que trabajan en los programas nacionales y de la investigación cooperativa realizada tanto en los laboratorios de América Latina como de los países desarrollados. Dados los bajos rendimientos que normalmente se obtienen en la mayor parte de América Latina, confiamos en lograr aumentar el rendimiento hasta en un 4 por ciento por año. De alcanzar este objetivo, el rendimiento promedio del frijol en América Latina, para 1990, sería de más de 1.000 kg/ha.

A corto plazo, como se aprecia gráficamente en la Figura 1, es más factible progresar por medio del uso de tecnología que reduzca al máximo la variabilidad de los rendimientos. Entre estas prácticas se encuentran el uso apropiado de fungicidas, insecticidas y pesticidas; mejores sistemas de fertilización con fósforo y nitrógeno; una mejor comprensión de las deficiencias de microelementos; el suministro de mayor cantidad de semilla libre de patógenos o por lo menos, de semilla certificada, y la adopción de densidades óptimas de poblaciones. Durante este período, se lograrían mayores progresos con el frijol arbustivo cultivado bajo condiciones aceptables de campo.

A fin de mantener el ritmo de mejoramiento de los rendimientos durante el período intermedio se requeriría seleccionar las variedades y proteger a los agricultores de las principales fluctuaciones en precios y de la escasez de insumos. El fitomejoramiento cobraría mayor importancia en el CIAT al comenzarse, con los ensayos regionales de rendimiento, el suministro de materiales promisorios a los programas nacionales y la combinación de factores de resistencia contra diferentes plagas microbianas e insectiles; dichas actividades pasarían a ser parte sustancial del programa. Para conservar su tasa planeada de mejoramiento, el programa del CIAT debería tener disponible para 1977 variedades genéticamente mejoradas y para 1979-1980 se debería haber aumentado el número de selecciones resistentes a diversas enfermedades e insectos. En vista de las marcadas diferencias de color y tamaño del grano de cada región (CIAT, Informe Anual de 1973), sería imposible producir variedades apropiadas para todas las regiones.

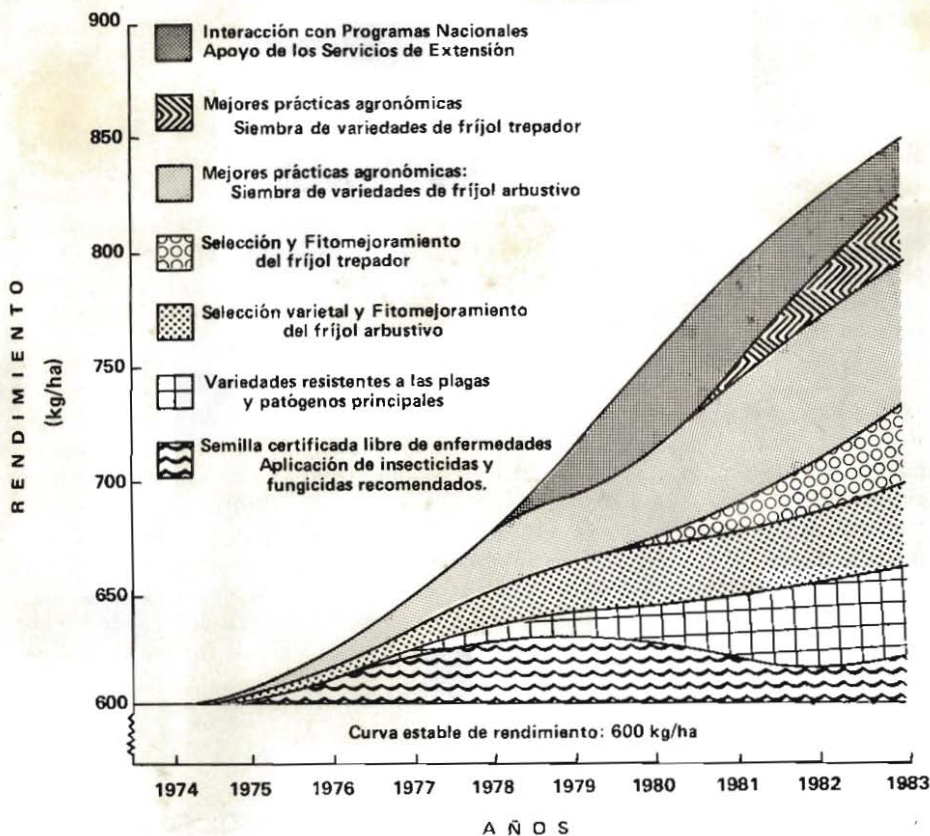


Figura 1. Contribución de los diferentes componentes del Programa de Fríjol a los incrementos del rendimiento de *Phaseolus vulgaris* durante la década 1974-1983.

El incremento de los rendimientos de los frijoles trepadores tomaría mucho más tiempo. Se han hecho menos investigaciones sobre este grupo de frijoles que generalmente, se cultivan —como ya se mencionó anteriormente— bajo condiciones ambientales muy pobres. La necesidad de considerar la compatibilidad del maíz y del frijol es una necesidad adicional. Una prioridad urgente sería demostrar que las variedades trepadoras ocupan una posición similar a la de las otras variedades, independientemente del sistema de apoyo. Una vez más, el factor principal para el mejoramiento de los rendimientos del frijol trepador sería el mejoramiento de las prácticas agronómicas, entre las que se cuenta una mejor comprensión del espaciamiento requerido entre el maíz y el frijol, y de la interacción de los dos cultivos. En vista de que la mayoría de los agricultores que cultivan este tipo de frijol dispone de poco crédito y dinero en efectivo, también sería necesario maximizar la eficiencia de los insumos tecnológicos. Esto incluiría el estudio de los microorganismos y su contribución a la fijación simbiótica y asimbiótica del nitrógeno y a la solubilización del fosfato; una mejor utilización de los fertilizantes y un conocimiento mayor

del nivel de infestación al cual las aplicaciones de insecticidas y fungicidas son esenciales. Dicho paquete tecnológico no podría estar disponible antes de 1978.

El mejoramiento varietal de¹ frijol trepador, especialmente de aquellos para altitudes mayores, dependería de una mayor colección de germoplasma. Por esta razón, es improbable que los ensayos regionales de rendimiento con frijoles trepadores puedan comenzar antes de 1977-1978. Indudablemente, será más difícil realizar estos ensayos de rendimiento que aquellos para los frijoles de tipo arbustivo. Si se piensa cultivar los frijoles trepadores en enrejados, lo cual exige una gran cantidad de mano de obra pero produce grandes rendimientos por unidad de área, sería necesario considerar esta posibilidad con suficiente antelación.

Una de las dificultades principales de estos proyectos será determinar el punto hasta el cual los usuarios aceptarán la nueva tecnología. Ya hicimos referencia, por ejemplo, a la renuencia a adoptar nuevas variedades. La evaluación económica será vital en esta área, y para 1976-1977 ya deberían haberse identificado los factores que limitan la aceptación de nueva tecnología, a nivel de la finca, en un buen número de regiones. Para asegurar la aceptación por parte de los programas nacionales también será esencial conceder mayor importancia tanto a los programas de cooperación como a los de adiestramiento. El funcionamiento exitoso de las redes de investigación de frijol será indispensable para la transferencia de información y de tecnología.

IV. PERSONAL PARA EL PROGRAMA DE FRIJOL DEL CIAT

Hasta 1975, ha habido disponibilidad de fondos para financiar las posiciones de siete científicos permanentes dos de los cuales trabajan simultáneamente en el programa de yuca del CIAT. A partir de 1975, se financiarán dos posiciones adicionales, para mantenimiento de germoplasma y producción de semilla, en virtud de un fondo especial de apoyo otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La Figura 2 muestra la orientación disciplinaria de los científicos del personal del programa de frijol.

A fin de lograr las metas disciplinarias detalladas en la Sección III, sería recomendable contar con un personal permanente de 10 científicos para 1977. Hasta el momento, se carece de fondos para financiar este aumento de personal. Como hasta ahora el programa ha sido eminentemente regional, todavía no se ha estudiado la posibilidad de colaborar estrechamente con centros asiáticos y africanos. Incluso, asumiendo que se obtenga este nivel de personal, el programa tendría que aceptar ciertas limitaciones que se discuten a continuación.

1. El trabajo se debería restringir a *P. vulgaris* o a especies resultantes de cruces con *P. vulgaris*. Cualquier otra decisión disminuiría la eficiencia de nuestro esfuerzo



Figura 2. Especialistas que integran el programa de frijol.

de investigación y estaría en conflicto con las responsabilidades básicas de otros centros internacionales.

