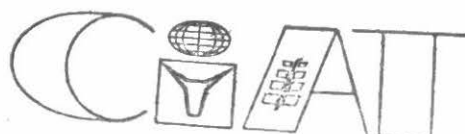


7379  
- ESPAÑOL -



CENTRO DE DOCUMENTACION  
OCT. 1976





CENTRO DE DOCUMENTACION 8 OCT. 1970

# Sistemas de producción de fríjol

Esta publicación es una reproducción del capítulo sobre  
Sistemas de Producción de Fríjol, Informe Anual del CIAT, 1975

**Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT**

**Apartado Aéreo 67-13 Cali, Colombia, S. A.**

**Cables CINATROP**

## PERSONAL DEL PROGRAMA DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE FRIJOL

### Directores del CIAT

**John L. Nickel**, PhD, Director General  
**Eduardo Alvarez-Luna**, Ph.D., Director General Asociado,  
Cooperación Internacional  
**Kenneth O. Rachie**, Ph.D., Director General Asociado,  
Investigaciones

### Personal Científico

#### *Líder*

**Peter H. Graham**, Ph.D., Microbiólogo

#### *Investigadores principales*

\***Per Pinstrup-Andersen**, Ph.D., Economista Agrícola  
**Robert Burns**, MS, Encargado del Banco de Germoplasma  
**Charles A. Francis**, Ph.D., Agrónomo  
**Guillermo Gálvez**, Ph.D., Fitopatólogo  
**Guillermo Hernández-Bravo**, Ph.D., Fitomejorador  
\***Reinhardt Howeler**, Ph.D., Edafólogo  
**Douglas Laing**, Ph.D., Fisiólogo  
**Aart van Schoonhoven**, Ph.D., Entomólogo  
\***Steve Temple**, Ph.D., Fitomejorador

#### *Investigadores asociados*

**Camilo Alvarez**, MS  
**Carlos Flor**, MS  
\*\***Mario A. Infante**, MS  
**Luis A. Rojas**, MS

\* Asignado a dos prograas  
\* Se retiró en 1975.

#### *Posdoctorales*

**Yoshihiko Hayakawa**, Ph.D.  
**Kazuhiro Joshii**, Ph.D.  
**Fred Eskafi**, Ph.D.

#### *Investigadores asistentes*

**Germán Alvarez**, Ing. Agr.  
**Ricardo Campos**, Ing. Agr.  
**Mauricio Castaño**, Ing. Agr.  
**José J. Galindo**, Ing. Agr.  
**James García**, Ing. Agr.  
**Luis A. Gómez**, Ing. Agr.  
**Carlos González**, Ing. Agr.  
**Fabio Gutiérrez**, Ing. Agr.  
**Carlos Gutiérrez**, Ing. Agr.  
**Roberto Hernández**, Ing. Agr.  
\*\***Rigoberto Hidalgo**, Ing. Agr.  
**Norha Ruiz de Londoño**, Ing. Agr.  
\*\***Dario Martínez**, Ing. Agr.  
**Carlos J. Medina**, Ing. Agr.  
**Jorge E. Parra**, Ing. Agr.  
\*\***Jaime Piedrahita**, Ing. Agr.  
**Martín Prager**, Ing. Agr.  
\*\***Alvaro Ramírez**, Ing. Agr.  
**José Restrepo**, Ing. Agr.  
**Hember Rubiano**, Ing. Agr.  
**Juan C. Rosas**, Ing. Agr.  
\*\***Carlos I. Sierra**, Ing. Agr.  
**Fernando Takegami**, Ing. Agr.  
\*\***Carlos H. Tamayo**, Ing. Agr.  
**Guillermo Valencia**, Ing. Agr.  
**Silvio Zuluaga**, Ing. Agr.

## CONTENIDO

PROGRESOS LOGRADOS EN 1975	C- 1
ECONOMIA AGRICOLA	C- 3
Factores agronómicos de la producción de frijol en Colombia	C- 3
Factores económicos de la producción de frijol en Colombia	C- 8
FITOMEJORAMIENTO	C-10
Programa de hibridación	C-10
Técnicas de hibridación	C-13
Estudios sobre la herencia	C-13
COLECCION DE GERMOPLASMA	C-14
FISIOLOGIA	C-16
Estudios sobre el crecimiento y desarrollo de la planta	C-16
Relación entre sitio de origen de productos fotosintéticos y sitio de acumulación	C-18
Potencialidad de rendimiento de una amplia gama de genotipos	C-22
Insensibilidad al fotoperíodo	C-24
Selección por tolerancia a la sequía	C-25
Estabilidad del hábito de crecimiento	C-26
MICROBIOLOGIA	C-26
Interacción variedad-cepa	C-26
Comparación del frijol y de la soya con relación a la fijación de nitrógeno	C-29
Pruebas de cepas	C-32
Suministro de inoculantes	C-32
ENTOMOLOGIA	C-32
<i>Empoasca kraemeri</i>	C-32
Acaros	C-37
Chizas	C-37
Insectos que atacan al frijol almacenado	C-38
FITOPATOLOGIA	C-40
Añublo bacterial común	C-40
Roya	C-41
Antracnosis	C-41
Virus del mosaico común del frijol	C-42
Virus del mosaico dorado del frijol	C-43
Virus del moteado clorótico del frijol	C-44
Virus del mosaico rugoso y del mosaico ampollado	C-46
Defoliación artificial para simular las pérdidas causadas por enfermedades	C-46
Patología de la semilla	C-46
Tratamiento de la semilla con fungicidas	C-47
AGRONOMIA	C-49
Ensayos de variedades	C-49
Estudios sobre la fertilización del frijol	C-51
Prácticas agronómicas	C-55
Estudios sobre la densidad de siembra	C-58
Cultivos múltiples	C-60
ACTIVIDADES DE COOPERACION INTERNACIONAL	C-62

**Datos climáticos y edafológicos de las localidades en las cuales el Programa de Frijol del CIAT realizó investigaciones en 1975**

Localidades*	Altura (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Lluvia (mm/año)	M.O. (%)	pH	P (Bray II) (ppm)	K (meq/100 g)	Textura del suelo
<b>Colombia<sup>1</sup></b>								
CIAT, Palmira (Valle)	1.000	24,0	1.000	6,80	6,9	46,3	0,44	Arcilloso
Popayán <sup>2</sup> (Cauca)	1.760	18,0	2.500	7,56	5,0	2,4	0,44	Franco arcilloso
Nataima <sup>3</sup> (Tolima)	430	27,8	1.479	1,30	6,2	24,7	0,22	Arenoso
Turipaná <sup>3</sup> (Córdoba)	13	28,0	1.200	3,1	6,8	13,8	0,68	Arcilloso
Tibaitatá <sup>3</sup> (Cundinamarca)	2.250	13,1	606	-	-	-	-	-
Restrepo <sup>4</sup> (Valle)	-	-	-	6,2	6,0	4,9	0,48	Franco arenoso
Vijes, Yotoco <sup>4</sup> (Valle)	-	-	-	7,4	5,9	7,0	0,31	Franco arenoso
La Zapata (Valle)	1.200	22,7	1.219	6,0	5,0	1,7	0,55	Franco arcilloso
<b>Ecuador</b>								
Bolicho <sup>5</sup>	50	25,1	727	3,8	4,3	3,0	2,30	Franco arcilloso
<b>Perú</b>								
La Molina <sup>6</sup>	200	17,7	5	1,5	8,0	309,0	0,43	Franco arcilloso

<sup>1</sup> Nombres de los departamentos indicados entre paréntesis

<sup>2</sup> En cooperación con la Secretaría de Agricultura del Cauca

<sup>3</sup> En cooperación con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

<sup>4</sup> En cooperación con la Federación Nacional de Cafeteros

<sup>5</sup> En cooperación con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

<sup>6</sup> En cooperación con el Ministerio de Agricultura.

# Sistemas de producción de frijól

## PROGRESOS LOGRADOS EN 1975

En su segundo año de operaciones, el Programa de Sistemas de Producción de Frijol prosiguió en su desarrollo y consolidación. Las prioridades establecidas, después de hacer un profundo análisis de los problemas que se presentan en la producción de frijól en América Latina, hacen énfasis en los siguientes puntos: la caracterización del germoplasma y el suministro de material mejorado a los programas nacionales de investigación; asistencia a los científicos de América Latina en lo referente a documentación y adiestramiento; y el desarrollo de sistemas de producción de frijól que minimicen el uso de fertilizantes y de productos agroquímicos costosos. Durante 1975, el nombramiento de nuevos miembros del personal científico en fisiología y en sistemas agronómicos, hizo posible progresar considerablemente en tales áreas. A continuación se presentan algunos de los principales progresos logrados durante el año.

En el primer año de hibridaciones en frijól, se utilizaron 85 progenitores en un programa intensivo de cruzamientos. Se hicieron 4.530 polinizaciones, las cuales representan 1.266 hibridaciones diferentes; además, se establecieron pruebas de progenies en el campo de 35.400 plantas en genreaciones  $F_1$  y  $F_2$ .

Tanto en frijól arbustivo como trepador, se obtuvieron altos rendimientos bajo condiciones experimentales, haciendo promisoria su utilización para lograr altos rendimientos comercialmente lo cual parecía ser un objetivo inalcanzable con estas especies. Con el frijól arbustivo, el máximo rendimiento logrado en parcelas replicadas fue de 4,26 ton|ha; con frijól trepador, bajo condiciones de monocultivo, los rendimientos oscilaron consistentemente entre 4,5 y 5,5 ton|ha.

En 1975, se continuaron los ensayos varietales sobre frijól arbustivo, y una vez más, se alcanzaron niveles satisfactorios con respecto a los rendimientos. Los científicos que asistieron al Simposio sobre Mejoramiento Genético y Germoplasma de Frijol contribuyeron al diseño y aprobación de planes de acción relacionados con el establecimiento de una serie internacional de ensayos de variedades, durante 1976.

Los estudios sobre fijación de nitrógeno, realizados cerca a la ciudad de Popayán, mostraron tasas de fijación similares a las registradas para la soya. En un período de 120 días, las 10 variedades estudiadas fijaron un promedio de 25 kg|ha de N.

Se hizo un estudio agroeconómico que cubrió las principales regiones productoras de frijól en Colombia, el cual proporciona información valiosa sobre la incidencia y severidad de las enfermedades, problemas de la producción y el almacenamiento y la calidad de la semilla.

Como parte de su nueva responsabilidad en la coordinación de las investigaciones sobre frijol en América Latina, durante 1975 el Programa organizó una serie de conferencias para discutir los problemas sobre mejoramiento, germoplasma y enfermedades. También, el Comité Asesor del Cultivo del Frijol se reunió para evaluar las actividades del Programa. En el CIAT recibieron adiestramiento 26 becarios, incluyendo dos candidatos al doctorado y tres a la maestría.

Además, se presentaron cambios en cuanto al énfasis de algunos objetivos del Programa. Los estudios sobre germoplasma jugaron un papel menos preponderante que en años anteriores, en tanto que se dio un mayor énfasis a las investigaciones sobre frijol trepador y cultivos asociados de maíz y frijol. Las investigaciones sobre ataque de ácaros, los cuales, anteriormente fueron considerados como de importancia primaria en América Latina se remplazaron por investigaciones sobre un solo ácaro, del género **Tarsonemus**.

## **ECONOMIA AGRICOLA**

En 1974 se inició el análisis de los sistemas de producción de frijol, en cuatro regiones\* de Colombia (Informe Anual del CIAT, 1974). El objetivo fundamental del análisis es el de conocer algunas características del proceso de producción de frijol que sean de utilidad para establecer prioridades en lo referente a la investigación agrícola y políticas gubernamentales. En 1975 se concluyó la recolección de información correspondiente a tres de las cuatro regiones, la cual está en proceso de análisis. Aunque algunos de los resultados que se presentan en este informe corresponden a las cuatro regiones, la discusión se ha concentrado en una de ellas: la región del Valle del Cauca puesto que el análisis de sus datos está más avanzado.

---

\* Se ha empleado la palabra región en lugar de departamento, subdivisión política equivalente a estado o provincia.

## **Factores agronómicos de la producción de frijol en Colombia**

### **Niveles tecnológicos y rendimientos del frijol**

Las 177 fincas estudiadas se localizan en las siguientes regiones: Valle del Cauca, 31; Huila, 105; Antioquia, 22; y Nariño, 19. En la región del Valle del Cauca, se emplea primordialmente el monocultivo del frijol mientras que en Huila, Antioquia y Nariño se cultiva asociado con maíz, especialmente. En Huila, parte del área dedicada al cultivo de frijol se siembra también con frijol solamente. En otros sistemas de cultivos intercalados, el frijol se siembra con papa, arveja o mani. El Cuadro 1 presenta los tamaños de finca, utilización de la tecnología moderna y rendimiento para las cuatro regiones. El Valle del Cauca se caracteriza por sus fincas comerciales relativamente grandes, la utilización extensiva de la tecnología moderna, el uso del monocultivo y los rendimientos de frijol relativamente altos. En contraste, la región de Nariño está



Cuadro 1. Características de la producción de frijol en cuatro regiones de Colombia.

	Valle	Huila	Antioquia	Nariño
Superficie promedio de la finca (ha)	48,0	25,2	4,5	4,0
Superficie cultivada en frijol (ha)	22,6	5,9	1,5	1,8
Porcentaje de fincas que utilizan:				
Riego	45	3	0	0
Semilla certificada	52	7	0	5
Fertilizantes	94	24	100	0
Herbicidas	33	0	0	0
Insecticidas	87	23	64	10
Fungicidas	97	10	59	0
Credito	87	53	54	58
Asistencia técnica	71	30	32	32
Cultivos asociados	0	74	100	95
Maquinaria	100	44	5	0
Rendimiento de frijol (kg ha)	906	683	509	447
Rendimiento equivalente de frijol (kg ha)	906	n.d.	919	703

conformada principalmente por fincas pequeñas en las cuales la utilización de la tecnología moderna es muy limitada, predomina el sistema de cultivos múltiples y los rendimientos de frijol son relativamente bajos. En el Valle del Cauca, los rendimientos en las fincas pequeñas fueron solamente algo más de la mitad de los obtenidos en las grandes. El Cuadro 2 muestra que incluso en una misma región, se presentan amplias diferencias entre los sistemas de cultivo y los niveles de tecnología utilizados para la producción de frijol. Las diferencias son más marcadas en lo relacionado con la utilización del riego, semilla certificada, herbicidas, crédito y asistencia técnica.

Estos nuevos conocimientos indican que los esfuerzos de la investigación orientados hacia la ampliación y mejoramiento de la productividad, deben tener en cuenta el sistema de producción específico y la región hacia la cual van enfocados los esfuerzos. Es factible que las nuevas tecnologías para el sistema del monocultivo a gran escala, sean adoptadas rápidamente por los agricultores más

progresistas que caracterizan a la región del Valle del Cauca. Posiblemente se requerirá hacer esfuerzos especiales para diseñar y difundir tecnología con el fin de beneficiar a los pequeños agricultores, que son típicos de las regiones de Nariño y de Antioquia.

### Enfermedades e insectos

En todas las regiones estudiadas se encontraron cultivos de frijol afectados por mancha angular, roya y añublo bacterial. Se constató que otras enfermedades son importantes en algunas pero no en todas las regiones (Cuadro 3). En una sección posterior de este capítulo, se discute el impacto de algunas de estas enfermedades sobre el rendimiento.