2. La experimentación inicial se concentraría en cuatro localidades, con temperaturas, precipitaciones y condiciones de suelo diferentes. Estas localidades serían:

- a) La sede del CIAT, Palmira, Colombia (latitud $03^{\circ} 22'$ norte; altitud 1.000 metros; temperatura media anual: $23,9^{\circ}\text{C}$; precipitación pluvial total anual: 1.000 mm.).
- b) Montería, Colombia (latitud $08^{\circ} 67'$ norte; altitud 13 metros; temperatura media anual: 28°C ; precipitación pluvial total anual: 1.200 mm.).
- c) Popayán, Colombia (altitud 1.600 metros; latitud $02^{\circ} 42'$ norte; temperatura media anual: 20°C ; precipitación pluvial total anual: 1.600 mm.).
- d) Boliche, Ecuador (latitud $02^{\circ} 20'$ sur; altitud 17 metros; temperatura media anual: $24,4^{\circ}\text{C}$; precipitación pluvial total anual: 690 mm.).

Como el frijol está en desventaja si se lo compara con otras especies de leguminosas de grano comestible (como el caupí o el maní) que son tolerantes a los suelos ácidos (Informe Anual del CIAT, 1973), no se continuará con los experimentos en los suelos altamente ácidos de los Llanos Orientales de Colombia. La investigación cooperativa con otros países dependería de que se encuentren instituciones y científicos deseosos de participar o contribuir a los objetivos del programa.

3. Inicialmente, se le dará poca importancia a la calidad y al equilibrio proteínico. Los frijoles contienen de un 20 a un 30 por ciento de proteína relativamente bien balanceada; así es que incrementar los rendimientos tal vez sea la forma más apropiada de aumentar el contenido proteínico (Bressani *et al.*, 1973). El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), en Guatemala, sería el lugar ideal para realizar estos estudios, aunque el CIAT seleccionará el material promisorio para fitomejoramiento a fin de garantizar que no haya deterioro grave en el contenido o en la calidad de la proteína.

4. En vista de que investigadores de los países desarrollados están interesados en realizar investigación cooperativa o por contrato, el CIAT no debería tratar de resolver problemas a los cuales se encontraría una solución más satisfactoria en tales unidades de investigación.

5. Como la red de investigación exige que se viaje con frecuencia, sería conveniente mantener suficiente personal de apoyo a nivel de científicos visitantes o de investigadores a nivel de posgrado.

V. ACTIVIDADES DE INVESTIGACION DEL EQUIPO DE FRIJOL DEL CIAT 1973-1974

1. Evaluación del germoplasma y fitomejoramiento

El CIAT es reconocido por el grupo de Recursos Genéticos del Comité Técnico Asesor como el mayor depositario de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* en el mundo. El CIAT cuenta con más de 10.000 selecciones de 18 países (Cuadro 5) con

Cuadro 5. Origen de los materiales de *Phaseolus* que se encuentran actualmente en el banco de germoplasma del CIAT.

País	Número de introducciones
A) <i>Phaseolus vulgaris</i>	
Estados Unidos	3.983
Costa Rica	1.096
Inglaterra	1.367
Brasil	1.027
Honduras	954
México	654
Guatemala	394
Venezuela	313
Colombia	212
Nigeria	169
El Salvador	107
Perú	72
Ecuador	7
Chile	7
Nicaragua	2
Haití	2
Surinam (Guayana Holanda)	2
República Dominicana	1
	10.371
B) Especies relacionadas de <i>Phaseolus</i>	155
	155
Total:	10.526

una variabilidad genética muy amplia con relación al tipo de planta, época de floración y madurez, componentes del rendimiento y características de la semilla. En las Figuras 3, 4 y 5 se comparan varias características específicas.

La mayoría de estas selecciones ya han sido cultivadas en el CIAT y se han determinado sus características agronómicas y de resistencia a las enfermedades y plagas. Para comprobar la adaptabilidad de las líneas promisorias se han hecho nuevos ensayos de siembras en Boliche y/o en Montería. El análisis de la información actualmente disponible indica que ciertas características específicas de las plantas están relacionadas con el rendimiento. Los frijoles que tienen hábitos de crecimiento diferentes también varían significativamente en los días requeridos para alcanzar la madurez, en el número de vainas, tamaño de la semilla, número de racimos y de semillas por vaina (Cuadro 6).

La selección de variedades resistentes a plagas de insectos se ha concentrado en las especies de *Empoasca* y en menor grado, en los ácaros. En las siembras de 1973 y 1974 se identificaron varias selecciones tolerantes a *Empoasca* con niveles diferentes de tolerancia. Las variedades susceptibles como ICA-Calima aumentaron 37 veces su rendimiento cuando se les aplicó insecticidas en el momento de la siembra durante la estación seca. Por otra parte, las variedades tolerantes no requieren un uso intensivo de insecticidas. Cuando se aplican insecticidas a estas variedades, los rendimientos aumentan de 16 veces con ICA-Tui y Jamapa, a solamente 5 veces



Figura 3. Diferencias en el tiempo requerido para alcanzar la madurez de las variedades de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Popayán

Cuadro 6. Resumen de las características de las plantas de 341 selecciones de *Phaseolus vulgaris*.

Características	Dato promedio por tipo de planta			
	Tipo I (Determinado)	Tipo II (Indeterminado guía corta)	Tipo III (Indeterminado guía larga)	Tipo IV (Trepador)
Días hasta la madurez	88,4	91,6	90,6	90,2
Días hasta la floración	36,5	39,4	38,9	38,5
Tamaño del grano (100 granos)	26,9	23,3	23,1	24,0
Vainas/planta	40,18	47,3	61,6	72,0
Racimos/planta	23,01	23,4	36,0	44,2
Vainas/racimo	1,75	2,02	1,79	1,94
Granos/planta	196,1	320,9	327,4	458,1
Peso del grano/planta (g)	45,6	55,6	91,2	114,0



Figura 4. Diferencias en el número de vainas por planta entre la variedad Porrillo Sintético, que es altamente promisorio, y la variedad 27 R en ensayos efectuados en la sede del CIAT durante 1973.

con 73 Vul 3624, 73 Vul 3128, 73 Vul 3622, Brasil 1087 y Brasil 343 (ver Figura 6). Estas diferencias indican que hay más de un mecanismo para selección de resistencia y normalmente los esfuerzos están dirigidos a identificar y combinar estos factores de resistencia para lograr un control más eficaz de los insectos.

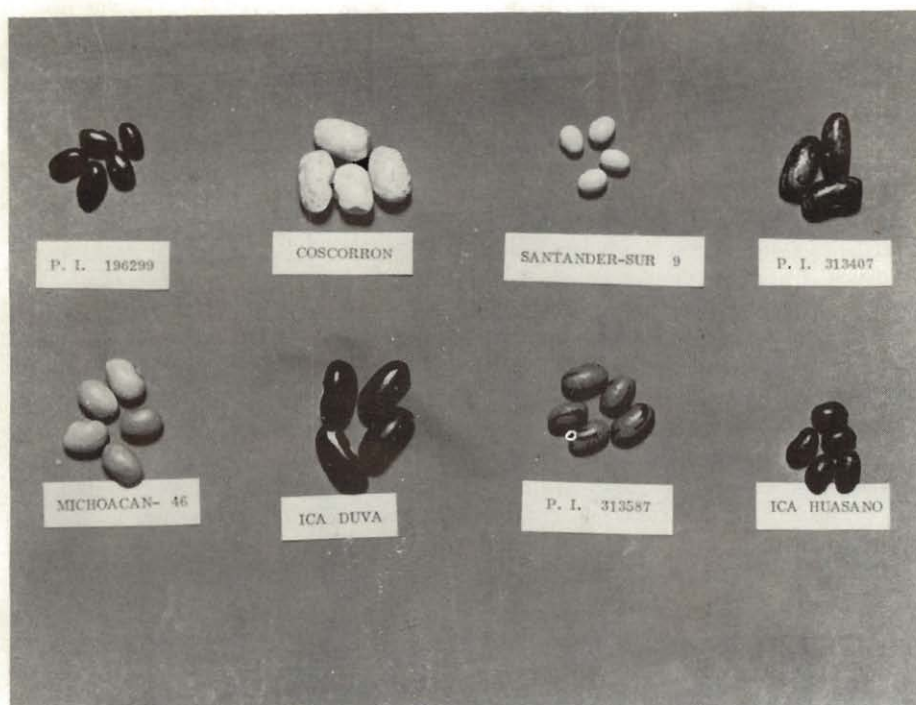


Figura 5. Diferencias en el tamaño y el color de la semilla de ocho líneas promisorias de *Phaseolus vulgaris*.

En el programa de patología vegetal se le ha dado prioridad a la selección (en la sede del CIAT y en Montería) de variedades resistentes a la roya, al añublo bacterial y a la mustia hilachosa bajo condiciones de campo (Figura 7) y a la selección de variedades resistentes al virus del mosaico común en invernaderos. Se han probado más de 2.000 selecciones contra cada patógeno. Las variedades promisorias resistentes, determinadas hasta el momento, se encuentran en el Cuadro 7. La mancha foliar angular no se ha incluido en las investigaciones por cuanto el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ya había hecho un estudio intensivo y había identificado variedades resistentes (Cardona y Walker, 1956 y Orozco y Cardona, 1959). La antracnosis no se presenta en los terrenos de la sede del CIAT pero se estudiará en las siembras de 1975 que se hagan en Popayán. Se han iniciado proyectos cooperativos para algunas enfermedades que todavía no se han registrado en Colombia. Por ejemplo, en Guatemala se estudiaron recientemente 3.500 selecciones del CIAT para determinar su resistencia al mosaico amarillo.

Buscando agilizar el suministro de germoplasma para los programas nacionales, se están utilizando tarjetas de computador para almacenar información sobre cada selección. Este sistema estará conectado dentro de poco tiempo con un servicio de recuperación de información. Actualmente, se está preparando para publicación una lista que incluye las características de 400 selecciones que parecen ser pro-

misorias; una lista que se publicará posteriormente, detallará las características específicas disponibles en el banco de germoplasma del CIAT. Desde mediados de 1973 hasta octubre de 1974, el programa envió más de 7.000 selecciones a 22 países diferentes, lo cual demuestra claramente lo valioso que es este programa para los otros programas nacionales.

Otra actividad esencial del programa de germoplasma es el desarrollo de viveros internacionales de variedades con diversos factores de resistencia. La selección de variedades resistentes a la roya es un ejemplo obvio. La selección inicial que se hace en el CIAT elimina aquellas variedades susceptibles a las razas fisiológicas locales de roya pero no considera las razas prevalecientes en los otros países. A través de una red de viveros internacionales, el material promisorio de una localidad se puede ensayar en varias instituciones cooperativas. Un taller (tipo de reunión/discusión) sobre la roya, llevado a cabo recientemente en el CIAT, fijó los criterios para una determinación más adecuada de los síntomas y estudió las variedades o selecciones que se debían incluir en los primeros viveros. Por disponer de un banco de germoplasma de semilla libre de patógenos y de información sobre materiales resistentes, el CIAT fue escogido para coordinar y distribuir los materiales para el primer vivero de la roya. También, se están desarrollando viveros similares para realizar ensayos a nivel internacional con las selecciones agronómicamente promisorias.

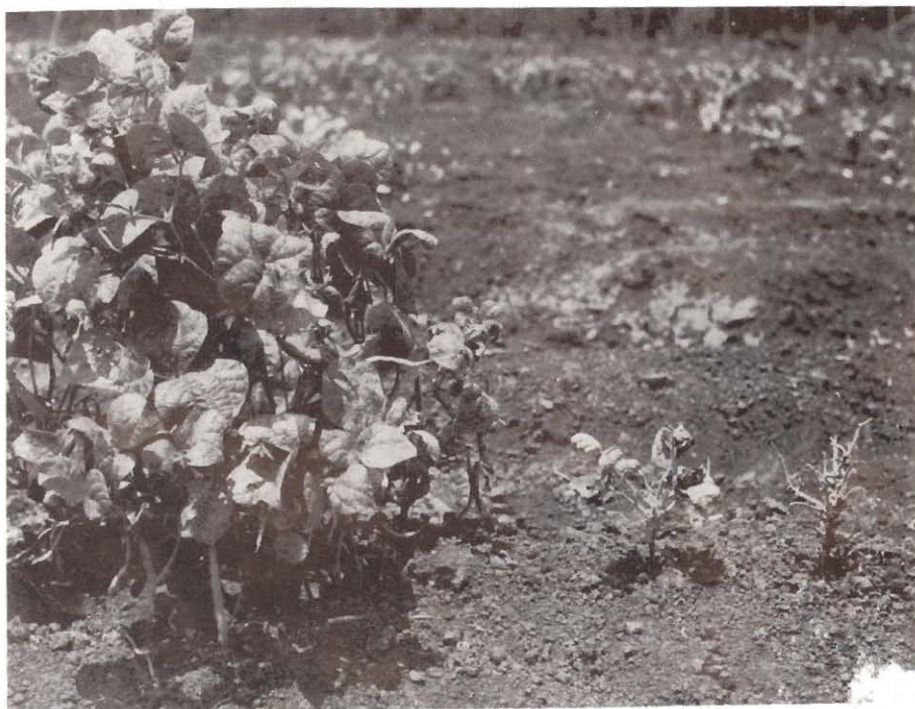


Figura 6. Resistencia de la variedad Brasil 1087 a *Empoasca* durante la estación seca. La variedad de la derecha es la variedad susceptible Calima.



Figura 7. Método utilizado para evaluar las selecciones de germoplasma por su resistencia al añublo bacterial. Estas selecciones fueron sembradas en surcos rodeados por material de borde susceptible al añublo bacterial.

Como la caracterización del germoplasma inicial ya está casi completa se inició un programa intensivo de cruzamiento con los materiales más promisorios. Diez selecciones agrónomicamente promisorias y cuyas características se incluyen en el Cuadro 8, se están cruzando con materiales seleccionados con base en el tiempo requerido para alcanzar la madurez, la insensibilidad al fotoperíodo, el hábito de crecimiento, la resistencia a la roya, a la mancha o mustia hilachosa, al mosaico común, el añublo bacterial y a *Empoasca*. El material que presenta un bajo nivel de resistencia a algunos patógenos se está intercruzando con el propósito de lograr un mayor nivel de resistencia. El material promisorio estará a disposición de los programas nacionales tan pronto como sea posible. Otros materiales promisorios serán incluidos en el programa de hibridación, después de ser probados en ensayos regionales de rendimiento. Esperamos alcanzar hasta 4.000 cruces por año.

La superioridad aparente de las líneas de semilla negra del Tipo II hace más difícil satisfacer las preferencias regionales. Casi todo el material resistente a *Empoasca* tiene semillas negras y en las pruebas regionales de rendimiento, nueve de las diez variedades con mejores rendimientos han sido negras. Jáffe y Bucher (1974) también informaron que este grupo posee mayor contenido proteínico.

2. Fisiología y Agronomía

Si bien el género *Phaseolus* se ha estudiado intensamente en las regiones templadas, los estudios fisiológicos y agronómicos sobre el fríjol, en ambientes tropicales y semitropicales, son en general escasos.

Cuadro 7. *Selecciones de Phaseolus vulgaris del banco de germoplasma del CIAT que son resistentes a los patógenos principales.*

Añublo bacterial común

MSU 31112-1, 31128, 31132-2, 32349, 32030, 32033, 4, 27, 94, 98, 206, 213.

CIAT 73 Vul 5174, 72 Vul 24010, 25153, 24454, 24147, 73 Vul 3222, Calima, Tara.

Roya

Ecuador 299, México 309, Guatemala 209, 487, Turrialba 4, IAN 5091, 73 Vul 3215, 3231, 3241, 3242, 3248, 3285, 3287.

150, 5375, 3690.

PR 5, 12, 17, 18, 19, 20.

Mancha hilachosa

73 Vul 7189

Virus del mosaico común

146-1-1; 165-M-1, PI 146800

Pudriciones radicales

73 Vul 3274, 3650, 6525, Cuilapa 72, Zamorano 2, Chimaltenango 3.

En 1974 se inició una investigación cooperativa sobre crecimiento, desarrollo, rendimiento y componentes del rendimiento con una gama amplia de genotipos. Las variedades trepadoras con hábitos de crecimiento indeterminados, cultivadas como monocultivo en enrejados de alambre, alcanzaron rendimientos experimentales de más de 5 ton/ha. El índice de cosecha no varió sustancialmente entre las variedades determinadas e indeterminadas, pero, tanto el rendimiento biológico como el índice de área foliar (IAF) fueron muy superiores para las variedades indeterminadas (ver Cuadro 9). Con las variedades trepadoras sembradas con densidades altas de plantas se obtuvo un IAF máximo de 9,0. En otras pruebas en las que se cultivó el frijol en asociación con maíz, la competencia del maíz limitó los rendimientos del frijol trepador.