Se encontraron muchas especies de insectos perjudiciales en aquellos cultivos de frijol bajo observación, siendo **Empoasca** y trips, los más frecuentes. El porcentaje de fincas afectadas por cada especie de insecto, difiere bastante entre las regiones (Cuadro 4).

**Cuadro 2. Características seleccionadas para la producción de frijol en fincas de tres tamaños en el Valle del Cauca.**

	Tamaño de la finca		
	Pequeña	Mediana	Grande
Superficie promedio de las fincas (ha)	2,8	21,0	115,0
Superficie cultivada en frijol (ha)	2,4	17,0	47,5
Porcentaje de fincas que utilizan:			
Riego	18	44	73
Semilla certificada	18	22	54
Fertilizantes	90	100	100
Aplicado al suelo	40	66	64
Foliales	60	78	100
Herbicidas	20	33	45
Insecticidas	91	78	91
Sistema de aplicación:			
Aérea	0	22	64
Con tractor	0	22	27
Con fumigadora de espalda	100	89	64
Fungicidas	100	100	100
Crédito	73	89	100
Asistencia técnica	27	89	100
Cultivos asociados	0	0	0
Maquinaria	100	100	100
Rendimiento de frijol (kg/ha)	683	896	1.118

**Cuadro 3. Porcentaje de las fincas productoras de frijol en cuatro regiones de Colombia, en las cuales se observaron enfermedades durante las visitas.**

	Región							
	Valle <sup>1</sup>		Huila <sup>2</sup>		Antioquia <sup>3</sup>		Nariño <sup>4</sup>	
	Visitas: I	II	I	II	I	II	I	II
Mancha angular de la hoja	74	100	30	78	91	91	32	79
Roya	94	94	63	71	41	68	26	16
Añublo bacterial	55	84	40	77	0	9	53	79
Mancha gris	0	3	44	63	68	82	63	53
Antracnosis	0	0	50	51	86	100	37	42
Mancha harinosa	0	0	11	72	73	64	10	47
Mildeu polvoso	0	0	6	28	50	68	0	0
Virus	10	19	21	6	0	0	21	11
Pudrición radicular	39	13	19	1	5	9	37	5
Mancha de la hoja (Alternaria)	0	0	21	11	14	9	16	5

<sup>1</sup> Período vegetativo del cultivo: 80-100 días. Visita I, 20-30 días después de la siembra; II, 50- 60 días después de la siembra

<sup>2</sup> Período vegetativo del cultivo: 80-120 días. Visita I, 30-50 días después de la siembra; II, 70- 90 días después de la siembra

<sup>3</sup> Período vegetativo del cultivo: 120-160 días. Visita I, 60-80 días después de la siembra; II, 90-100 días después de la siembra

<sup>4</sup> Período vegetativo del cultivo: 90-110 días. Visita I, 30-40 días después de la siembra; II, 60- 70 días después de la siembra.

Cuadro 4. Porcentaje de las fincas de frijol en cuatro regiones de Colombia, en las cuales se observaron insectos durante las dos visitas.

	Región							
	Valle		Huila		Antioquia		Nariño	
	Visitas: I	II	I	II	I	II	I	II
Atacan las plántulas:								
Tierreros	13	0	14	4	0	0	0	0
Grillos	13	0	11	0	0	0	0	0
Chupadores de follaje:								
Afidos	32	6	56	77	18	14	37	53
Trips	39	36	79	70	36	36	68	63
( <i>Nezara</i> sp.)	0	6	0	2	9	0	5	0
<b>Empoasca</b> sp. (adultos)	61	97	87	85	68	64	68	79
<b>Empoasca</b> sp. (ninfas)	36	87	78	83	64	77	63	95
Mosca blanca	62	26	42	38	36	0	47	26
<b>Gargaphia</b> sp.	0	0	14	30	0	0	0	0
Minadores de la hoja:								
<b>Agromyza</b> sp., <b>Liriomyza</b> sp.	26	42	60	57	0	0	58	32
<b>Hemichalepus</b> sp.	0	43	55	30	68	55	47	5
Comedores de follaje:								
<b>Estigmene</b> sp.	13	13	3	6	-	5	0	0
<b>Trichoplusia</b> sp.	0	55	16	39	14	45	5	0
<b>Hedylepta</b> sp.	6	16	7	32	0	0	0	0
<b>Urbanus</b> sp.	0	3	9	4	0	0	0	0
<b>Spodoptera</b> sp.	3	3	0	0	0	0	0	0
Crisomélidos	36	52	12	7	32	0	53	16
Atacan las vainas:								
<b>Heliothis</b> sp.	0	16	0	10	0	0	0	16
<b>Trichoplusia</b> sp.	0	32	0	30	0	0	0	16
<b>Maruca</b> sp., <b>Epinotia</b> sp.	0	48	0	52	0	59	0	5
Dípteros	0	0	0	8	0	23	0	26
Barrenadores del tallo:	0	0	1	0	82	59	0	0
Acaros:								
<b>Tetranychus</b> sp.	0	0	16	48	0	0	0	0

## Suelos

En cada finca incluida en el estudio, se tomaron muestras de suelo para comprender mejor las necesidades de fertilizantes y los rendimientos obtenidos. Estas muestras se están analizando para determinar el contenido de materia orgánica, el pH y los niveles de calcio, magnesio, fósforo y potasio.

## Población de plantas y pérdida de semilla

A los 30 días de la siembra, se estimó que la población promedio de plantas, para la región del Valle del Cauca, era de 387.000 plantas por hectárea. La población de plantas por hectárea tiende a ser mayor en las fincas grandes. Se observó una pérdida considerable de semilla o de plántulas,

durante los primeros 30 días después de la siembra; las pérdidas en la población de plantas, en la época de establecimiento del cultivo, fueron de 50 y 32 por ciento en las fincas pequeñas y grandes, respectivamente y se están estudiando las causas de estas pérdidas tan altas.

Mediante el análisis de la función de producción y utilizando los precios actuales de la semilla (US\$700/ton), la población óptima se estimó en 419.500 plantas por hectárea y se calculó que la producción máxima se obtendría con 486.600 plantas por hectárea. Se estimó que con los precios actuales de la semilla el aumento de la densidad de la población al nivel económico óptimo incrementaría solamente en 14 kg/ha los rendimientos.

### Utilización de mano de obra

La Figura 1 muestra la estimación de la mano de obra que se utiliza en la producción de frijol en el Valle del Cauca de acuerdo con las diferentes actividades de producción y con el tamaño de la finca. La producción de frijol en la región es altamente mecanizada; por lo tanto, la mano de obra utilizada es baja en comparación con otras regiones. El control de malezas y las prácticas culturales representan casi la mitad del total de la mano de obra empleada la cual en el proceso de producción es mayor en las fincas pequeñas que en las grandes; esta diferencia se acentúa en las desyerbas y prácticas culturales debido a que son pocos los pequeños agricultores que utilizan herbicidas. La mano de obra empleada en el

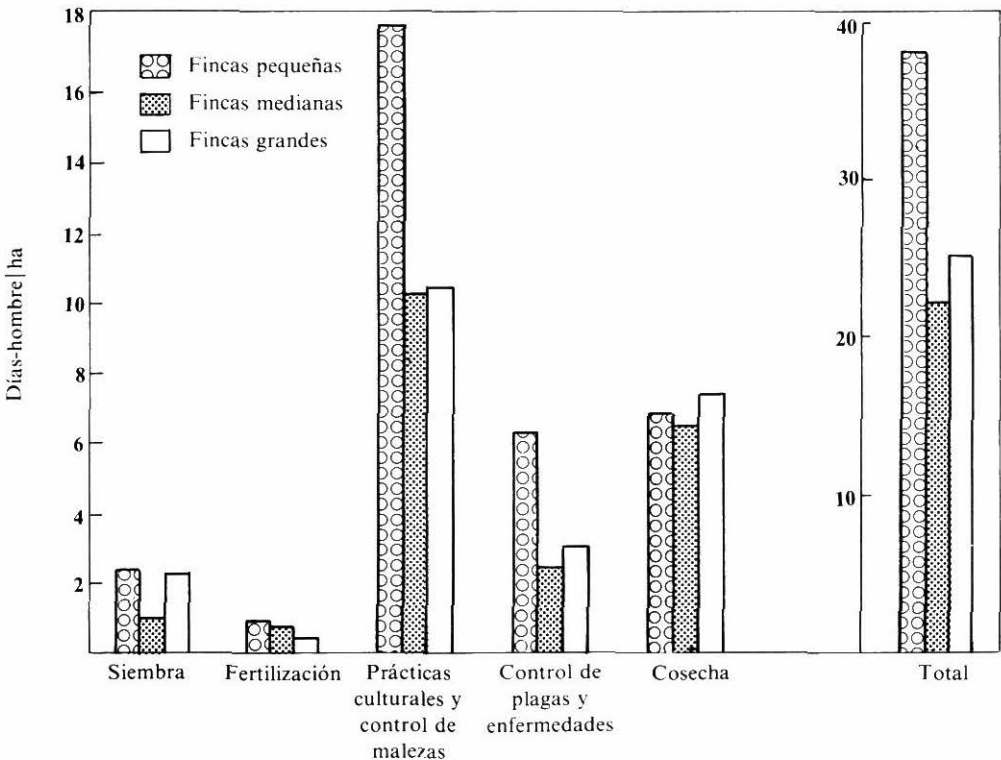


Figura 1. Uso de mano de obra en la producción de frijol por actividad y tamaño de la finca (Valle del Cauca, Colombia 1975).

Cuadro 5. Costos variables estimados de la producción de frijol para tres tamaños de finca en la región del Valle del Cauca, Colombia (1974-1975).

	Tamaño de la finca					
	Pequeña		Mediana		Grande	
	(US\$ ha)	(%)	(US\$ ha)	(%)	(US\$ ha)	(%)
Preparación de la tierra	33,87	14,5	46,57	17,0	42,70	13,0
Semilla y siembra	67,57	29,0	61,00	22,2	67,57	20,6
Fertilizantes y aplicación	17,37	7,5	22,93	8,3	24,40	7,4
Riego, drenaje	-	-	3,47	1,3	5,57	1,7
Prácticas culturales y control de malezas	36,67	15,8	30,63	11,2	30,70	9,4
Control de plagas y enfermedades	38,33	16,5	57,50	21,0	74,23	22,6
Cosecha	15,83	6,8	21,67	7,9	45,27	13,8
Otros costos	23,23	9,9	30,47	11,1	37,80	11,5
Total	232,87	100,0	274,24	100,0	328,24	100,0

control de plagas y de enfermedades también difiere, en virtud de que los grandes agricultores utilizan tractores para aplicar insecticidas y fungicidas, mientras que los pequeños tienden a utilizar fumigadoras de espalda.

### Factores económicos de la producción de frijol en Colombia

#### Costos de producción e ingresos

El Cuadro 5 presenta los costos variables estimados, con base en la actividad de la producción y el tamaño de la finca. Los costos de la semilla y de la siembra representan, aproximadamente, el 25 por ciento del total de los costos variables, seguidos por el control de plagas y

enfermedades (20 por ciento) y preparación del suelo (15 por ciento). Se encontró una notoria diferencia en los costos de producción entre los grupos de fincas clasificados por tamaño. Los costos variables totales se estimaron en US\$233 y US\$328 por hectárea para las fincas pequeñas y grandes, respectivamente. Las diferencias en los costos, se deben primordialmente a las cantidades aplicadas de fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas, y en menor grado, a diferencias en los costos de la cosecha que a su vez obedecen a las variaciones en el rendimiento.

El Cuadro 6 presenta los ingresos brutos y netos estimados para la producción de

Cuadro 6. Resultados económicos estimados de la producción de frijol para tres tamaños de finca en la región del Valle del Cauca, Colombia (1974-1975).

	Tamaño de la finca		
	Pequeña	Mediana	Grande
Rendimiento (kg ha)	683	896	1.118
Valor de la producción (US\$ ha)	366	508	626
Costos totales (US\$ ha)	317	352	432
Ganancia neta (US\$ ha)	49	156	194
Relación costo beneficio	-1,15	1,44	1,45

frijol en el Valle del Cauca, durante el período de estudio. Los incrementos en el rendimiento, los costos totales y los ingresos netos fueron directamente proporcionales al aumento de tamaño de la finca. La relación costo|beneficio fue de 1,15 para las fincas pequeñas y de 1,45 para las grandes.

Se hizo un análisis de la función de producción para determinar los niveles óptimos de los costos variables (excluyendo los costos de la cosecha) y los rendimientos por unidad de superficie.\* Se encontró que el nivel actual de los costos variables (US\$251,77|ha) era óptimo para un precio del producto de US\$533|ton. Al precio promedio recibido por los agricultores de US\$550|ton, los ingresos netos se maximizarían a un costo variable de US\$260|ha, lo cual a su vez, aumentaría los rendimientos en 18 kg|ha y los ingresos netos en US\$1,27|ha.

Los precios recibidos por los agricultores en estudio oscilaron entre US\$400 y US\$720|ton, con los cuales los ingresos netos se maximizarían a un costo variable de US\$152 y US\$326|ha, respectivamente. Antes de la siembra, algunas compañías privadas ofrecieron a los agricultores contratos con un precio garantizado de US\$583|ton; menos de la cuarta parte de ellos aceptó firmar tales contratos. Aparentemente al momento de la siembra, los agricultores esperaban que los precios futuros para el frijol fueran iguales o superiores a los precios del contrato y que este precio sería la base para tomar decisiones con relación a los niveles mínimos de utilización de insumos y a los costos variables. Al precio del contrato, se estimó que los costos variables óptimos eran de US\$277|ha. Por lo tanto, se puede

concluir que la inversión de los agricultores en estudio fue ligeramente menor al nivel óptimo ya sea basado en el promedio real de precios o en los precios mínimos esperados. Sin embargo, dado el riesgo e incertidumbre asociados con los rendimientos y precios del frijol, la inversión de los agricultores se acercó tanto como fue posible a los niveles óptimos.

### Causas de las pérdidas de rendimiento

Se hizo un análisis de la función de producción para estimar las pérdidas en el rendimiento, debidas a factores seleccionados. El Cuadro 7 presenta las pérdidas estimadas en el rendimiento ocasionadas por ocho factores, suponiendo que el lote cultivado hubiera sido totalmente afectado. También se presenta el porcentaje del área total afectada y la pérdida total para la región. Asumiendo precios constantes como en el caso de una demanda infinitamente elástica, y utilizando el precio promedio recibido por los agricultores incluidos en el estudio (US\$550|ton), la pérdida para la región debida a la precipitación pluvial adversa y a la ausencia de un control de las aguas, se estimó en casi US\$1,2 millones para el período de cultivo que se inició en octubre de 1974.\* Se estimó que la pérdida causada por la roya era ligeramente menor a la anterior. El añublo bacteriano redujo los rendimientos regionales promedios en 137 kg|ha y la producción regional total, en aproximadamente 1.700 toneladas; otros factores importantes que limitaron los rendimientos fueron el ataque de **Empoasca** y la mancha angular. En el 59 por ciento del área se utilizó semilla certificada y se estimó en US\$0,5 millones la ganancia potencial usando esta semilla en el resto del área. Las ganancias potenciales al op-

\* Los costos de cosecha se excluyeron de los costos variables debido a que son determinados por la cantidad de producto cosechado y no lo contrario. Por lo tanto debido a que los costos de cosecha son fijos para cada unidad de producción en la región tales costos fueron deducidos del precio del producto, en el análisis marginal.