La densidad de las plantas, como factor limitante del rendimiento potencial, también se estudió en detalle durante 1974. Con los frijoles trepadores con hábitos de crecimiento indeterminado, los rendimientos máximos se obtuvieron con pobla-

Cuadro 8. Características de 10 selecciones de *Phaseolus vulgaris* que se usarán en las pruebas iniciales de fitomejoramiento para rendimiento.

Selección	Origen	Color del grano	Hábito de crecimiento	Peso del grano (100 granos)	Tiempo a floración (días)	Factores de resistencia
PI 307824	El Salvador	Negro	II – III	20,6	42,0	<i>Oidium</i>
PI 310739	Guatemala	Negro	III – IV	21,3	38,0	<i>Oidium</i> , Mosaico común,
Jamapa	Venezuela	Negro	II	17,4	39,0	Mosaico común, <i>Isariopsis</i> Mancha Hilachosa, <i>Oidium</i>
PI 310878	Nicaragua	Rojo oscuro	II – III	25,2	40,0	Mancha hilachosa
PI 310814	Nicaragua	Rojo claro	II	24,3	38,5	<i>Isariopsis</i> , Mancha hilachosa
Porrillo sintético	Honduras	Negro	II	23,3	37,0	<i>Oidium</i>
Tora	Estados Unidos	Blanco	II	23,0	–	Bacteriosis
PR 5	Puerto Rico	Negro	II	15,0	–	Roya
Porrillo 70	Costa Rica	Negro	II	20,2	39,5	Mosaico dorado, Roya
Cacahuate	México	Moteado	II	36,8	–	Roya

ciones de cerca de un millón de plantas por hectárea (Figura 8), en tanto que con las variedades más determinadas y semideterminadas, los rendimientos óptimos se obtuvieron con densidades de 250.000 a 400.000 plantas por hectárea.

También, se comenzó a evaluar el banco de germoplasma con base en su respuesta al fotoperíodo aprovechando las ventajas que ofrece el campo en el CIAT. Los genotipos insensibles al fotoperíodo son de importancia crítica a fin de poder desarrollar variedades fácilmente adaptables a todos los ambientes para los programas nacionales.

En 1974 se iniciaron en la sede del CIAT, Montería, Popayán y Boliche, ensayos varietales replicados. En cada una de estas localidades se ensayaron de 40 a 50 variedades comerciales o selecciones promisorias. La superioridad de la variedad Porrillo Sintético en tres de las cuatro localidades fue evidente (Cuadro 11). En la prueba en la sede del CIAT el peso del grano/vaina estuvo estrechamente relacionado con el rendimiento, pero se podían observar dos grupos diferentes de semillas (Figura 9). Las plantas Tipo I de hábito de crecimiento determinado tenían vainas con tres a cuatro semillas con un peso individual alto por grano, en tanto que las variedades semideterminadas tenían un número menos estable de semillas/vaina y por lo general, tenían semillas más pequeñas.

Los experimentos de fertilización del frijol continuaron en varios frentes. Los experimentos en cuatro localidades de Colombia demostraron la importancia no

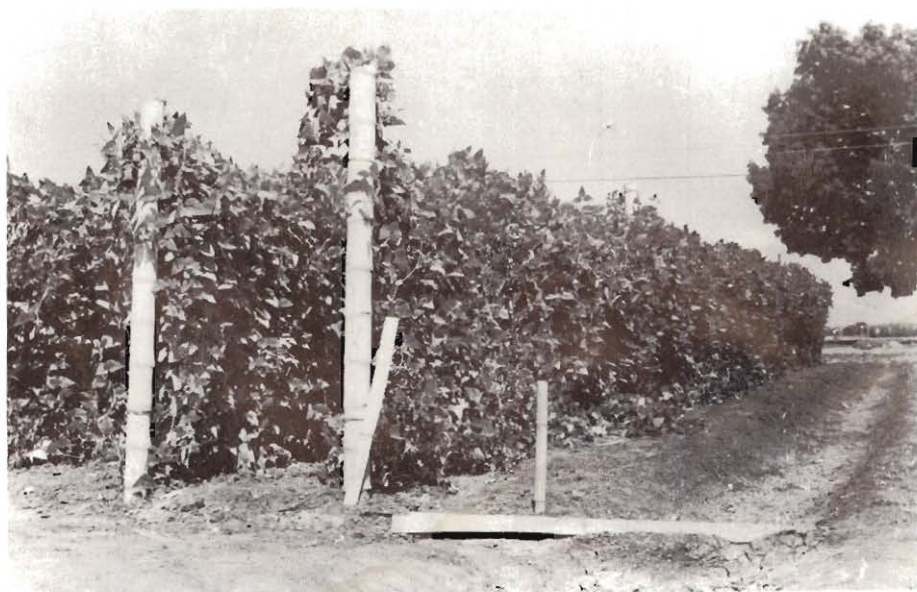


Figura 8. Crecimiento de las variedades trepadoras de *Phaseolus vulgaris* en enrejados de bambú y alambre y con una alta densidad de plantas por unidad de área. Los rendimientos con esta variedad sobrepasaron los 5.000 kg/ha.

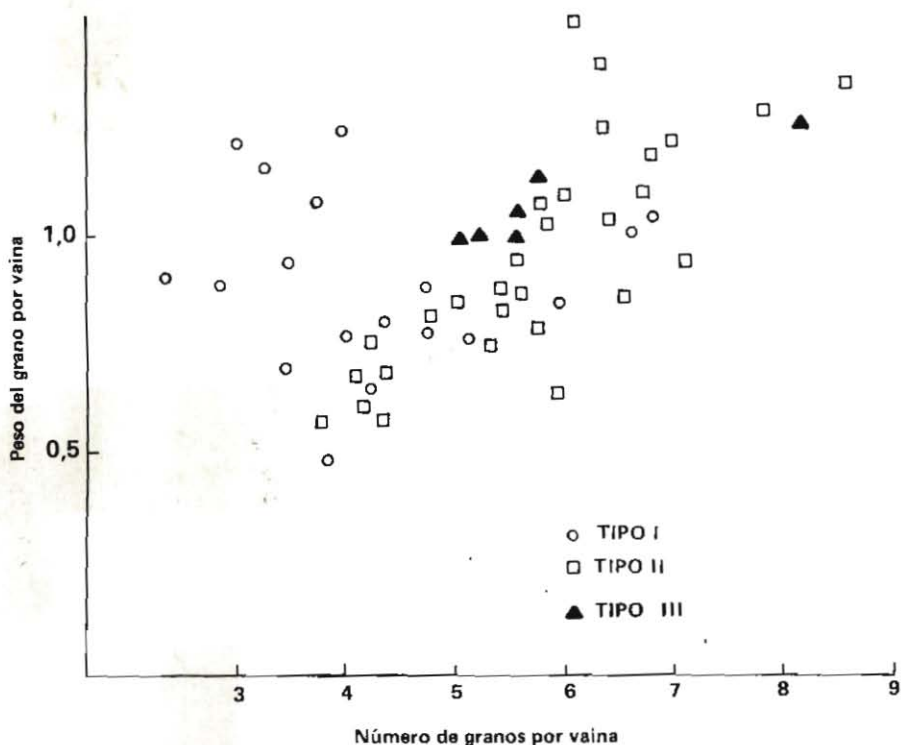


Figura 9. Relación entre el peso de grano/vaina y el número de granos/vaina en ensayos varietales con *Phaseolus vulgaris* llevados a cabo en el CIAT durante 1974. Obsérvense las diferencias en relación con los hábitos de crecimiento de las variedades.

sólo de la fertilización con fosfato sino de la forma de aplicarlo (Figura 10). La fijación del fosfato también fue importante en el caso de sus formas más solubles. En dos localidades se obtuvo respuesta al nitrógeno cuando se aplicó la cantidad adecuada de fósforo. Debido al fósforo, las leguminosas inoculadas desarrollaron nódulos más grandes y fijaron más nitrógeno. Los estudios que se están realizando actualmente consideran los requerimientos de fósforo para la fijación de nitrógeno en el frijol y el uso de especies de *Thiobacillus* y *Endogone* para mejorar la disponibilidad de fósforo en el suelo. Además, se efectuaron experimentos de fertilización con boro y molibdeno. El programa mantiene y distribuye gran variedad de inoculantes para *Phaseolus vulgaris*.

3. Protección de la planta

La producción de semilla básica libre de patógenos fue una prioridad en 1974. La semilla limpia suministrada inicialmente por el CIAT a 80 pequeños agricultores de los valles de Las Monjas y San Matías, en Guatemala, aumentó los ren-

Cuadro 9. Rendimientos y caracteres fisiológicos claves de ocho variedades de Phaseolus vulgaris cultivadas en la sede del CIAT (Palмира) en el primer semestre de 1974*.

Identificación de la variedad	Nombre Número Tipo	Trujillo 3	Trujillo 2	Nep 2	PI 310740	ICA-Guali	Rico 23	Bayos	27 R
		8 IV	7 IV	3 II	6 III	2 I	4 II	5 III	1 I
Rendimiento de frijol	(g/m ²)	564	559	380	334	278	276	202	121
Materia seca total ¹	(g/m ²)	1.410	1.290	818	687	637	577	521	406
Índice de cosecha ²		40	43	47	49	44	48	39	30
Densidad de racimos	(x10 ² /m ²)	3,7	4,0	3,1	2,6	2,0	1,9	2,2	2,5
Densidad de frijol	(x10 ² /m ²)	30,2	32,0	24,1	17,5	4,9	16,1	8,8	3,1
Peso del frijol	(mg/frijol)	187	175	158	191	567	171	230	390
Área foliar máxima ³	(m ² /m ²)	9,0	8,1	3,9	4,5	3,9	3,3	2,8	3,3
Longitud tallo principal	(cm)	182	185	44	65	42	33	53	38
Días hasta la floración		45	47	39	35	31	34	32	34
Días hasta la madurez		96	95	75	64	72	65	62	65
Eficiencia RF ⁴	(g/m ² /día)	5,9	5,9	5,1	5,2	3,9	4,2	3,3	1,9
Eficiencia MST ⁵	(g/m ² /día)	14,7	13,6	10,9	10,7	8,0	9,8	8,4	6,2
RF tallo principal/RF total	(%)	100	100	96	84	71	91	66	83
MS tallo principal/MS total	(%)	100	100	97	88	77	91	71	86

* Los frijoles se sembraron a una densidad de 100 plantas/m².¹ La materia seca total es igual al peso del tallo, de los pecíolos, de las vainas y de los frijoles, en el momento de la madurez más la materia seca foliar máxima, después de la floración.² Índice de cosecha = $\frac{\text{rendimiento frijol}}{\text{materia seca total}} \times 100$ ³ Área foliar máxima = índice de área después de la floración⁴ Eficiencia de rendimiento de frijol (RF) = $\frac{\text{rendimiento frijol}}{\text{días hasta la madurez}}$ ⁵ Eficiencia materia seca total (MST) = $\frac{\text{materia seca total}}{\text{días hasta la madurez}}$

dimientos de 515 a 1.545 kg/ha en una sola estación*. El CIAT también cooperó en la limpieza de la semilla de las variedades comerciales de Perú y de Brasil. En 1975, la mayoría de las líneas promisorias de germoplasma no presentarán enfermedades transmitidas por la misma semilla y en la mayoría de los ensayos en la sede del CIAT se utilizará solamente semilla libre de patógenos. Debido a las restricciones nacionales sobre cuarentena vegetal, la labor del CIAT en este programa será la de limpiar la semilla básica e identificar las áreas dentro de los países en los cuales se pueda multiplicar esta semilla libre de patógenos.

Los estudios sobre protección de las plantas efectuados en 1974 enfatizaron el control sin costo apreciable de las plagas causantes de pérdidas económicas. Además de los estudios mencionados sobre *Empoasca* se realizaron estudios entomológicos sobre las poblaciones de insectos y los factores que originan sus fluctuaciones. Entre otros aspectos, se estudiaron las siembras corrientes de frijol con el objeto de determinar el efecto de la estación y de la precipitación pluvial en la incidencia de las plagas principales, los niveles de infestación en los cuales se presentan pérdidas económicas y la influencia de los sistemas de siembra intercalada de cultivos en la propagación de los insectos, dentro del mismo cultivo o bien, a otros cultivos. También, se estudió el control de los insectos que atacan el grano almacenado (*Zabrotes* sp) por medio de métodos no químicos (sistemas de resistencia o almacenamiento)



Figura 10. Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a diferentes niveles de P_2O_5 (en kg/ha) aplicado como superfosfato en ensayos efectuados en La Zapata, durante 1974.

* Martínez, E. (Comunicación personal).

Cuadro 10. Rendimientos, tipos de planta y colores de la semilla de las variedades y selecciones de *Phaseolus vulgaris* de más alto rendimiento, en las pruebas de máximo rendimiento.

Localidad	Material de alto rendimiento	kg/ha	Tipo de planta	Color de la semilla
Sede del CIAT 56 selecciones y variedades	Porrillo sintético*	2.743	II	Negro
	150-I-1	2.720	II	Negro
	6530 Var. 51052	2.653	II	Negro
	141-M-1	2.522	II	Negro
	6589-I-T-T*	2.342	II	Negro
	ICA-Pijao (Línea 32)*	2.341	II	Negro
Popayán 45 selecciones y variedades	Porrillo sintético	2.857	II	Negro
	6536-I-T-T	2.714	II	Negro
	6589-I-T-T	2.657	II	Negro
	6575-M-T-T	2.655	III	Café
	ICA-Pijao (Línea 32)	2.628	II	Negro
Montería 36 selecciones y variedades	Porrillo sintético	1.523	II	Negro
	Tui	1.184	II	Negro
	6545	1.104	II	Negro
	6544	1.095	II	Negro
	Línea 29	1.074	II	Negro

* Material más prometedor en varias localidades.

y de piretros no tóxicos. Aunque se ensayaron varios insecticidas para verificar su control en el campo y se hicieron algunas recomendaciones, se trataba de encontrar soluciones a corto plazo las cuales no serán parte esencial del programa después de 1974.

Se efectuaron estudios patológicos similares, entre los que se incluyen: 1) la evaluación de las pérdidas de rendimiento debidas a enfermedades específicas y a las épocas de comienzo de la enfermedad; 2) la influencia de las prácticas culturales, tales como la densidad de siembra en la incidencia, gravedad y difusión de la enfermedad; y 3) una evaluación del control que ejercen los fungicidas en varios patógenos principales (Figura 11).

4. Economía

Como se mencionó anteriormente en la Sección II, diversos problemas socio-económicos limitan la productividad del frijol en América Latina. Para lograr una

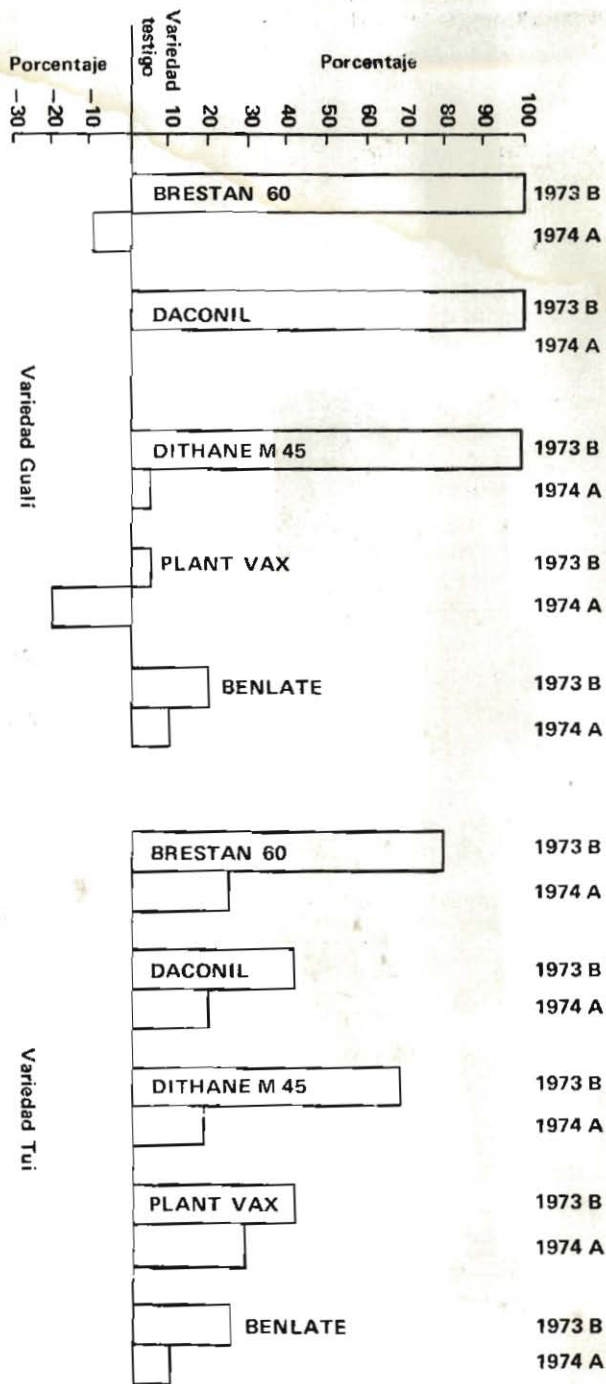


Figura 11. Respuestas de dos variedades de *Phascolus vulgaris* sembradas en la sede del CIAT a varios tratamientos con fungicidas, durante dos semestres.