\* Debido a que casi todo el frijol negro producido en el Valle del Cauca se exporta y a que representa una proporción pequeña de la oferta total en los mercados a los cuales se exporta, el supuesto de una demanda infinitamente elástica es probablemente válido para los límites considerados en el estudio.

Cuadro 7. Pérdidas estimadas en la producción de frijol debidas a factores seleccionados en la región del Valle del Cauca, Colombia (1974-1975).

Factor	Pérdida estimada por lote totalmente afectado		Area afectada (%)	Pérdida estimada en el Valle del Cauca			
	(kg ha)	(%)		(kg ha)	(%)	(ton)	Valor (US\$1.000)
Lluvias adversas	416	31,5	42	175	16,2	2.168	1.192
Roya	307	25,3	56	172	16,0	2.130	1.171
Añublo bacterial	Total	100,0	12	137	13,1	1.697	933
<b>Empoasca</b>	315	25,8	35	110	10,8	1.362	749
Mancha angular de la hoja	538	37,5	15	81	8,2	1.003	552
Semilla certificada	186	17,0	41	76	7,7	941	517
Costos variables	-	-	-	18	1,9	223	123
Población de plantas	-	-	-	14	1,5	173	95

\* El porcentaje se determinó con base en el rendimiento promedio estimado más la pérdida estimada debida a cada factor en particular

\*\* Valor estimado de la pérdida regional a precios constantes de US\$550/ton.

timizar los costos variables y las densidades de población, fueron bastante reducidas.

Los estimativos que se presentan en el Cuadro 7 se refieren más bien a las pérdidas brutas que a las pérdidas netas. Para poder calcular las pérdidas netas es necesario estimar los costos y beneficios secundarios, asociados con la reducción o eliminación de las pérdidas. Finalmente, los estimativos del Cuadro 7 se deben interpretar con precaución, dada su naturaleza preliminar, el escaso número de observaciones y la dificultad que se presenta en separar los efectos de los diversos factores que inciden sobre los rendimientos.

## FITOMEJORAMIENTO

### Programa de hibridación

En 1974, se inició un programa de hibridación entre selecciones promisorias del banco de germoplasma de frijol, utilizando 10 progenitores (Informe Anual del CIAT, 1974). En 1975, el número de progenitores se aumentó a 85, ampliando de esta manera las características deseables

de selección; este aumento en el número de progenitores dio un nuevo impulso al programa de hibridaciones. En octubre del mismo año, se habían hecho 4.530 polinizaciones, lo cual equivale a 1.266 hibridaciones diferentes. En el desarrollo de este programa, la eficiencia global de la polinización aumentó de un 31,5 por ciento, nivel logrado el año pasado, hasta más de un 50 por ciento. Más adelante, este punto se discutirá con mayor amplitud.

Se completaron dos ciclos de cruzamientos intensivos. A partir de los 10 progenitores iniciales, se desarrollaron 23 cruces simples en generación F<sub>2</sub> y 51 cruces dobles en F<sub>1</sub>. Estos materiales se llevaron al campo este año y se hicieron 27 selecciones masales y más de 450 selecciones individuales. Aunque aún es prematuro hablar de cifras concretas sobre rendimiento, debido a que las densidades experimentales de siembra fueron bajas, dos de los resultados merecen comentario: 1) La selección P459 probó ser un progenitor excelente. Todos los materiales promisorios procedentes de cruces dobles F<sub>1</sub> tuvieron este progenitor, como también ocho de nueve selecciones masales de poblaciones F<sub>2</sub> provenientes de cruces simples. 2) en general, las cifras

preliminares sobre los rendimientos de la progenie de los cruces dobles fueron notablemente más altos que los de la progenie de los cruces simples.

El Cuadro 8 presenta los materiales parentales y las características a seleccionar en el segundo grupo de cruces. El objetivo fue el de tratar de establecer poblaciones de base que reunieran diferentes fuentes de genes determinantes de características con herencia cuantitativa, como son la resistencia a **Empoasca**, resistencia al añublo bacterial común y rendimiento. También se hizo énfasis en combinar rasgos de herencia simple, como es la resistencia al mosaico común, en variedades comerciales prominentes. Durante 1976, se continuarán haciendo cruces y evaluaciones posteriores.

El personal técnico del Programa de Frijol, con base en las discusiones que se realizaron en el simposio sobre fitomejoramiento realizado en octubre, dedicó gran parte de su tiempo al desarrollo de una metodología para mejorar y distribuir nuevas líneas de *Phaseolus vulgaris*. Es

factible que a corto plazo, se pueda avanzar asignando mayor importancia a las características de herencia simple, como la resistencia al mosaico común y a la antracnosis, para incorporar luego estos rasgos a las variedades comerciales superiores. Esto se puede lograr mediante hibridaciones para obtener cruces simples que incorporen el carácter de resistencia a la enfermedad, junto con un programa de retrocruzamientos, para recuperar rasgos deseables de la semilla. El mejoramiento de características con herencia cuantitativa — como por ejemplo tolerancias al añublo bacterial común, al lorito verde y al virus del mosaico dorado— y la incorporación de estas características en variedades de alto rendimiento, será mucho más difícil. Parecen muy adecuados los procedimientos de la selección recurrente, como los que se presentan en la Figura 2 para seleccionar por resistencia a **Empoasca**. Para lograr tal objetivo, se harán cruzamientos y autofecundaciones con líneas consanguíneas que se probarán primero, para determinar su tolerancia a **Empoasca** (factor A) y posteriormente, su capacidad de rendimiento (factor B). En esta fase, las

Cuadro 8. Grupos de factores que se están mejorando genéticamente en *Phaseolus vulgaris* (CIAT, 1975).

No. de cruces diferentes	Grupos de factores bajo fitomejoramiento
160	Fuentes de tolerancia (5) a bacteriosis común, <i>Xanthomonas phaseoli</i> , y alto potencial de rendimiento.
183	Fuentes de tolerancia (6) a mustia hilachosa, <i>Thantephorus cucumeris</i> , y alto potencial de rendimiento.
143	Fuentes de resistencia (5) a mosaico común, <i>Marmor phaseoli</i> , alto potencial de rendimiento y variedades comerciales de América Latina.
118	Fuentes de tolerancia (14) a lorito verde (chicharritas), <i>Empoasca kraemeri</i> , y alto potencial de rendimiento.
96	Fuentes de resistencia (6) a roya, <i>Uromyces phaseoli</i> , y alto potencial de rendimiento.
13	Fuentes de resistencia (2) a mosaico amarillo y variedades comerciales de Chile.
37	Fuentes de tolerancia (2) a mosaico dorado y variedades comerciales de Honduras.
31	Fuentes de resistencia (1) a mancha angular, <i>Isariopsis griseola</i> , y alto potencial de rendimiento.
485	Combinaciones de caracteres fisiológicos por: floración tardía (3), insensibilidad a fotoperíodo (3), estabilidad en hábito de crecimiento (3), y alto potencial de rendimiento.



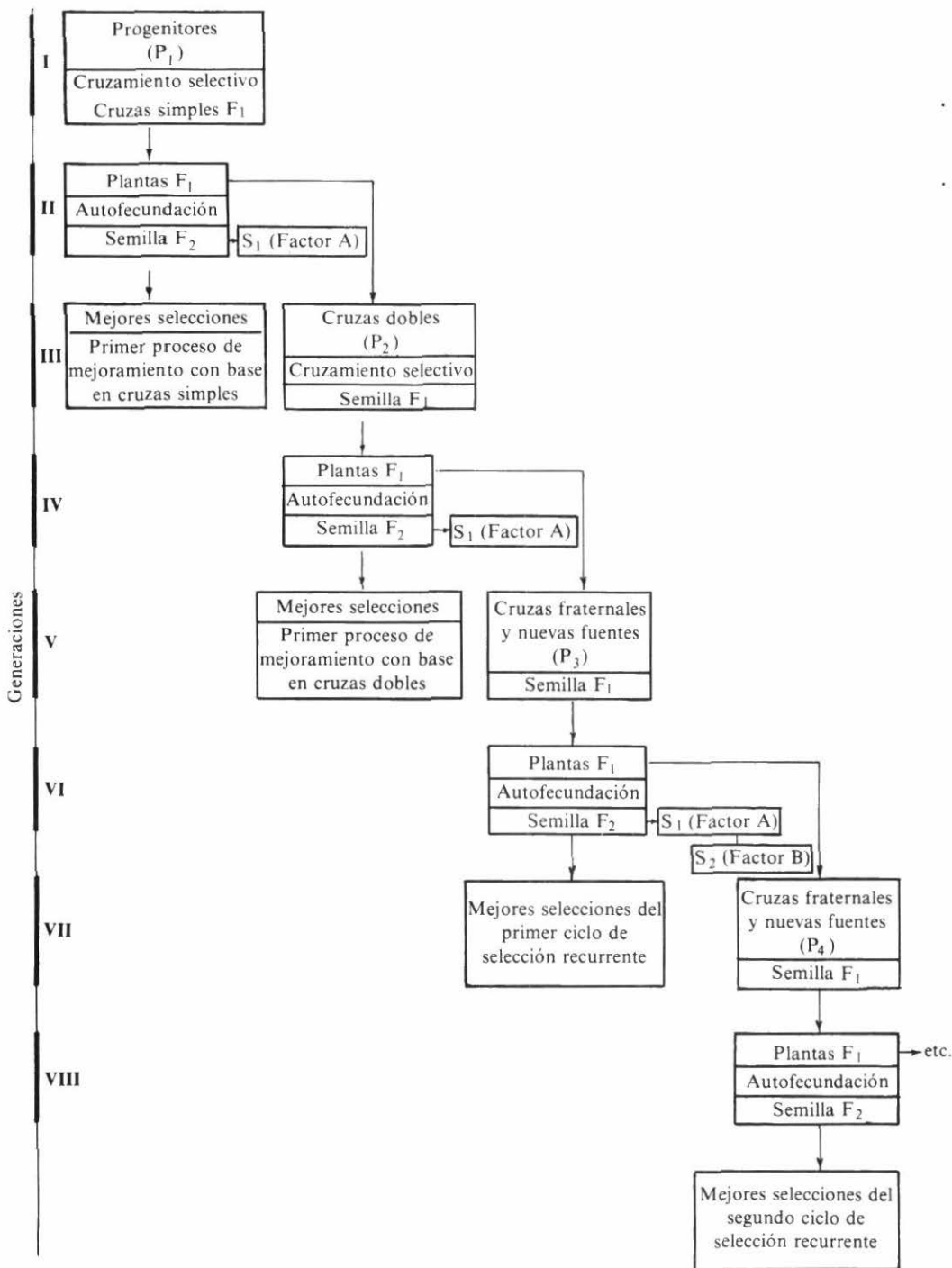


Figura 2. Proceso en el mejoramiento genético del frijol, *Phaseolus vulgaris*, con base en el método de selección recurrente. Consideración de un número inicial de 10-15 progenitores para lograr combinaciones en dos factores poligénicos (CIAT, 1975).

disciplinas de investigación correspondientes, tendrán que dar prioridad al desarrollo de procedimientos de selección que permitan distinguir diferencias relativamente pequeñas en los niveles de resistencia o de rendimiento.

### Técnicas de hibridación

Como se afirmó con anterioridad, en 1974 la eficiencia de la polinización fue sólo de aproximadamente 32 por ciento. Con el propósito de mejorar este porcentaje, en 1975 se inició un estudio para evaluar la metodología de los cruzamientos. Sin controlar las condiciones del medio ambiente se efectuaron en una casa de malla cruces utilizando las líneas P4 y P5 como progenitor femenino y masculino, respectivamente. Entre los factores que se estudiaron se pueden citar: a) uso de ácido p.4-clorofenoxiacético para evitar la abscisión de las flores polinizadas; b) colocación de un algodón húmedo alrededor de las flores polinizadas; c) hora del día que presenta mayores ventajas para efectuar la polinización; d) eliminación de todas las flores que no se han de polinizar;

e) necesidad de polinizar nuevamente; y f) tiempo óptimo de emasculación con relación a la polinización.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados. La máxima eficiencia (81 por ciento) se logró mediante la aplicación de hormonas, haciendo los cruces hasta el medio día, polinizando una sola flor por racimo y eliminando todas las flores que no se polinizaron. La utilización del algodón húmedo alrededor de la flor aumentó la abscisión de flores, igual que en toda situación en la que se permitió la competencia por nutrientes entre la flor fertilizada y otras flores en la planta. La labor de volver a polinizar no es práctica dado que el aumento en la eficiencia no es significativo.

### Estudios sobre la herencia

Los becarios en adiestramiento sobre mejoramiento de frijol, están participando directamente en una serie de estudios para obtener información sobre la herencia de los principales factores genéticos que limitan la producción.

Cuadro 9. Efecto de diversos tratamientos para aumentar la eficiencia de cruzamiento en *Phaseolus vulgaris* (CIAT, 1975).

Tratamiento	Eficiencia (%)	Temperatura media (°C)	Humedad relativa media (%)
Hormona*	81,0	31,0	54,5
Hormona + algodón húmedo	71,0	30,0	53,6
Algodón húmedo	62,0	29,4	52,4
Testigo	74,0	29,1	57,4
Una sola polinización (sin efectos de competencia)	63,3	24,6	98,2
Repolinización después de 24 horas	66,6	24,6	98,2
Presencia de otras flores al momento de la polinización	40,0	24,0	98,2
Dos flores polinizadas por racimo	38,3	29,8	85,1
Emasculación y polinización a las 24 horas	31,4	25,3	96,1

\* Acido p.4-clorofenoxiacético.

En los estudios sobre resistencia a la roya, se evaluaron en el campo dos poblaciones independientes en generación F<sub>2</sub> utilizando un inóculo de una fuente local. Las fuentes de resistencia fueron los progenitores PR-5 (P568) y Cacahuete 72 (P569). Como se muestra en el Cuadro 10, ambos estudios indican que la resistencia fue dominante y de herencia simple.

Bajo condiciones de invernadero se hizo un estudio genético sobre la tolerancia al añublo bacterial común utilizando la línea tolerante denominada Tara (P567) y el inóculo C6 del CIAT. En el Cuadro 10 se presenta la reacción promedio del follaje a la bacteria. La naturaleza de la reacción a la enfermedad fue heredada cuantitativamente y mostró un efecto genético aditivo.

## COLECCION DE GERMOPLASMA

En 1975 se continuó con la evaluación y desarrollo de la documentación de las introducciones de *Phaseolus vulgaris* y especies afines. Las principales actividades se han concentrado en cuatro áreas de trabajo.

1. El banco de germoplasma tiene aproximadamente 1.800 introducciones; para su establecimiento se dispuso de muy poca semilla. Estos materiales fueron sembrados en el invernadero para minimizar las pérdidas de las introducciones individuales las cuales se seleccionarán en el campo en 1976.

Cuadro 10. Estudios sobre la herencia de resistencia a la roya, *Uromyces phaseoli*, y tolerancia a la bacteriosis común, *Xanthomonas phaseoli*, en el frijol común *Phaseolus vulgaris* (CIAT, 1975).

Herencia de resistencia a roya						
Generación	Datos observados		Relación calculada (3:1)		X <sup>2</sup>	P
	Resistentes	Susceptibles	Resistentes	Susceptibles		
P <sub>1</sub> (P459)	-	20				
P <sub>2</sub> (P569)	20	-				
F <sub>1</sub>	4	-				
F <sub>2</sub>	126	49	131	44	0,840	0,50-0,30
P <sub>1</sub> (P568)	20	-				
P <sub>2</sub> (P459)	-	20				
F <sub>1</sub>	4	-				
F <sub>2</sub>	171	73	183	61	3,147	0,10-0,05

Herencia de tolerancia a bacteriosis común						
Generación	Reacción a la enfermedad				No. de plantas	Reacción media a la enfermedad
	1	2	3	4		
P <sub>1</sub> (P459)	-	-	-	8	8	4,00
P <sub>2</sub> (P567)	8	-	-	-	8	1,00
F <sub>1</sub>	1	-	-	3	4	3,25
F <sub>2</sub>	33	38	45	23	139	2,41

2. En 1975 se aumentó de 26 a 52 el número de términos utilizados para caracterizar la colección de germoplasma. En el Cuadro II se presenta una lista completa de las características. Se están recolectando los datos adicionales en las nuevas parcelas de observación, las cuales incluyen 2.000 introducciones por semestre. La información que corresponde a la descripción de las introducciones se tiene actualmente computada; tal información se está adaptando para ser utilizada por medio de los sistemas de recuperación y análisis de datos EXIR y SAS.
3. Se han hecho más de 700 selecciones que presentan una o más características promisorias y se está elaborando un catálogo que describe en detalle estos materiales promisorios, el cual, posiblemente, estará disponible en 1976. Además, el catálogo describirá la frecuencia y la variación para cada característica de la colección de germoplasma. En el Cuadro II se presentan los rangos de variación para algunas características.
4. El banco de germoplasma recibe y distribuye semilla continuamente. En

Cuadro II. Características determinadas para la evaluación de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* en el CIAT.

Fisiológicas y físicas:	29. Materia seca total
1. Días a la emergencia	30. Grado de volcamiento
2. Vigor de la planta	31. Posición que ocupa dentro de la clasificación por rendimiento
3. Longitud del hipocotilo	Resistencia a:
4. Color del hipocotilo	32. Roya
5. Tamaño de la hoja	33. Mancha angular
6. Índice de área foliar (IAF)	34. Mustia hilachosa
7. Altura efectiva de la planta	35. Antracnosis
8. No. de nudos al momento de la floración	36. Pudriciones radicales
9. No. de nudos en la madurez	37. Virus del mosaico común
10. Días al inicio de la floración	38. Virus del mosaico dorado
11. Duración de la floración	39. Virus del moteado clorótico
12. Color de la flor	40. Añublo bacterial
13. Sensibilidad al fotoperiodo	41. <b>Empoasca</b>
14. Hábito de crecimiento	42. <b>Apion</b>
15. Altura de la planta	43. Mosca blanca
16. Espesor del tallo	44. Acaro rojo
17. No. de racimos por planta	45. Acaros tropicales
18. No. de vainas por planta	46. <b>Zabrotes</b>
19. No. de ramas con vainas	47. Gorgojos del frijol
20. Angulo de las ramas	Otras características:
21. Semillas por vaina	48. Eficiencia del <b>Rhizobium</b>
22. Forma de la semilla	49. Otras referencias para introducción
23. Color principal de la semilla	50. Semilla mezclada
24. Color secundario de la semilla	51. Semilla limpia
25. Brillo de la semilla	52. Especies
26. Peso de la semilla	
27. Rendimiento por planta	
28. Índice de cosecha	

Cuadro 12. Variación de características especificadas entre 2.216 introducciones evaluadas de *Phaseolus vulgaris* (CIAT, 1975).

Días a la emergencia	5 - 12
Días a la floración	29 - 72
Altura de la planta (cm)	22 - 220
Racimos   planta	1 - 29
Vainas   racimo	1 - 5
Vainas   planta	3 - 47
Semillas   vaina	2 - 10
Peso de la semilla (g   100 semillas)	12 - 58
Peso de la semilla   planta (g)	1 - 37
Días a la cosecha	61 - 110

1975, se recibieron 1.105 nuevas introducciones provenientes casi todas de México y América Central, en tanto que se distribuyeron 2.832 muestras de introducciones a otras instituciones de investigación agrícola.

## FISIOLÓGIA

### Estudios sobre el crecimiento y desarrollo de la planta

Durante 1975, se analizaron exhaustivamente las variedades ICA-Gualí, Porrillo Sintético y PI 310-740, representativas de los tipos de hábito de crecimiento I, II y III, respectivamente, para comprender mejor los procesos de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* bajo las condiciones del trópico. Los experimentos se llevaron a cabo en Palmira a una densidad de siembra de 30 plantas/m<sup>2</sup> con riego por gravedad y protección adecuada contra insectos y enfermedades.

En las Figuras 3 y 4 se presentan los parámetros claves de crecimiento para la variedad Porrillo Sintético. La producción de materia seca alcanzó un máximo de 450 g/m<sup>2</sup> y disminuyó a medida que la defoliación aumentó después de alcanzar

un área foliar verde máxima de 3,0 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. La tasa de crecimiento del cultivo fue virtualmente lineal entre los 20 y 60 días después de la siembra, presentándose la floración a los 38 días y la madurez fisiológica aproximadamente a los 80 días. La producción de nudos fue buena hasta bien entrada la floración y la tasa máxima alcanzada durante la prefloración fue de 18 nudos vegetativos producidos por m<sup>2</sup>/día. La abscisión de vainas fue severa durante la fase de desarrollo del frijol aun bajo las excelentes condiciones de cultivo del CIAT.

Como se presenta en la Figura 5 se tomaron plantas representativas de cada variedad para determinar la producción de "flores" y su fase consecutiva de desarrollo. El Cuadro 13 resume los patrones de abscisión de "flores" (vainas < 3 cm) y de "vainas" (> 3 cm). En el caso de la variedad ICA-Gualí, de crecimiento determinado la cual, en el momento de la floración, tiene un máximo de ocho nudos localizados en el tallo principal, se presentó abscisión tanto de todas las flores producidas directamente en los nudos 7 y 8, como de las flores formadas en las ramas inferiores al terminar el proceso de floración. En las variedades de crecimiento indeterminado se observó un patrón de abscisión similar pero, además fue notoria la abscisión de flores de los nudos del tallo principal producidos después de la floración. La formación de vainas para todas las variedades fue significativamente mayor en las primeras flores y el caso más severo corresponde a la variedad Porrillo Sintético por cuanto las flores formadas durante los últimos 16 días no produjeron vainas. Es pues evidente que la abscisión de flores y vainas, es un campo de la fisiología que requiere mayores esfuerzos en investigación.

En la Figura 6 se muestran en forma gráfica los análisis del contenido total de carbohidratos solubles presentes en el tallo principal. El patrón de almacenamiento de carbohidratos demostró estar muy

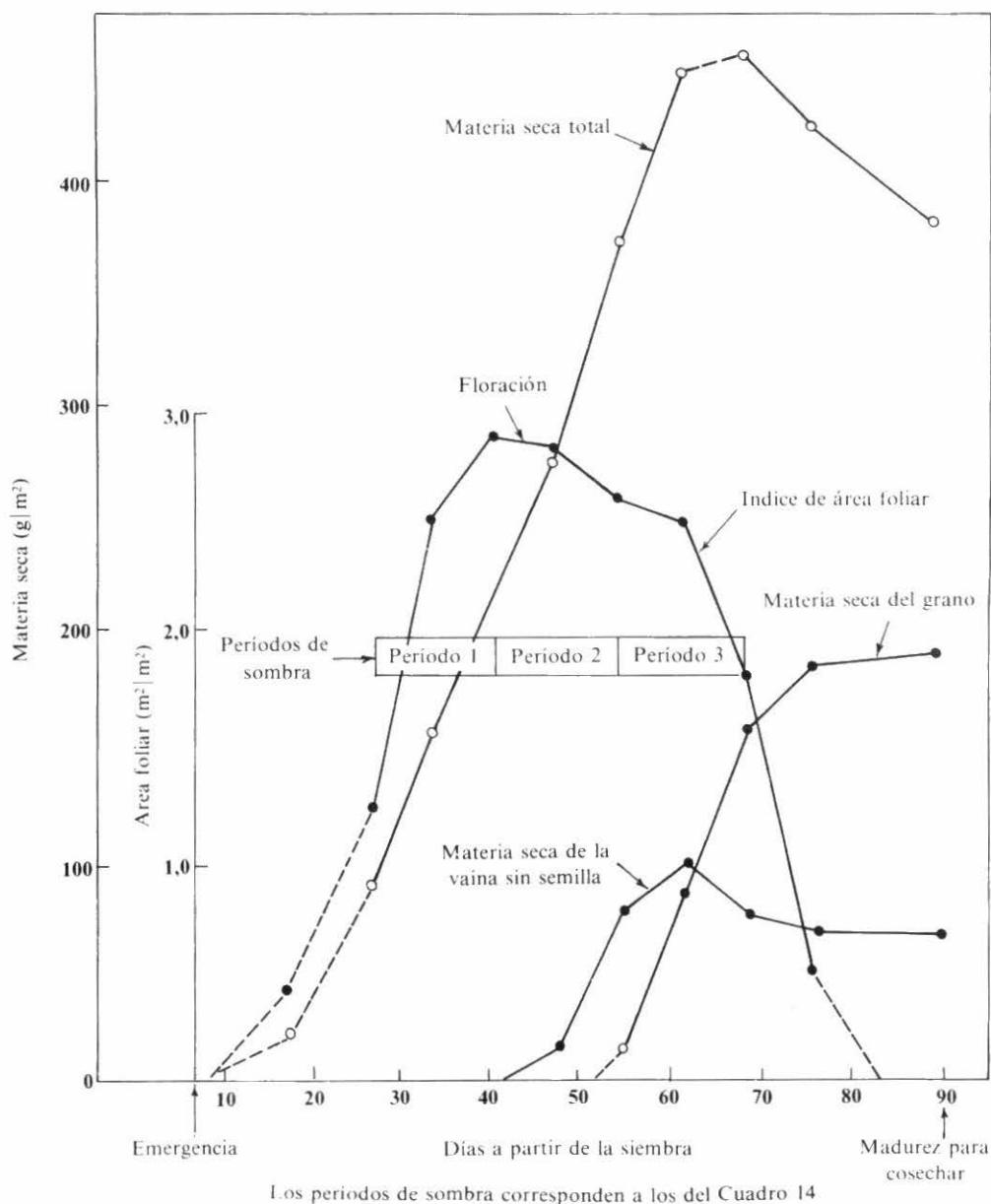


Figura 3. Parámetros claves de crecimiento para la variedad Porrillo Sintético a una densidad de siembra de 40 plantas/m<sup>2</sup>, bajo fertilización, riego y protección contra plagas y enfermedades (CIAT, 1975).

relacionado con el hábito de crecimiento. La variedad ICA-Gualí llegó a contener hasta más del 12 por ciento de carbohidratos (almidón más azúcares) en la fase de la posfloración. En contraste, la variedad Trujillo 3 (variedad del Tipo IV

que se incluyó en este análisis) presentó un nivel de carbohidratos relativamente constante y bajo, durante todos los estadios del crecimiento. En la variedad de crecimiento determinado, el nivel de carbohidratos decreció rápidamente sólo cuando comen-