Cuadro 11. *Características generales de la producción de frijol en tres zonas de Colombia.*

Número de fincas estudiadas	Zona		
	Valle 31	Antioquia 22	Nariño 19
Características			
Tamaño promedio de las fincas (ha)	50,21	4,45	4,0
Area promedio en frijol (ha)	24,44	2,11	2,0
Porcentaje de fincas que utilizan:			
Riego	42	0	0
Semilla certificada	52	0	0
Fertilizantes	84	64	0
Herbicidas	55	0	0
Insecticidas	100	54	0
Fungicidas	100	54	0
Crédito	84	54	53
Asistencia Técnica	71	18	0
Cultivo sencillo	97	0	5
Maquinaria	100	5	0

mejor comprensión de la tecnología que actualmente se encuentra disponible para los agricultores y del impacto que la nueva tecnología podría tener, el grupo de Economía Agrícola del CIAT está estudiando la producción de frijol en tres áreas principales de Colombia. Se está recopilando información detallada sobre las prácticas culturales corrientes, especialmente los sistemas de siembra, mecanización, uso de semillas, fertilizantes y plaguicidas; por otra parte, se cuenta con agrónomos adiestrados encargados de inspeccionar los cultivos para encontrar las plagas y deficiencias de nutrimentos. También, se están estudiando los problemas asociados con el mercadeo y la financiación de la producción. Los resultados preliminares sobre 72 de las fincas estudiadas presentan las diferencias principales en el uso de crédito y tecnología entre las tres áreas (ver Cuadro 11) y ayudarán al CIAT a asignar sus recursos de investigación.

VI. ACTIVIDADES INTERNACIONALES COOPERATIVAS DEL EQUIPO DE FRIJOL DEL CIAT

La red latinoamericana de investigación sobre frijol

Como se mencionó en la introducción, al CIAT se le solicitó establecer y coordinar una red latinoamericana de investigación sobre frijol. La Junta Directiva

del CIAT, aunque en principio aceptó esta solicitud, pidió un año de plazo para considerar los progresos logrados con el programa hasta la fecha y las implicaciones futuras que los gastos del establecimiento de dicha red tendrían en el programa. Un donativo a corto plazo del Banco Interamericano de Desarrollo financia algunas de las actividades de investigación que se han encomendado a la red para su coordinación.

Aunque en los programas nacionales e internacionales de investigación, lo mismo que en algunas disciplinas, se menciona con frecuencia la importancia de las redes cooperativas, la realidad es que muy pocas funcionan eficientemente, por una o más razones. El grupo organizador puede patrocinar unidades cooperativas o, por el contrario, no responder a sus necesidades. Puede darse duplicación de actividades dentro de la misma red y finalmente, se pueden presentar intereses encontrados que no admiten solución. Si la red de frijol ha de ser operante debe estar fundada sobre una base de respeto, complementación y ayuda mutua entre el CIAT y los programas nacionales y regionales. Dentro de esta red, el CIAT se debería concentrar en las actividades que sean aplicables a toda América Latina, en tanto que los programas

Cuadro 12. *Experimentación cooperativa del programa de frijol del CIAT.*

Estudio	Institución colaboradora y país
Selección mancha hilachosa Selección antracnosis Inoculación de Rhizobium	ICA (Colombia) Secretaría de Agricultura del Cauca
Densidad de la siembra Selección varietal Requerimientos de fertilizantes Pruebas regionales de rendimiento	INIAP (Ecuador)
Selección mosaico dorado Hibridación de materiales promisorios Viveros de resistencia a la roya y a la mancha hilachosa Daño causado por Apion	ICTA (Guatemala)
Tolerancia a la sequía Inoculación de Rhizobium Selección varietal Semilla libre de patógenos	INIA (Perú)

nacionales o regionales buscarían soluciones a los problemas específicos de cada localidad. Los experimentos cooperativos, tales como los que se realizan en el Cuadro 12, ayudarían a resolver problemas específicos fuera del alcance de las capacidades técnicas, disciplinarias y de disponibilidad de germoplasma de los programas nacionales.

Las relaciones de trabajo entre el personal del CIAT y los investigadores de Colombia, Ecuador, Guatemala y Perú eran excelentes, incluso antes de presentarse la solicitud del Comité Técnico Asesor. Entre las actividades realizadas en colaboración con estos países se encuentran las siguientes: 1) Asesorar a los gobiernos sobre los requerimientos y prioridades de la investigación en frijol; 2) Suministrar germoplasma y materiales selectos; 3) Adiestrar científicos; 4) Brindar servicios de documentación; y 5) organizar la experimentación cooperativa. La red de investigación sobre frijol continuará y ampliará estas actividades. Recientemente, algunas instituciones de Brasil, Chile, Costa Rica y Venezuela expresaron su interés en el enfoque que se ha dado a la red de investigación.

Hemos mencionado algunas actividades de la red de investigación sobre frijol del CIAT; por ejemplo, la selección y suministro de germoplasma. En esta sección de la publicación concentraremos las actividades de adiestramiento, servicios de información, organización de reuniones y "talleres" y coordinación de experimentación cooperativa.

1. Adiestramiento de personal técnico

Como se mencionó en la Sección II, el respaldo científico insuficiente e inconsistente es uno de los principales factores responsables de los bajos rendimientos del frijol. Muchos países no tienen los especialistas que requieren y por lo general, tampoco pueden brindar a los científicos la oportunidad de especializarse. El CIAT resalta la importancia del adiestramiento a nivel de posgrado recibiendo becarios de tres categorías, procedentes de diversos programas e instituciones nacionales.

a) *Los Becarios de Posgrado*, durante un período de seis meses a un año en el CIAT, reciben adiestramiento e instrucción sobre diseño y manejo de experimentos, al mismo tiempo que se les incorpora al programa general de investigación. Más de 20 becarios de nueve países fueron adiestrados en el programa de frijol durante el período 1973-1974. Un aspecto esencial de este adiestramiento es mantener el contacto entre el becario y el CIAT después de que éste termina su período.

b) *Los Becarios para Investigación* hacen, por lo menos, la parte práctica de sus estudios de especialización en el CIAT. Tres estudiantes aspirantes a Doctorado terminaron sus estudios en el programa de frijol en 1974, y durante 1975, se iniciarán seis estudiantes aspirantes a Maestría en Ciencias (M.S.) o a Doctorado (Ph.D.).

c) *Cursos para especialistas en Producción Agrícola*. Estos cursos, cuyo objetivo es el de asesorar a aquellos agrónomos que trabajan en actividades de extensión,

crédito o políticas gubernamentales relacionadas con la nueva tecnología o la que ha sido modificada para obtener una mayor producción de frijol, comenzarán en 1975. Tendrán una duración variable y harán hincapié tanto en la parte teórica como en la práctica de los métodos propuestos para obtener una producción de frijol más eficiente.

La organización de un programa coordinado de adiestramiento para los investigadores de frijol de América Latina, constituye una necesidad esencial. Actualmente, hay varios centros o programas latinoamericanos (el CIAT, el Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA)) que poseen fondos y las facilidades para adiestrar a los investigadores dedicados al cultivo de frijol. Varias universidades de países desarrollados (Cambridge, Cornell, Florida y la Universidad Estatal de Michigan) también están involucradas en el adiestramiento de estudiantes de esta región. Los programas se deberían organizar de acuerdo con: a) el nivel de adiestramiento requerido; b) el equipo humano y la experiencia con que se cuente; c) las similitudes de clima y de sistemas de producción, entre el país del estudiante y la institución adiestradora.

2. Documentación y bibliografía

En Agosto de 1974, el Programa de Frijol estableció un servicio de resúmenes y documentación a través del cual los científicos y las instituciones interesadas pueden recibir, a costo mínimo, tarjetas de resúmenes y bibliografías sobre la literatura disponible de frijol. En la Figura 12, aparece una tarjeta típica de resúmenes. Se comenzará el proyecto con la elaboración de resúmenes de las publicaciones más recientes, que se remontarán paulatinamente hasta 1960; para mayor conveniencia, estas tarjetas se publicarán en Inglés. A partir de 1976, las versiones en Inglés y en Español estarán en disponibilidad de quienes las soliciten.