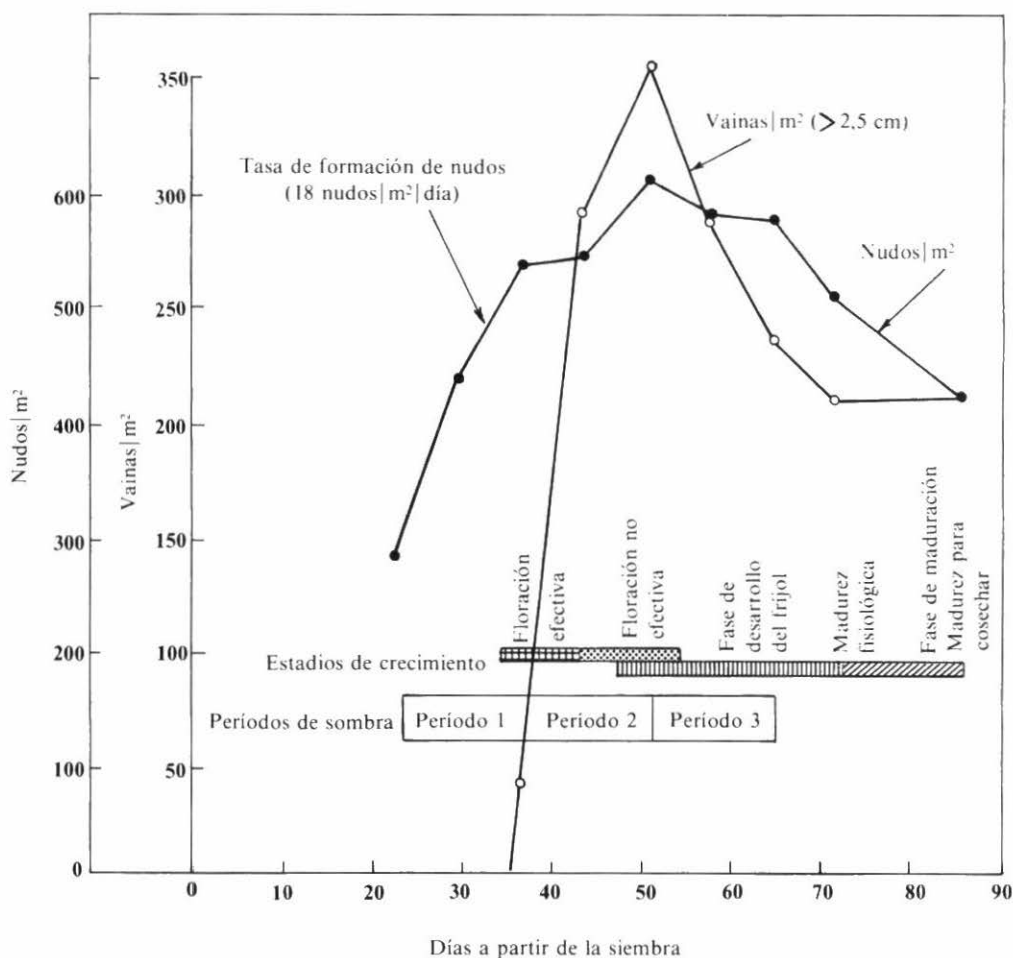


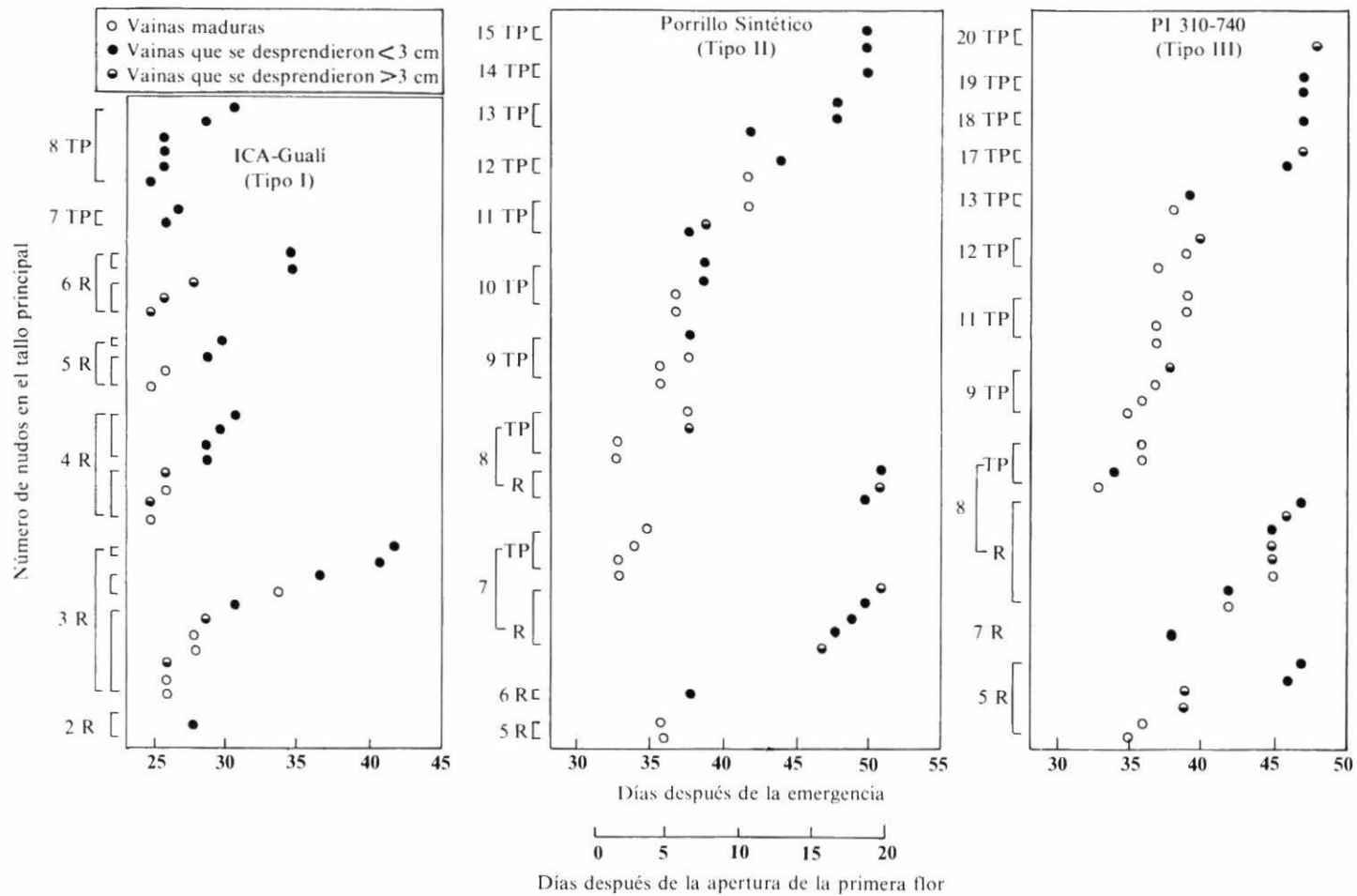
Figura 4. Variaciones en la densidad de nudos y vainas con relación a los estadios del crecimiento de la variedad Porrillo Sintético durante el mismo ensayo y bajo las mismas condiciones de la Figura 2.

zó el llenado significativo de la vaina. No es factible que la causa directa de la abscisión de flores en esta variedad sea el cambio debido a la deficiencia de productos fotosintéticos.

### Relación entre sitio de origen de productos fotosintéticos y sitio de acumulación

Se recurrió a una serie de experimentos con la variedad Porrillo Sintético que incluyeron las variables efecto de sombra (intercepción del 48 por ciento de la luz), fertilización con bióxido de carbono,

reducción del follaje y alargamiento de la fase de prefloración, inducido fotoperiódicamente, para alterar el patrón de desarrollo de los diferentes estadios del crecimiento que se muestran en las Figuras 3 y 4. La sombra redujo igualmente los rendimientos (Cuadro 14) durante las fases de prefloración (-14 a 0 días de la floración) y floración (0 a +14 días). La reducción de los rendimientos durante la prefloración se relacionó con la disminución en la densidad de nudos y con la subsiguiente reducción en el número de racimos potenciales. La sombra no afectó la



C-19

Figura 5. Patrones de abscisión de "flores" (vainas < 3 cm) y "vainas" (> 3 cm), localización de las vainas maduras con relación al tiempo en que cada botón floral se abrió, y localización de las vainas en el tallo principal (TP) o en las ramas (R) para plantas de frijol con tres hábitos de crecimiento distintos (CIAT, 1975A).



Cuadro 13. Resumen de los datos sobre abscisión de flores y vainas para tres variedades de *Phaseolus vulgaris* (CIAT, 1975).

Variedad	ICA-Guali	Porrillo Sintético	PI 310-740
Hábito de crecimiento (Tipo)	I	II	III
No. total de flores/planta	37	39	39
Vainas que se desprendieron < 3 cm	21	20	13
Vainas que se desprendieron > 3 cm	7	5	9
Vainas maduras/planta	9	14	17
Eficiencia de la formación de vainas (%)	24	36	44
Periodo de floración (días)	18	19	17
Periodo A para la formación del 60% de las flores (días)	4	10	10
Eficiencia de la formación de vainas durante A (%)	36	60	70
Periodo B para la formación del 40% restante de las flores (días)	14	9	7
Eficiencia de la formación de vainas durante B (%)	7	0	6

producción de nudos durante la floración de racimos. El tratamiento de posfloración pero se correlacionó con un menor número (+14 a +28 días) no redujo los rendimientos

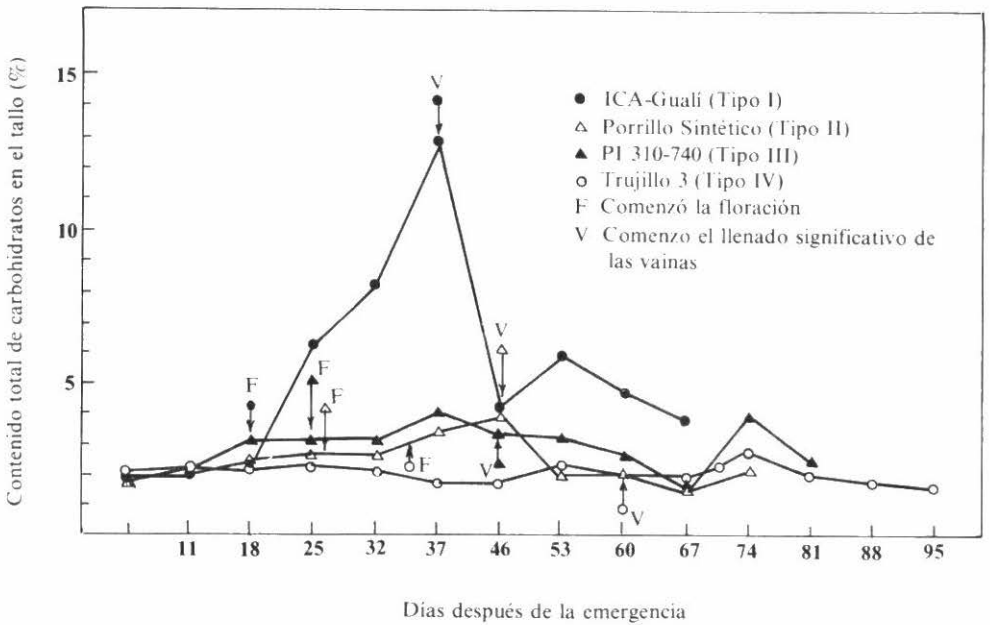


Figura 6. Contenido total de carbohidratos en los tallos principales (método de Anthrone) de cuatro variedades de *Phaseolus vulgaris* (Tipos I a IV) con relación a los días después de la emergencia. Se indica el día de inicio de la floración y del llenado significativo de las vainas para cada variedad. (CIAT, 1975).

Cuadro 14. Efecto de sombra (48% interceptación) sobre el rendimiento y parámetros asociados de la variedad Porrillo Sintético durante tres etapas de crecimiento (CIAT, 1975)\*.

Parámetro	Etapas del crecimiento		
	Prefloración (-14 a 0)**	Floración (0 a + 14)	Posfloración (+14 a +28)
Rendimiento de grano	78,2	74,3	91,2
Materia seca total	79,7	79,3	93,7
Índice de cosecha	97,1	92,4	96,9
Racimos   m <sup>2</sup>	80,4	78,0	88,4
Vainas   m <sup>2</sup>	81,2	81,1	101,2
Granos   vaina	95,2	90,1	94,0
Peso del grano (mg   grano de fríjol)	99,5	99,0	96,5
Nudos   m <sup>2</sup>	79,0	98,0	92,0
Racimos   m <sup>2</sup>	80,0	78,0	88,4

\* Los datos se expresaron como porcentaje de la parcela testigo sin sombra; el rendimiento medio del testigo fue de 295 g/m<sup>2</sup> (14%)

\*\* Día 0 = el 50% de las plantas tiene por lo menos una flor.

lo cual indica que la producción de nudos en la época anterior a la floración y la eficiencia en la formación de vainas durante la fase de floración fueron los principales factores que controlaron el rendimiento potencial en esta situación cultivo-medio ambiente.

La reducción del follaje (Cuadro 15) durante los períodos de la floración tardía (+13 días de la floración) y llenado de la vaina (+22 días) redujo los rendimientos significativamente, pero si se tiene en cuenta la severidad del tratamiento, la disminución no fue significativa. En este caso, la reducción en el rendimiento estuvo

asociada con un menor peso medio del grano, como es de esperarse si se elimina gran parte del sistema foliar durante el período intensivo de llenado de las vainas.

La aplicación de bióxido de carbono a la cobertura foliar, con el fin de alterar el equilibrio entre los sitios de origen y acumulación ha probado ser una excelente herramienta fisiológica en otros cultivos. Los estudios preliminares en los que se aplicó CO<sub>2</sub> durante la prefloración, indicaron un aumento en el rendimiento del 19 por ciento. Este aspecto se estudiará con mayor profundidad durante 1976.

Cuadro 15. Efecto de la reducción o poda del follaje sobre el rendimiento y parámetros asociados de la variedad Porrillo Sintético durante tres etapas de crecimiento (CIAT, 1975)\*.

Epoca de la poda	Rendimiento de fríjol (g   m <sup>2</sup> )	No. de vainas   m <sup>2</sup>	Peso del fríjol (g   vaina)	Peso del grano (mg   grano de fríjol)
Testigo	274 (100)	236	1,16	228 (100)
Día 0**	222 (81)	213	1,03	205 (90)
Día 13	152 (55)	174	0,80	182 (80)
Día 22***	181 (66)	220	0,82	172 (75)

\* Media de los tratamientos eliminando el 33%, 66% y 100% de las hojas durante las tres etapas de crecimiento

\*\* Día 0 = el 50% de las plantas tiene por lo menos una flor

\*\*\* El llenado de las vainas se inició el día 14.

Cuando se sometió la variedad Porrillo Sintético (sensible al fotoperíodo), a fotoperíodos que oscilaron entre las 13 y 19 horas, la floración se retardó hasta en seis días, lo cual se reflejó en un aumento en el rendimiento del 71 por ciento, equivalente a un total de 3.390 kg|ha (Cuadro 16). Este incremento en el rendimiento estaba correlacionado con un aumento del 26 por ciento en la densidad de nudos|m<sup>2</sup> durante la floración y con un incremento del 58 por ciento en la densidad final del frijol|m<sup>2</sup> (número de granos). La producción total de materia seca y el tamaño del grano también aumentaron. La tasa de producción de nudos vegetativos, durante los seis días adicionales antes de la floración, fue de 19,3 nudos|m<sup>2</sup>|día, la cual es similar a la de la fase normal de desarrollo anterior a la floración. El aumento en la formación de vainas obedece aparentemente a la disminución de la abscisión, particularmente en los nudos (sobre el tallo principal y ramas) que se hubieran producido normalmente después de la floración. En el

Cuadro 17 se resumen los resultados obtenidos con la aplicación de tres tratamientos durante la fase de la prefloración. Estos datos confirman la importancia de un mayor número de nudos al momento en que se inicia la floración. El aumento en la duración de la fase de prefloración podría ser el medio más rápido para lograr un mejoramiento en este sentido.

### Potencial de rendimiento de una amplia gama de genotipos

Se tomaron datos fisiológicos de 193 genotipos representativos de los cuatro hábitos de crecimiento (las variedades del tipo IV recibieron apoyo físico mediante una espaldera de 2 metros de altura). En el Cuadro 18 se presenta una matriz de correlación que incluye las interrelaciones entre una amplia gama de caracteres. Estos resultados corroboran nuevamente que la densidad de nudos (en este caso, medida en la madurez de la planta) es la primera

Cuadro 16. Efecto de la regulación del fotoperíodo sobre el rendimiento y otros parámetros de la variedad Porrillo Sintético durante la fase de la prefloración (CIAT, 1975).

Parámetro	Fotoperíodo		Testigo
	16 hr 30 min (1-4 m) <sup>1</sup>	16 hr 30 min (4-8 m) <sup>1</sup>	12 hr 30 min <sup>2</sup>
Rendimiento (kg ha, 14% de humedad)	3388 (171)	3053 (154)	1978 (100)
Días hasta la floración <sup>3</sup>	39	35	33
Días hasta la madurez fisiológica <sup>3</sup>	75	71	68
Días después de la floración	36	36	35
No. de nudos m <sup>2</sup> al momento de la floración	560 (126)	473 (106)	444 (100)
Peso del grano (mg grano de frijol) <sup>4</sup>	172 (107)	168 (105)	160 (100)
No. de granos m <sup>2</sup>	1693 (158)	1560 (145)	1070 (100)
Materia seca m <sup>2</sup> al momento la madurez <sup>5</sup>	498	488	377
Índice de cosecha	0,58	0,54	0,45
Eficiencia del rendimiento de frijol (g m <sup>2</sup>  día)	3,88	3,69	2,50

<sup>1</sup> Distancia desde la línea de iluminación

<sup>2</sup> Longitud normal del fotoperíodo. Palmira, 3°N

<sup>3</sup> Días a partir de la emergencia (de la siembra a la emergencia transcurrieron 7 días)

<sup>4</sup> Con base en materia seca

<sup>5</sup> Excluye pecíolos y hojas al momento de la maduración.

Cuadro 17. Efecto de tres tratamientos sobre el rendimiento y parámetros asociados de la variedad Porrillo Sintético a una densidad de 30-40 plantas/m<sup>2</sup> durante el período de la floración (CIAT, 1975)<sup>1</sup>.

Tratamiento	Rendimiento (g/m <sup>2</sup> )		Nudos/m <sup>2</sup> con relación al testigo (C <sub>t</sub> )	Vainas/m <sup>2</sup> con relación al testigo (C <sub>t</sub> )
	Testigo	Tratamiento		
Fertilización con CO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	217 (100)	258 (119)	97	117
Efecto de sombra <sup>3</sup>	222 (100)	171 (78)	79	81
Alargamiento del fotoperíodo <sup>4</sup>	198 (100)	339 (171)	126	158

<sup>1</sup> Período de prefloración: 38 días desde la emergencia hasta la floración

<sup>2</sup> Aplicado a una concentración de 700 ppm durante 2 semanas antes de la floración

<sup>3</sup> Sombra (48%) durante 2 semanas antes de la floración

<sup>4</sup> El fotoperíodo de 16 hr 30 min se aplicó durante la época de prefloración

determinante de una secuencia de factores que inciden en el rendimiento. Las correlaciones positivas de la densidad de nudos con las densidades de racimos y de grano, y

Cuadro 18. Matriz de correlación del rendimiento del frijol y otros parámetros<sup>1</sup> para 193 variedades pertenecientes a 4 tipos de hábito de crecimiento (CIAT, 1974)<sup>2,3</sup>.

	Densidad de vainas/m <sup>2</sup>	Densidad de grano/m <sup>2</sup>	Peso del grano (mg/frijol)	Densidad de nudos/m <sup>2</sup>	Densidad de racimos/m <sup>2</sup>	No. de vainas/racimo	Rendimiento de frijol/racimo	No. de granos/vaina	Peso de la vaina sin semilla/vaina	Proporción de la vaina sin semilla	Materia seca total (g/m <sup>2</sup> )	Índice de cosecha
Rendimiento del frijol/m <sup>2</sup>	<u>.70</u>	<u>.64</u>	<u>.21</u>	<u>.42</u>	<u>.63</u>	<u>.04</u>	<u>.46</u>	<u>.18</u>	<u>.32</u>	<u>-.18</u>	<u>.94</u>	<u>.36</u>
Densidad de vainas/m <sup>2</sup>		<u>.80</u>	<u>-.29</u>	<u>.51</u>	<u>.78</u>	<u>-.29</u>	<u>-.28</u>	<u>.17</u>	<u>-.19</u>	<u>-.02</u>	<u>.70</u>	<u>.14</u>
Densidad del frijol/m <sup>2</sup>			<u>-.56</u>	<u>.41</u>	<u>.53</u>	<u>.32</u>	<u>-.15</u>	<u>.66</u>	<u>-.04</u>	<u>.01</u>	<u>.69</u>	<u>.06</u>
Peso del frijol (mg/frijol)				<u>-.09</u>	<u>-.04</u>	<u>-.36</u>	<u>.70</u>	<u>-.63</u>	<u>.45</u>	<u>-.16</u>	<u>.13</u>	<u>.26</u>
Densidad de nudos/m <sup>2</sup>					<u>.58</u>	<u>-.15</u>	<u>-.09</u>	<u>.04</u>	<u>-.08</u>	<u>-.02</u>	<u>.48</u>	<u>-.11</u>
Densidad de racimos/m <sup>2</sup>						<u>-.30</u>	<u>-.11</u>	<u>-.06</u>	<u>-.13</u>	<u>-.08</u>	<u>.59</u>	<u>.20</u>
No. de vainas/racimo							<u>-.27</u>	<u>.20</u>	<u>-.13</u>	<u>.19</u>	<u>.11</u>	<u>-.15</u>
Rendimiento del frijol/vaina								<u>.07</u>	<u>.69</u>	<u>-.23</u>	<u>.39</u>	<u>.34</u>
No. de frijoles/vaina									<u>.14</u>	<u>.02</u>	<u>.28</u>	<u>-.01</u>
Peso de la vaina sin semillas/vaina										<u>.47</u>	<u>.40</u>	<u>-.14</u>
Proporción de la vaina sin semillas <sup>4</sup>											<u>.02</u>	<u>-.66</u>
Materia seca total/m <sup>2</sup>												<u>.07</u>

<sup>1</sup> Las variedades del Tipo IV se sostuvieron mediante una espaldera de 2 m

<sup>2</sup> Media de 2 repeticiones; tamaño de la parcela = 1 x 2 m

<sup>3</sup> Los valores subrayados son significativos a P = 0,05

<sup>4</sup> Peso de la vaina sin semillas/peso total.

la relación no significativa entre la densidad de nudos y otros caracteres de la vaina (por ejemplo, vainas|racimo y número de granos|vainas) indican que el número de nudos puede ser aumentado sin que se presenten compensaciones negativas en otros componentes del rendimiento que actúan posteriormente en la secuencia. La correlación negativa entre la densidad y el peso del frijol (-0,56), o entre la densidad de vainas y el rendimiento de frijol|vainas (-0,28), indican que la limitación de los productos fotosintéticos durante la posfloración podría restringir el rendimiento potencial en aquellas variedades que poseen un receptáculo de gran tamaño, es decir, una mayor densidad de vainas|m<sup>2</sup>.

Igualmente, los resultados obtenidos en 1974 mostraron una marcada correlación positiva de la materia seca total con el rendimiento (0,94) y una correlación más bien pobre con el índice de cosecha. Es lógico que el incremento en el número de nudos y en el área foliar conduzca a un aumento en la producción de materia seca.

Al comparar los resultados entre los rendimientos de 26 variedades, se observó una marcada correlación entre la densidad de nudos en la floración y el rendimiento (Figura 7). Únicamente, tres variedades arbustivas con alta densidad de nudos, no siguieron esta tendencia. En este experimento se obtuvieron altos rendimientos con los frijoles trepadores (hasta 5 ton|ha) y los arbustivos (3 ton|ha). En los estudios sobre densidad de siembra en la sección de agronomía se informa acerca de otros ensayos con frijol trepador en condiciones de monocultivo o en asociación con maíz.

### Insensibilidad al fotoperíodo

Durante el primer semestre de 1975, se seleccionaron por su sensibilidad al fotoperíodo, 173 introducciones promisorias de los tipos de hábito de crecimiento I, II y III, mediante un sistema

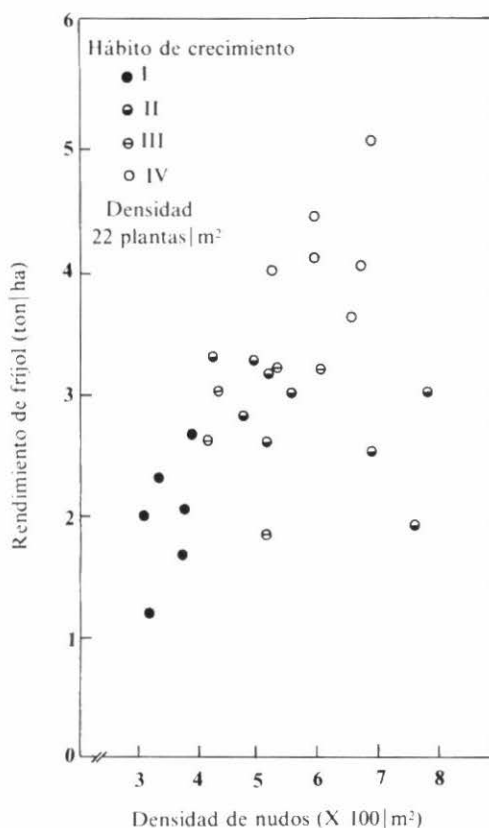


Figura 7. Rendimiento del frijol con relación a la densidad de nudos vegetativos (tallo principal y ramas) al momento de la floración para 26 variedades de *Phaseolus vulgaris*.

de iluminación previamente descrito (Informe Anual del CIAT, 1973). El 39 por ciento resultó insensible al régimen de fotoperíodo de 18 horas bajo condiciones de campo en el CIAT (Cuadro 19). No se observó ninguna correlación entre la respuesta al fotoperíodo y el hábito de crecimiento o la etapa de madurez. Se presentaron variedades insensibles en cada grupo de hábito de crecimiento y en los materiales con un amplio rango de variación en el número de días hasta la floración.

La insensibilidad al fotoperíodo ha contribuido al mejoramiento de la adaptabilidad de las plantas y es una característica que se investiga inter-

Cuadro 19. Número de variedades identificadas en una colección de 173 introducciones promisorias de *Phaseolus vulgaris* sometidas a un fotoperíodo de 18 hr. con relación al hábito de crecimiento y días hasta la floración (CIAT, 1975)\*.

Días hasta la floración**	Hábito de crecimiento			
	I	II	III	Total
30-34	5	2	2	9
35-39	5	1	-	6
40-44	4	30	3	37
45-49	2	6	3	11
50-54	1	2	-	3
55	-	2	-	2
Total	17	43	8	68
Total evaluado	40	98	35	173
Porcentaje insensible	42	40	22	39

\* Temperatura media = 23,8°C; duración normal del día = 12 hr 20 min

\*\*Días después de la siembra.

nacionalmente en trigo, arroz y otros cultivos. La amplia gama de fuentes potenciales de insensibilidad que se han

identificado en este estudio, garantiza a los fitomejoradores que los mejores materiales del CIAT serán insensibles. La existencia de introducciones de frijol insensibles al fotoperíodo y de floración tardía, podría conducir a la producción de materiales de alto rendimiento, con alta densidad de nudos y amplia adaptación al fotoperíodo.

En la Universidad de Cornell se está llevando a cabo un estudio cooperativo para determinar la influencia de la temperatura, particularmente de la nocturna en el fotoperíodo.

### Selección por tolerancia a la sequía

En La Molina, Perú, se llevó a cabo un experimento con 20 genotipos similar al descrito en el Informe Anual del CIAT de 1974. Se utilizaron dos sistemas de riego: a) un solo riego, aproximadamente a los 13 días de iniciada la floración, y b) cuatro riegos durante el ciclo de crecimiento de 80 a 110 días. En términos generales, los rendimientos de las parcelas en condiciones de sequía, fueron más bajos en

Cuadro 20. Evaluación de campo por tolerancia a la sequía (1975) y comparación de los rendimientos entre parcela bajo sequía/ parcela testigo (1974 y 1975) en la Estación Experimental La Molina, Perú.

Identificación		Rendimiento del testigo (ton/ha)	Relación con base a rendimientos entre parcela bajo sequía/ parcela testigo*	
CIAT No.	Línea promisoría No.		1975	1974
G 00073	-	0,61	0,49	0,69
G 01643	P748	0,66	0,50	1,02
G 01951	P729	1,13	0,61	0,74
G 02206	P730	0,91	0,57	1,16
G 03790	P747	1,22	0,36	0,90
G 03836	-	0,52	0,63	0,87
G 05704	P689	1,03	0,52	-
G 04109	P735	0,82	0,51	0,58
G 04115	-	1,34	0,45	1,08
G 04498	P392	0,91	0,36	-
G 02409	P359	0,65	0,53	0,49
G 03241	P734	0,66	0,28	-
G 04118	-	0,92	0,27	1,04
G 04128	P750	0,84	0,62	0,89
G 04198	-	1,21	0,38	-

\* Relación entre el rendimiento obtenido bajo estrés y el rendimiento del testigo con riego

1975 (Cuadro 20). Los menores rendimientos se debieron a la baja densidad de siembra, la cual a su vez, se debió al sistema de riego utilizado que requería una distancia considerable entre surcos.

De los genotipos que mostraron tolerancia a la sequía, en los experimentos de 1975, la variedad P750 parece que no sufrió los efectos adversos de sequía por tener un período de floración largo y por producir vainas en las flores tardías. Los materiales P729, P730 y CIAT G 03836 aparentemente pudieron soportar la sequía durante el período de floración, por cuanto éste no fue largo.

### Estabilidad del hábito de crecimiento

Los resultados obtenidos en 1974 demostraron la importancia de la estabilidad del hábito de crecimiento en los materiales promisorios cultivados en una gama de condiciones climáticas. Durante 1975, en colaboración con la Universidad de Cornell, se compararon cinco selecciones del tipo II que demostraron tener un hábito de crecimiento estable bajo condiciones ambientales muy diversas en Colombia y Ecuador, con cinco variedades que presentan un hábito de crecimiento inestable (expresión variable de la dominancia apical). Se utilizaron ocho regímenes de temperatura, duración del día e intensidad luminosa. Los resultados

confirman las evaluaciones de campo sobre estabilidad. Actualmente, se está profundizando en el estudio de esta característica.

## MICROBIOLOGIA

### Interacción variedad-cepa

El énfasis de los estudios microbiológicos realizados durante 1975 se centró nuevamente en las respuestas de las variedades a la inoculación, más que en las pruebas de cepas.

Los experimentos preliminares realizados cerca a la ciudad de Popayán, se hicieron con el fin de comparar 60 introducciones de *Phaseolus vulgaris* bajo dos condiciones de tratamiento: inoculadas con la cepa CIAT 57 y sin inocular. Hubo amplias diferencias entre las introducciones en cuanto al número de nódulos, peso seco de los nódulos, rendimiento y porcentaje de N (Cuadro 21). Además, algunas introducciones, como por ejemplo la 72 Vul 26549, nodularon más fácilmente que otras con *Rhizobium* presente en el suelo o en la semilla. El contenido de N de algunas introducciones aumentó hasta en ocho veces después de la inoculación (Figura 8) mientras que el rendimiento global aumentó en un 10 por ciento.

Cuadro 21. Respuesta de algunas líneas seleccionadas de *Phaseolus vulgaris* a la inoculación con *Rhizobium*.

Línea	Sin inocular				Inoculadas			
	Nódulos   planta	Peso seco de los nódulos (mg   planta)	Rendimiento (g   planta)	N (%)	Nódulos   planta	Peso seco de los nódulos (mg   planta)	Rendimiento (g   planta)	N (%)
72 Vul 20972	40.1	91.0	7.55	4.21	105.0	340.0	13.02	4.50
72 Vul 25093	10.5	20.0	3.02	3.67	223.0	627.0	5.36	3.61
72 Vul 25146	1.8	34.0	3.92	3.68	26.3	30.0	1.26	4.99
72 Vul 26259	49.3	29.4	0.67	3.17	47.5	70.0	1.42	4.53
72 Vul 26549	70.9	118.0	4.44	3.13	112.0	396.0	8.38	4.93
72 Vul 26689	4.3	11.0	12.07	3.53	61.5	228.0	16.09	4.71

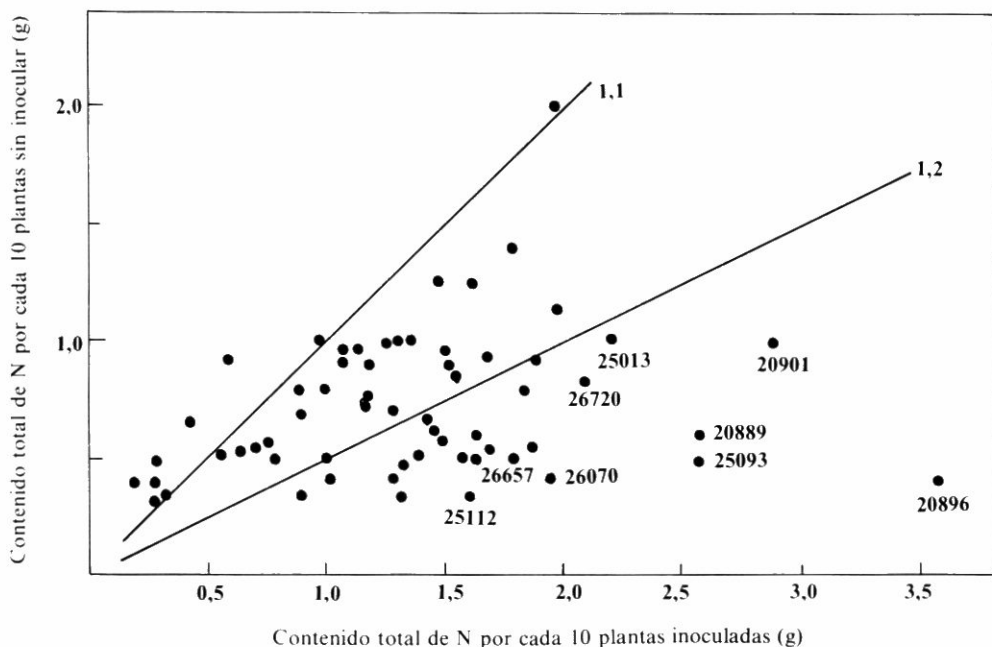


Figura 8. Aumento en el contenido total de nitrógeno de 60 introducciones de *Phaseolus vulgaris* como respuesta a la inoculación. Cada punto representa la respuesta de una sola introducción. Las introducciones más promisorias son las que se encuentran debajo de la línea 1, 2, las cuales fijaron más del doble del N total. Se dan los nombres de las introducciones más sobresalientes.