3. Conferencias y Talleres

Los "talleres" cortos (tipo de reunión/discusión) sobre una disciplina específica, con asistencia de 15 a 25 participantes, estimulan la colaboración, el mejoramiento de los métodos experimentales, la comparación detallada de los resultados y un mayor contacto entre los científicos. Dichos talleres también garantizan una exposición constante del personal del CIAT a áreas específicas de problemas conectados con el cultivo del frijol. Cada año se planean dos talleres, de acuerdo con el siguiente programa:

- 1975: Taller sobre Protección de las Plantas
- 1975: Taller sobre Fitomejoramiento del Frijol y Banco de Germoplasma
- 1976: Taller sobre Agronomía del Frijol
- 1976: Taller sobre Microbiología del Suelo
- 1977: Taller sobre Economía del cultivo
- 1977: Taller sobre Fisiología de la planta del Frijol.

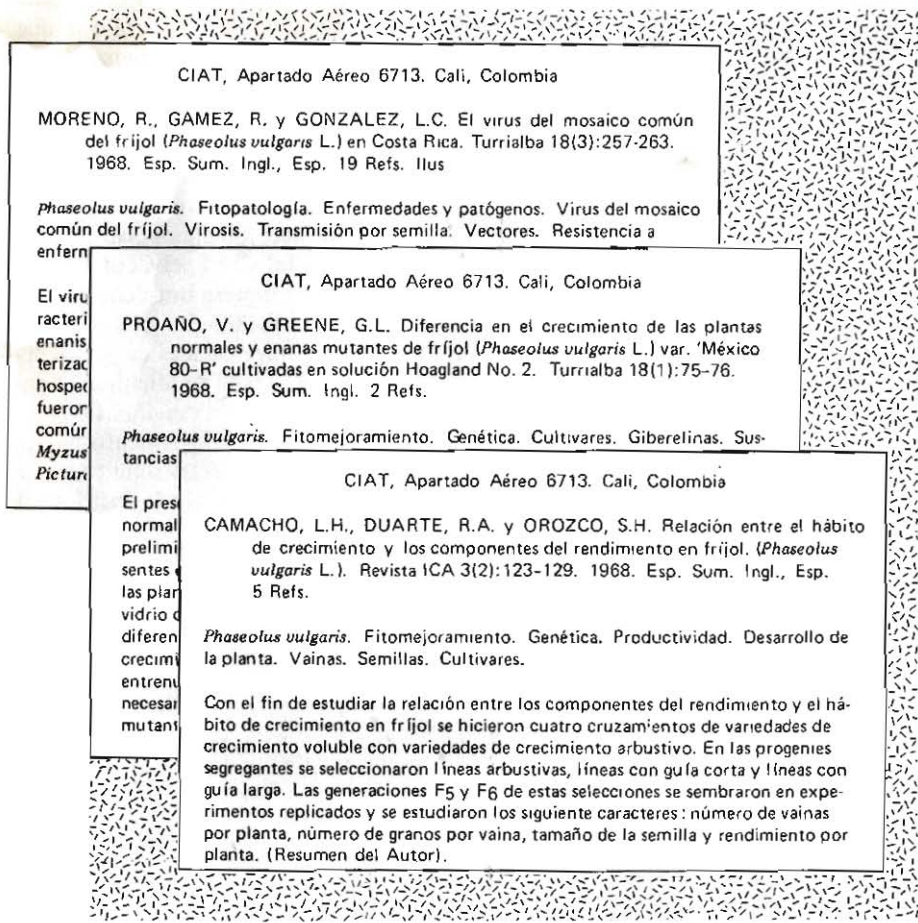


Figura 12. Tarjetas de resúmenes analíticos del Sistema de Documentación de Frijol. Obsérvese la forma en que se hacen las referencias y el uso de palabras claves.

Se espera que la investigación sobre cada uno de estos campos específicos esté suficientemente adelantada para la fecha que se ha establecido para cada taller (Figura 1). De esta forma, el taller sobre Fitomejoramiento y Germoplasma, para 1975, proveerá una oportunidad para discutir las pruebas recientemente concluidas sobre utilización de germoplasma y la forma en la cual los programas regionales podrían utilizar más provechosamente el material disponible. El taller también debería tener disponible la progenia F₃ de los materiales de fitomejoramiento que aparecen en el Cuadro 8 y discutir el proceso de transición de las pruebas básicas de rendimiento realizadas a nivel local a pruebas con alcance internacional. Igualmente, el Taller sobre Economía, para 1977, debería coincidir con la terminación de los dos estudios económicos sobre los factores limitantes de los rendimientos del frijol que se están llevando a cabo fuera de Colombia.

4. Experimentación cooperativa

El Cuadro 12 muestra las áreas de investigación cooperativa propuestas para 1975. Como se sugirió anteriormente, dichas áreas tratan de resolver problemas específicos de la localidad utilizando la experiencia y las facilidades técnicas del CIAT, conjuntamente con los conocimientos y la supervisión prestada por los científicos de los programas nacionales.

a. Pruebas regionales de rendimiento

Las pruebas regionales de rendimiento mencionadas anteriormente son un ejemplo patente de actividad internacional. La evaluación inicial en el CIAT servirá para identificar variedades o líneas promisorias, en cuanto al rendimiento, dentro de unas condiciones ecológicas limitadas. A fin de comparar tales materiales con los desarrollados por los programas nacionales se establecerán ensayos integrados de rendimiento en tantas áreas como sea posible. Para que estos ensayos tengan éxito será necesario reunirse con los líderes de los programas nacionales que deseen participar en los programas de pruebas de rendimiento y fijar, de común acuerdo, las variedades que deberían incluirse, el tipo de protección estándar con fertilizantes y plaguicidas que se debería establecer, el tamaño de las parcelas y la información que se debería recopilar.

b. Suministro de semilla limpia

De igual manera, el CIAT puede poner a disposición de los agricultores pequeñas cantidades de semilla limpia proveniente de su banco de germoplasma. No obstante, esto sólo puede hacerse multiplicando la semilla bajo el control de los programas nacionales interesados.

Los estudios sobre *Apion*, la antracnosis y la mancha o mustia hilachosa, aunque son de importancia primordial para la región, no se pueden efectuar fácilmente en la sede del CIAT.

5. El Comité de Dirección y el Comité Técnico Asesor para el Frijol

Cuando se estudiaron las propuestas para formar la red cooperativa de investigación sobre el cultivo de frijol para América Latina, el Comité Técnico Asesor resaltó la necesidad de crear un Comité Asesor de carácter científico. Se sugirió que dicho comité podría revisar las necesidades regionales de investigación, ayudar a canalizar las áreas-problema al CIAT o a las entidades nacionales apropiadas y comunicarle al personal del programa de investigación de frijol del CIAT aquellas deficiencias de orden técnico que aparecieran en su operación.

El reciente taller de evaluación sobre el frijol consideró la integración y actividades de tal comité y nombró a las siguientes personas como miembros fundadores:

Dr. *Hugh Bunting*, Universidad de Reading, Reino Unido
Dr. *Dermot Coyne*, Universidad de Nebraska, Estados Unidos
Dr. *Julio López Rosa*, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico
Dr. *Antonio Pinchinat*, CATIE, Costa Rica
Dr. *Clibas Vieira*, EMBRAPA, Brasil
Dr. *Oswaldo Voyses*, Estación Experimental "La Molina", Perú.

El Director General o en su defecto, el Director General Asociado del CIAT, también será miembro de este comité. La integración y actividades del comité se revisarán y ratificarán en el primer encuentro que tendrá lugar, probablemente, en Junio de 1975*.

VII. PROYECTOS ESPECIALES DE INVESTIGACION

Como se mencionó en la Sección IV, existen numerosas áreas de investigación del frijol que se pueden estudiar en forma más apropiada en los laboratorios de los países desarrollados o bajo contratos especiales. Entre éstas se pueden mencionar las siguientes:

Estudios sobre temperatura del suelo. La temperatura del suelo en la sede del CIAT puede exceder los 45°C durante varias horas al día y en otras áreas se aproxima a los 60°C. Con temperaturas mucho más bajas disminuye el crecimiento de las plantas y la fijación del nitrógeno en otras leguminosas de grano (Dart *et al.*, 1973). El efecto de la temperatura depende casi siempre de la variedad o cepa que se esté estudiando. El CIAT no tiene facilidades para efectuar experimentos con temperatura regulada; este fenómeno se podría estudiar mejor por medio de investigación de apoyo realizada en otros laboratorios mejor equipados. En la sede del CIAT se continuará con las medidas prácticas para reducir la temperatura del suelo tales como la cubierta protectora, la labranza mínima y los cultivos asociados. Con la cubierta protectora, en especial, se han obtenido buenos resultados.

El desarrollo de germoplasma para tierras altas tropezará con el problema de las temperaturas bajas, lo cual requerirá un estudio similar.

Enfermedades transmitidas por la semilla. Muchos aspectos de las enfermedades transmitidas por las semillas se podrían estudiar en forma más eficaz fuera de la sede del CIAT. Por ejemplo, la dificultad de distinguir entre los problemas virales con sintomatología similar. Existe mucha confusión entre el virus del mosaico amarillo del frijol (que se encuentra corrientemente en Chile), el virus del mosaico dorado (en Guatemala) y el virus del mosaico ampollado (en El Salvador). Lo más adecuado para identificar estos virus diferentes sería utilizar los métodos serológicos

* El texto de esta publicación fue elaborado en Mayo de 1975

pero esta técnica no se justifica dentro del programa del CIAT. El hecho de que variedades aparentemente libres de patógenos, algunas veces muestren síntomas en generaciones subsecuentes, es de interés directo para el CIAT. Se debe investigar el mecanismo mediante el cual estos virus o bacterias permanecen viables en las plantas sin causar daños visibles.

Fertilización con fósforo. Ya se ha hecho alusión a la importancia de la fertilización y del sistema de aplicación del fósforo. Si bien el CIAT no puede investigar la química del fosfato en el suelo, el conocimiento en este campo sería sumamente importante para desarrollar prácticas de fertilización. Igualmente, se debería determinar la presencia de micorrizas endotrópicas en los suelos tropicales y su importancia con relación a la disponibilidad de fósforo.

Manejo de la información. Si, como parece posible, el Programa de Fríjol del CIAT llega a ser el centro mundial de germoplasma de *Phaseolus vulgaris*, sería necesario mejorar el manejo y la recuperación de la información así como los sistemas de análisis de la misma. La información sobre el banco de germoplasma puede ser una herramienta de gran utilidad, por ejemplo, para los estudios hechos en Australia de *Stylosanthes* sp. (Burt *et al.*, 1971). Los procedimientos que agilicen la selección son esenciales para disminuir el tiempo perdido al suministrar los pedidos de germoplasma.

Estudios proteínicos. Dada la falta de énfasis que en la actualidad da el CIAT a la cantidad y calidad de la proteína, es esencial que otros centros comiencen estudios sobre las interacciones proteína-rendimiento. Este trabajo se está realizando, en parte, en la Universidad de Cambridge y en el INCAP, en Guatemala.

El acuerdo entre el CIAT y las universidades de Cornell, Hokkaido y Michigan sirve para ilustrar la eficacia de la investigación cooperativa. El factor principal estudiado por estas universidades, bajo este acuerdo, es la fisiología básica del fríjol que comprende factores tales como la caída de las flores y el desarrollo de la vaina, la fotosíntesis de la vaina y su contribución al rendimiento, y las causas de la inestabilidad en los hábitos de crecimiento del fríjol.

LITERATURA CITADA

Bean Improvement Cooperative. *Annual Report*, v. 5, 1962.

Brakel, J. La fixation symbiotique de l'azote chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.); comparaison de l'activité fixatrice de diverses souches de *Rhizobium*. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux* (Bélgica) (n.s.) 1(4): 525-533, 1966.

_____, y P. Manil. La fixation symbiotique de l'azote chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.); essais de bactérization par *Rhizobium phaseoli*. *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* (Belgica). 33(1): 3-25, 1965.

Bressani, R., M. Flores y L. G. Elias. Acceptability and value of food legumes in human diet. In *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. (Informe del Seminario). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 17-48, 1974.

Burt, R. L. et al. Numerical analysis of variation patterns in the genus *Stylosanthes* as an aid to plant introduction and assessment. *Australian Journal of Agricultural Research*. 22(5): 737-757, 1971.

Cardona-Alvarez, C. y J. C. Walker. Angular leaf spot of bean: *Phytopathologia*. 46: 610-615, 1956.

CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. *1973 Annual Report*. Cali, Colombia. 254 p., 1974.

_____. *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. D. Wall, ed. (Informe del seminario, Feb. 26-Marzo 1, 1973). Cali, Colombia. 388 p., 1973.

Costa, C. L. y C. J. Rossetto. Pragas e moléstias e seu controle: I. In *Feijão*. (Informe do Projeto de Pesquisa em Feijão). Campinas, Brasil, 1971. Anais. Viçosa, Brasil, UNICAMP. Federal de Viçosa, pp. 281-302, 1972.

Dart, P. J. et al. In IBP Synthesis Meeting Nitrogen Fixation in the Biosphere. Edimburgo, 1973.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Production Yearbooks*. 1952-73. Roma. 1953-1974.

Fassbender, H. W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. *Turrialba* 19(4): 497-505, 1969.

_____, L. Muller y F. Balerdi. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con plantas. *Turrialba* 18(4): 333-347, 1968.

Freytag, G. F. Agronomic practices for food legume production in Latin America. In *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. (Informe del Seminario). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 199-217, 1973.

- Gentry, H. S. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Economic Botany* 23(1): 55-69, 1969.
- Graham, P. H. y D. H. Hubbell. Volumen Especial. American Society of Agronomy, en prensa: 1975.
- Gazzelli, R. J. y S. Miyasaka. Práticas Agrícolas. In Simposio brasileiro de feijão, Campinas, Brasil. 1971. Anais. Viçosa, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. pp. 245-272, 1972.
- Gutiérrez, U., M. A. Infante y A. M. Pinchinat. Descripción de los principales aspectos del desarrollo del cultivo del frijol en América Latina. Boletín Técnico, Centro Internacional de Agricultura Tropical. En preparación, 1975.
- Harro, E. A. et al. *World Fertilizer Market Review and Outlook*. Bulletin Y 70. National Fertilizer Development Center, TVA. Muscle Shoals, Ala. 1974.
- Hernández-Bravo, G. Potentials and problems of production of dry beans in the lowland tropics. In *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. (Informe del Seminario). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 144-150, 1973.
- Jeffrey, W. G. y O. Bucher. El contenido de nitrógeno total y aminoácidos azufrados en diferentes líneas de frijoles (*Phaseolus vulgaris*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 24: pp. 107-113, 1974.
- Machobane, E. Nutrição e adubação. In Simposio Brasileiro de feijão, Campinas, Brasil, 1971. Anais. Viçosa, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. pp. 209-242, 1972.
- Miranda, C. S. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). In *Reunión Latinoamericana de Fitotecnia*. 7a., Maracay, Venezuela. Resúmenes de los trabajos científicos, Maracay, Venezuela, Nuestra América. sf. p. 103, 1967.
- Orozco, S. y C. Cardona Alvarez. Evidence of seed transmission of angular leaf spot of bean. *Phytopathology*. 49: 159, 1959.
- Pinchinat, A. M. Report on survey of the food legume situation in Latin America. In *Potentials of field beans and other food legumes in Latin America*. (Informe del Seminario). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 311-323, 1973.
- Roberts, L. M. The food legumes: recommendations for expansion and acceleration of research. Rockefeller Foundation, New York. (Informe mimeografiado) 1970.
- Sanchez, F. R. y A. M. Pinchinat. Bean seed quality in Costa Rica. *Turrialba*. 24(1): 72-75, 1974.

- Scobie, G., M. A. Infante y U. Gutierrez. Production and consumption of dry beans and their role in protein nutrition: a review. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Boletín Técnico Serie EE, en prensa, 1975.
- Vieira, C. et al. Variedades, melhoramento e genética do feijoeiro. In Simposio brasileiro de feijão, Campinas, Brasil. 1971. Anais. Viçosa, Brasil. Universidade Federal de Viçosa. pp. 155-200, 1972.
- Vieira, L. S. y E. Bornemisza. Categorias de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonía de Brasil. *Turrialba*. 18(3): 242-248, 1968.
- Wetzel, C. T. et al. Produção de sementes de feijão. In Simposio brasileiro de feijão, Campinas, Brasil. 1971. Anais. Viçosa, Brasil. Universidade Federal de Viçosa. pp. 419-462, 1972.
- Whiteway, J. B. y W. K. Nduku. Effects of mineral nutrition on nitrogen fixation in inoculated field beans (*Phaseolus vulgaris*). *Rhodesia, Zambia and Malawi Journal of Agricultural Research*. 5(3): 309-311. 1967.
- Zaumeyer, W. J. y H. R. Thomas. *Monographic study of bean diseases and methods for their control*. U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin 868. 255 p., 1957.