Posteriormente, en otro experimento realizado en Popayán, se compararon 10 introducciones, incluyendo las selecciones más promisorias del experimento descrito con anterioridad. Las introducciones presentaron diferencias en su hábito de crecimiento, características de nodulación, tiempo de floración y maduración e índice máximo de área foliar. Se sembraron dos bloques de cada línea: uno, se inoculó con la cepa CIAT 57 y cal peletizada, y el otro se peletizó pero no se inoculó. Durante la mayor parte del ciclo de crecimiento se tomaron semanalmente muestras repetidas de cada bloque y se sometieron a la prueba de reducción de acetileno para medir la fijación de nitrógeno. Además se determinó el número y peso seco de los nódulos, peso seco de hojas y tallos, peso de la semilla y porcentaje de nitrógeno y carbohidratos. En la Figura 9 se muestra el método de reducción de acetileno.

Se obtuvieron tasas de fijación hasta de

20  $\mu\text{M}$  de  $\text{C}_2\text{H}_4$  producido por planta/hora (Figura 10). Este nivel de fijación es comparable con los de otras leguminosas de grano. Los niveles máximos de actividad específica de los nódulos (AEN) que se obtuvieron (100-120  $\mu\text{M}$  de  $\text{C}_2\text{H}_4$  producido por gramo de peso seco de los nódulos por hora) también se pueden comparar favorablemente con los niveles registrados para otras leguminosas. Sin embargo, la duración de la fijación fue mucho más corta que las registradas para el maní y la soya. La mayoría de las líneas fijaron poco nitrógeno antes de los 39 días o después de los 74. A pesar de esto, los aumentos en fijación de las diez variedades durante el período de crecimiento de 120 días promediaron más de 25 kg/ha de N fijado, y las parcelas inoculadas superaron en 20 por ciento los rendimientos de las no inoculadas. La Figura 11 muestra los promedios de las tasas totales de acumulación de N para las 10 introducciones.



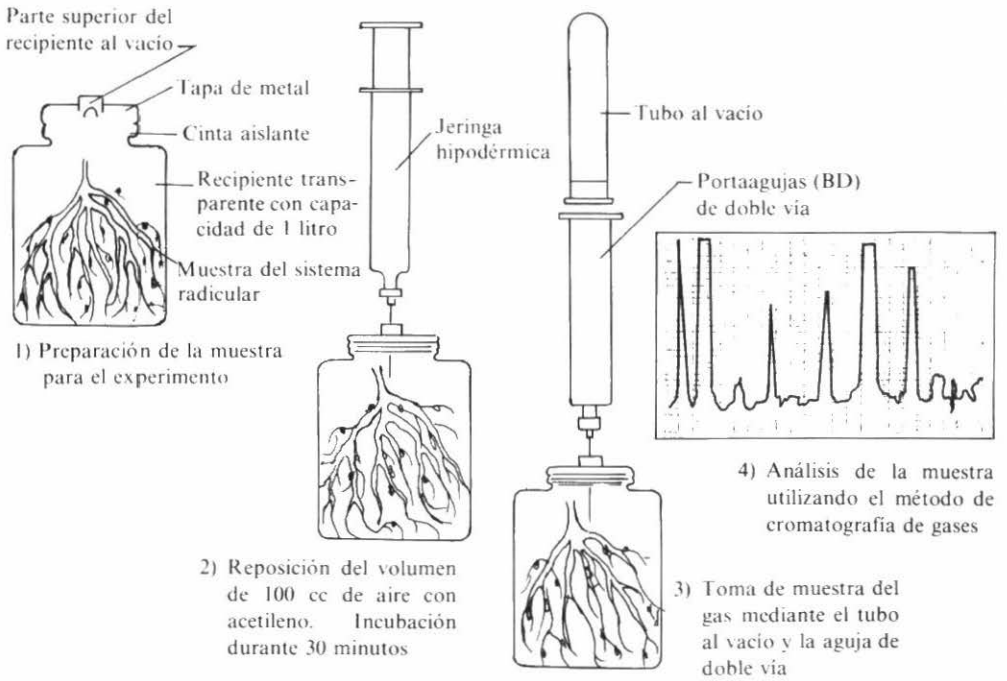


Figura 9. Determinación de la fijación de nitrógeno mediante la reducción de acetileno.

Se observó claramente que el equilibrio y desplazamiento de la energía influyó en la fijación de nitrógeno por parte de las 10 introducciones. Por lo tanto, de aquí se desprende que: a) la fijación por planta y el peso unitario de los nódulos, declinó al momento de la floración, siendo más acentuada la disminución en cuanto a la actividad específica de los nódulos (Figura 12); b) las introducciones de floración temprana, como la variedad Bayos, fijaron menos nitrógeno que las selecciones de maduración tardía, como por ejemplo, la 72 Vul 26689 (Figura 13); c) en la fase de prefloración, los niveles de fijación de nitrógeno estuvieron correlacionados con el peso de la hoja; y d) también se observaron diferencias entre las variedades con relación a los niveles de fijación por peso unitario de la hoja, destacándose la variedad P566-A por su baja eficiencia en la utilización de energía para la fijación de nitrógeno (Figura 14).

Los estudios sobre los efectos de sombra en el frijol (Cuadro 14) y el tiempo hasta la maduración demostraron la importancia que tiene la relación sitio acumulación-sitio origen con el rendimiento. Equilibrios similares parecen controlar la fijación de nitrógeno. Los estudios en proceso se están concentrando en la translocación de energía de las hojas a las raíces, y en cómo los hábitos de crecimiento, los patrones de floración y las características de maduración afectan la disponibilidad de energía para la fijación de N. Se debe anotar que los niveles de carbohidratos obtenidos en estos experimentos fueron similares a los registrados en la Figura 6.

Los resultados obtenidos en los estudios de invernadero correlacionan el tiempo hasta la floración con el desarrollo de los nódulos en *Phaseolus vulgaris* (Figura 15).

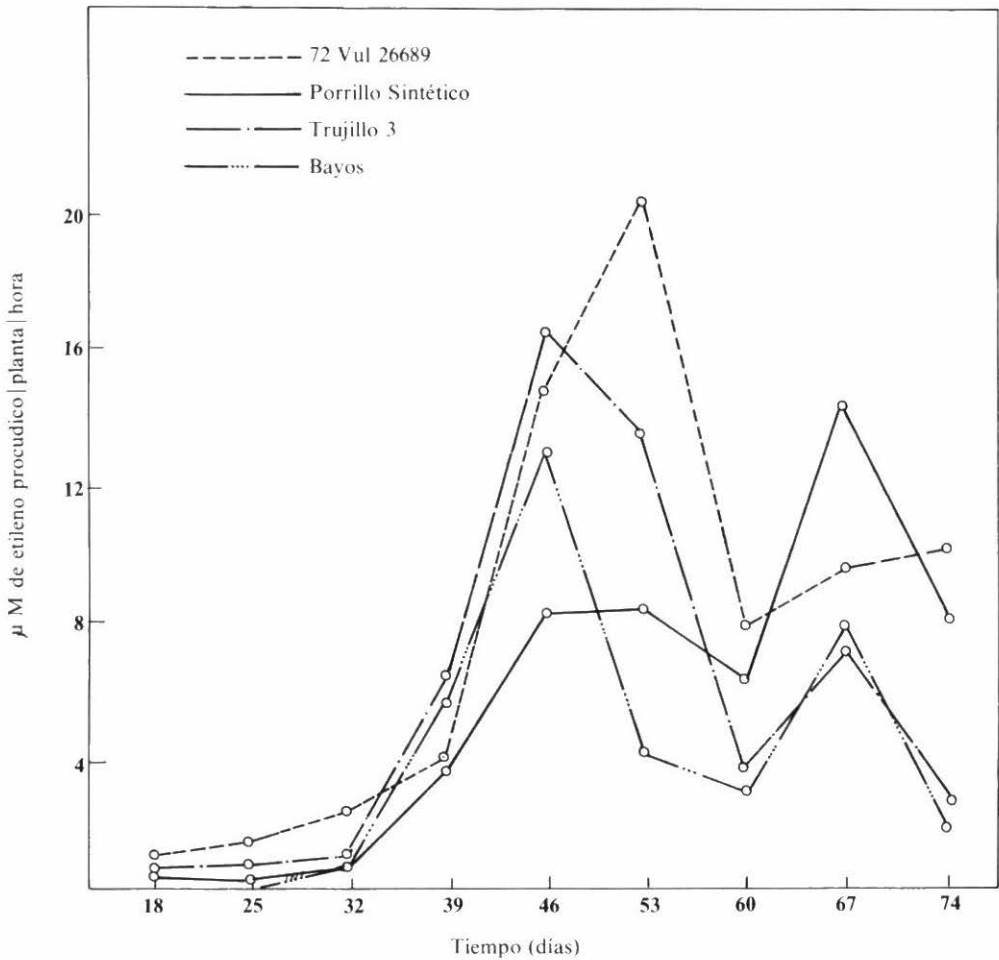


Figura 10. Niveles de reducción de acetileno en 4 variedades de *Phaseolus vulgaris* en distintas etapas del ciclo de crecimiento.

Los equipos de microbiólogos y de fisiólogos proseguirán con estos estudios.

### Comparación del frijol y de la soya con relación a la fijación de nitrógeno

Como generalmente al *Phaseolus vulgaris* se le considera inferior a la soya en lo referente a la fijación simbiótica del nitrógeno, se hizo un experimento para comparar la fijación entre las variedades de frijol Trujillo 3 (Tipo IV) y Porrillo Sintético (Tipo II) con la de la variedad de soya Pelikan. Las plantas se sembraron en almácigos formados por una mezcla de

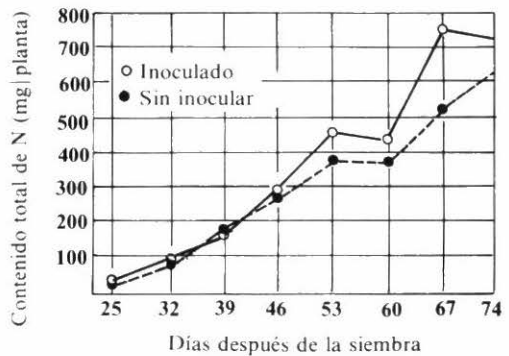


Figura 11. Acumulación de nitrógeno por planta de *Phaseolus vulgaris* como respuesta a la inoculación (promedio de las 10 variedades estudiadas).

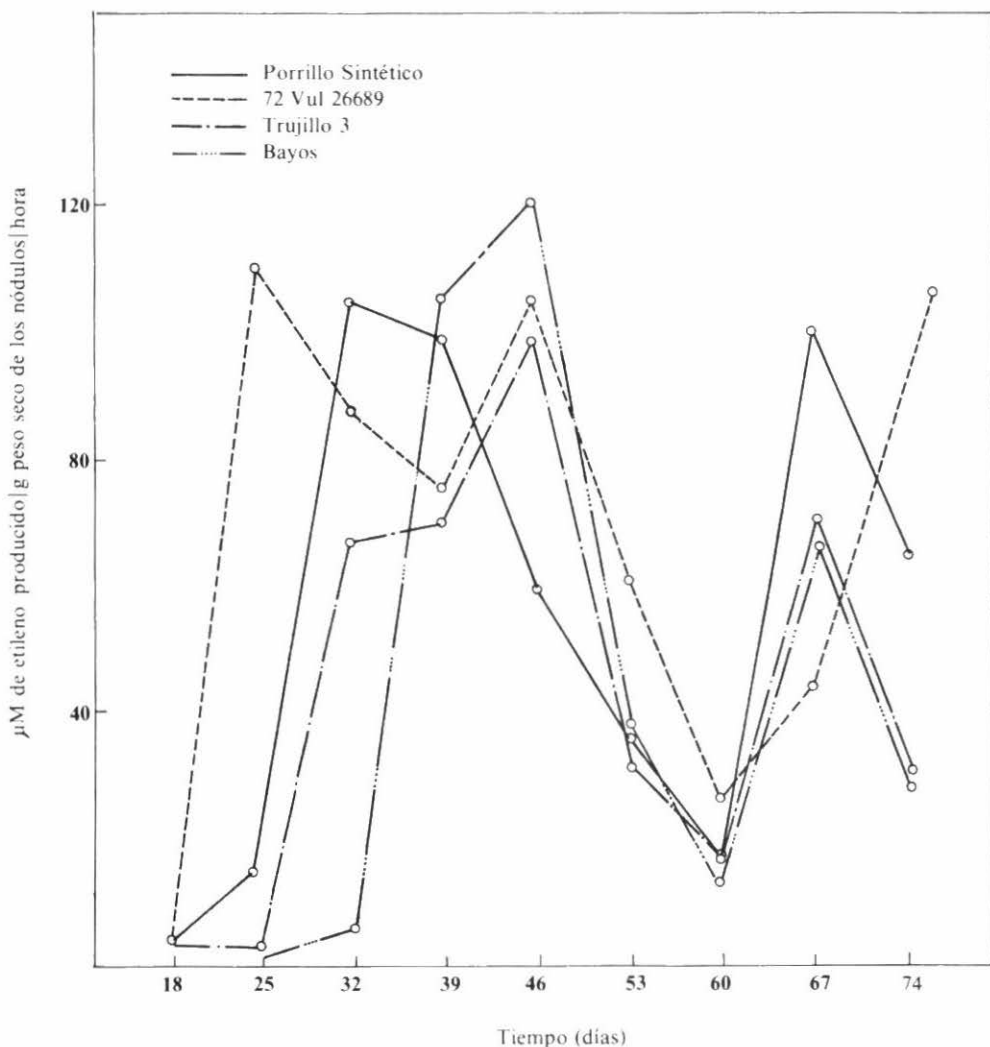


Figura 12. Cambios en la actividad específica de los nódulos ( $\mu\text{M}$  de etileno producido/g de peso seco de los nódulos/hora) durante el ciclo de crecimiento de 4 variedades de frijol.

tierra y arena y se tomaron muestras cada 10 días. Las características consideradas fueron las mismas que las registradas en el experimento realizado en Popayán con 10 introducciones.

Aunque la variedad Pelikan noduló lentamente, 38 días después de la siembra ya había desarrollado un número significativamente mayor de nódulos que cualquiera de las dos variedades de frijol y finalmente, produjo más del doble del peso

en nódulos que Porrillo Sintético o Trujillo 3. La soya presentó una fijación de nitrógeno considerablemente mayor (Figura 16) y se observó que, bajo las condiciones del CIAT, las dos variedades de frijol respondieron pobremente a la inoculación. Se están adelantando experimentos para determinar si este hecho se debió a las altas temperaturas. En vista de que probablemente los pequeños agricultores dependerán de las variedades trepadoras y de que las aplicaciones de

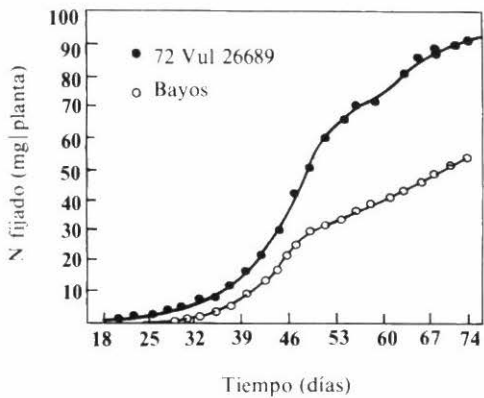


Figura 13. Curvas cumulativas de fijación de nitrógeno para introducciones de floración precoz (Bayos) y tardía (72 Vul 26689).

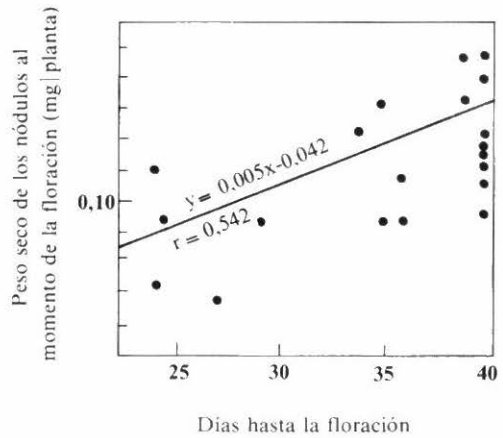


Figura 15. Relación entre los días hasta la floración y el peso seco de los nódulos en *Phaseolus vulgaris*.

fertilizantes nitrogenados son limitadas, es preocupante el hecho de que la variedad

Trujillo 3 fije tan bajos niveles de nitrógeno, bajo las condiciones de Palmira

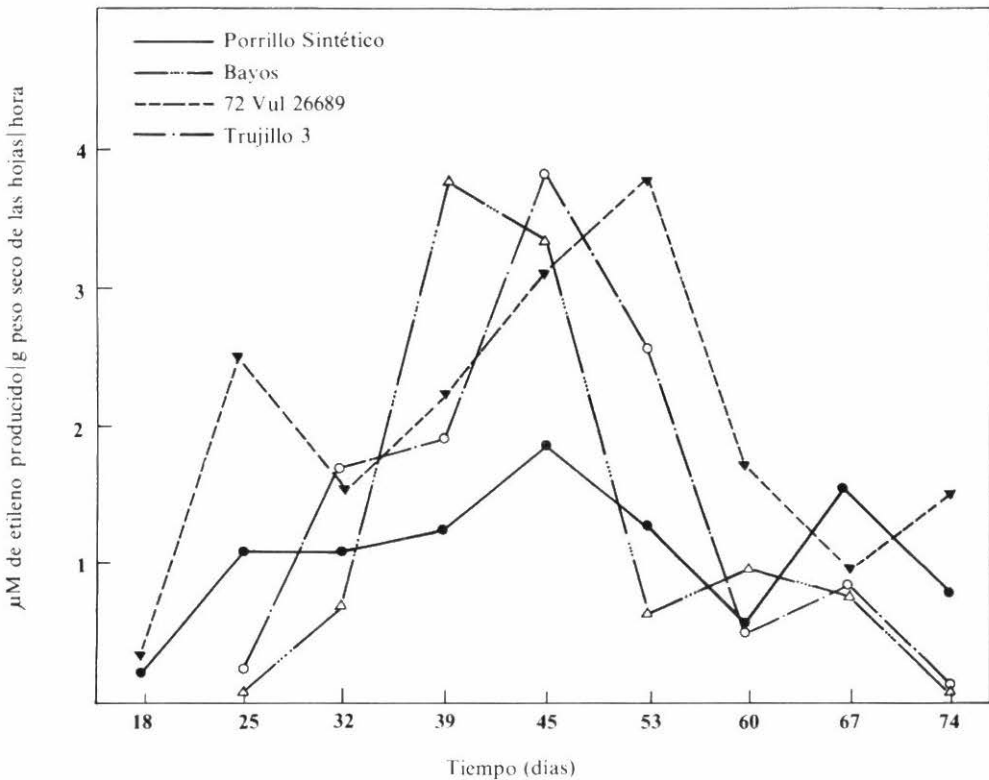


Figura 14. Reducción de acetileno por unidad de peso seco de las hojas en 4 variedades de *Phaseolus vulgaris* durante diferentes etapas del ciclo de crecimiento.

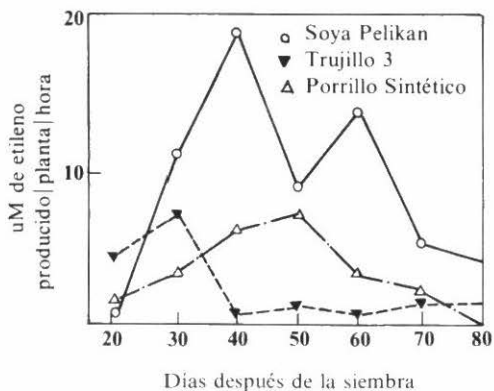


Figura 16. Niveles de reducción de acetileno de dos variedades de frijol y una de soya durante el ciclo de crecimiento.

y Popayán. Se están llevando a cabo estudios para determinar si otras variedades del tipo IV responden de manera similar a la inoculación.

### Pruebas de cepas

En 1975 se repitieron las pruebas de cepas utilizando como hospedero la variedad ICA-Pijao; nuevamente, la cepa CIAT 57 demostró ser la más eficiente en fijar nitrógeno, como se comprobó mediante la reducción de acetileno. Sin embargo, las diferencias en los rendimientos no fueron significativas.

### Suministro de inoculantes

Como en años anteriores, el equipo de microbiología del suelo continuó suministrando una amplia gama de inoculantes de **Rhizobium** a los científicos y agricultores de América Latina.

## ENTOMOLOGIA

### *Empoasca kraemeri*

#### Selección por resistencia

Se continuó dando mucha importancia a la selección de aquellas introducciones del

banco de germoplasma que presentan resistencia al lorito verde (*Empoasca kraemeri*). Este año se concluyó la selección de todos los materiales de los cuales había disponibilidad de semilla. Se seleccionaron aproximadamente 1.000 líneas para continuar su evaluación. De estas líneas, se seleccionarán 395 para determinar las poblaciones de ninfas que se albergaban en ellas, con la esperanza de encontrar mecanismos de resistencia diferentes al de la tolerancia. Se escogieron las 14 líneas más promisorias para incluirlas en cruzamientos dialélicos, con el fin de elevar los niveles de resistencia y determinar cuáles progenitores forman las mejores combinaciones. Estas líneas son: P6-C, P231, P346, P458-A, P478, P511-A, P512-A, P560-B, P680-A, P681-A, P682-A, P722, P723-A y PI 200-974.

Se midieron los niveles de resistencia de 54 variedades durante la estación de lluvias para comparar los resultados con los de la sequía del año pasado (Cuadro 22). La reducción en el rendimiento de los cultivos de la estación de lluvias fue mucho menor; se dio el caso de que la selección 73 Vul 3624 produjo rendimientos mayores cuando no fue tratada con pesticidas. Este hecho indica que el nivel de resistencia encontrado en algunas líneas es más que suficiente para proteger a la planta de un leve ataque de **Empoasca**. Sin embargo, algunas líneas que se comportaron como las mejores en la estación seca, crecieron y se desarrollaron pobremente durante la estación de lluvias. Probablemente, las adaptaciones específicas ejercen algún efecto en estos tipos de experimentos.

Aún no se ha encontrado un alto nivel de resistencia a *E. kraemeri* dentro de las variedades de *P. vulgaris*. Por esta razón, en la búsqueda de resistencia, se probaron otras especies con la esperanza de que, mediante cruces interespecíficos, sea posible la incorporación de esta resistencia en el frijol común. En las selecciones preliminares, otras especies como *P. mungo* presentaron niveles más altos de

Cuadro 22. Niveles de resistencia a *Empoasca kraemeri* de introducciones seleccionadas de *Phaseolus vulgaris*, determinados con base en los aumentos de rendimiento resultantes de la aplicación de pesticidas (siembra durante la estación de lluvias).

Introducción	Rendimiento por planta (g)		Incremento (%)
	Sin pesticidas	Con pesticidas	
73 Vul 3624	10,88	9,76	-11
PI 200-974	9,03	9,28	3
72 Vul 25221-1	9,58	10,60	11
PI 208-769	7,99	10,42	30
ICA-Bunsi	7,95	10,59	34
Línea 32	10,06	14,61	45
Brasil 1059	7,19	11,30	57
Brasil 1074	5,52	9,37	70
Brasil 1089	9,98	17,15	72
72 Vul 25299 M	7,89	14,71	86
Brasil 1031	2,34	7,41	217

resistencia que *P. vulgaris* (Cuadro 23) pero en estas especies también hubo diferencias sustanciales de resistencia. Actualmente se están evaluando otras especies que podrían cruzarse con *P. vulgaris*.

#### Mecanismos de resistencia a *Empoasca*

Nuevamente, se realizaron estudios detallados sobre el mecanismo de resistencia de seis variedades de frijol con diferentes niveles de resistencia. En en-

Cuadro 23. Niveles de resistencia a *Empoasca kraemeri* expresados en términos de los conteos de ninfas en las selecciones de las especies de *Phaseolus*\*.

Especies	Selección No.	No. de ninfas   10 hojas (días después de la siembra)			Promedio
		20	35	50	
<i>P. acutifolius</i>	1	3	5	4	4,0
	2	17	54	13	28,0
<i>P. lunatus</i>	1	5	11	2	6,0
	2	14	102	37	51,0
<i>P. aureus</i> ( <i>V. radiata</i> )	1	0	0	1	0,3
	2	1	2	3	2,0
<i>P. mungo</i> ( <i>V. mungo</i> )	1	0	0	0	0,0
	2	0	0	0	0,0
<b>Testigos</b>					
Calima	Susceptible	17	54	18	30,3
73 Vul 299	Resistente	3	19	9	10,3

\* Se utilizó un testigo susceptible y otro resistente de *Phaseolus vulgaris* para la adecuada comparación.

Cuadro 24. Número promedio de ninfas de *Empoasca kraemeri* que emergen por variedad en pruebas de oviposición de libre preferencia y sin preferencia, y número de machos determinado en pruebas de preferencia de alimentación.

Variedad	Prueba de oviposición		Prueba de alimentación (no. de machos)
	Libre preferencia	Sin preferencia	
Diacol-Calima	71,7 a*	75,0	4,6 a
P680	54,3 ab	58,7	3,3 ab
Brasil 1087	50,0 ab	81,0	2,3 b
ICA-Pijao	46,3 b	53,7	3,6 ab
Brasil 343	36,3 b	67,7	3,3 ab
ICA-Tui	30,3 b	60,0	1,3c

\* Los datos precedidos por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel del 5%.

sayos de libre preferencia para la oviposición y alimentación (en este último caso, con machos solamente), se determinó que existe una preferencia significativa por la postura y alimentación en la variedad Diacol-Calima (susceptible) en comparación con ICA-Tui (tolerante y menos apetecida) (Cuadro 24). Sin embargo, igual número de ninfas emergieron cuando el lorito verde fue expuesto a una sola variedad lo cual indica que el nivel de no preferencia es bajo. No se observó efecto de antibiosis en estas seis variedades (Cuadro 25), ni en 54 introducciones adicionales que se probaron. Aunque se observó tolerancia en la selección de campo, ésta no se pudo medir con exactitud en los ensayos de laboratorio. En ensayos con hojas cortadas mantenidas en solución nutritiva se observaron siete adultos por hoja cortada de las variedades Diacol-Calima e

ICA-Tui con un daño de 5,0 y de 3,1 (medido en una escala de 1 al 9) después de 3 días. A pesar de que la variación observada fue muy grande para utilizar esta técnica en la evaluación de los aumentos de resistencia en plantas individuales de poblaciones segregantes, se están adelantando estudios con el fin de obtener una metodología de selección más precisa.

### Biología de *Empoasca*

La poca literatura disponible sobre aspectos biológicos de *E. kraemeri*, hizo necesario un estudio en este campo, para el cual se utilizó la variedad susceptible Diacol-Calima como hospedero. El estadio de huevo duró casi tanto como el de ninfa (Cuadro 26). En promedio el período de huevo a adulto de las hembras duró 24,2

Cuadro 25. Prueba para la determinación de antibiosis en 6 variedades de frijol.

Variedad	Duración del estadio de ninfa (días)	Supervivencia de adultos durante 6 días (%)	Peso promedio ( $\mu$ g)
Diacol-Calima	11,0	94	144
Brasil 343	10,7	79	140
Brasil 1087	11,2	86	133
ICA-Pijao	10,7	94	144
P680	11,0	92	141
ICA-Tui	10,6	92	141

Cuadro 26. Ciclo de vida y reproducción de *Empoasca kraemeri* bajo condiciones de laboratorio en plantas de la variedad Diacol-Calima.

Estadio del desarrollo	No. de días		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Huevo	9	10	9.1
Primer estadio	1	2	1.9
Segundo estadio	1	2	1.8
Tercer estadio	1	2	1.2
Cuarto estadio	2	2	2.0
Quinto estadio	3	3	3.0
Período de preoviposición	4	7	5.2
Duración del ciclo de vida			
Hembra	13	86	64.8
Macho	14	80	58.2
No. de huevos	13	168	107.2

días y su ciclo de vida dos meses. Las hembras adultas prefirieron los peciolo a las hojas como sitios para la oviposición. En la línea 73 Vul 3624, el 82 por ciento de los huevos se encontró en los peciolo y sólo el 18 por ciento en las láminas foliares. En los cotiledones se encontró un porcen-

taje extraordinariamente alto del total de huevos por planta. Durante las primeras cuatro semanas, más de la mitad de los huevos por planta se encontraron en estas hojas (Figura 17). El recuento de huevos se hizo bajo el microscopio después de hacer un lavado de los tejidos foliares con lactofenol.

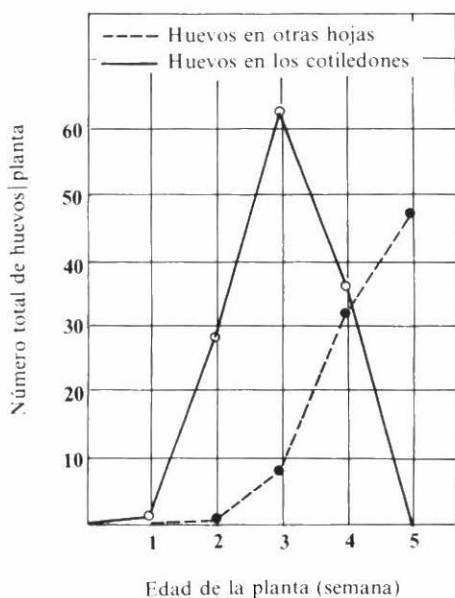


Figura 17. Distribución de los huevos sobre las hojas de plantas de la variedad Diacol-Calima durante las primeras 5 semanas.

Se observó un nivel relativamente alto de parasitismo de huevos por *Anagrus* sp. (Myrmaridae). Después de separar los insectos de las muestras de las plantas y de haber registrado el número de ninfas y parásitos recién emergidos, se encontró un porcentaje de parasitismo de los huevos del 60 al 66 por ciento (Cuadro 27). Estos datos pueden ser sobreestimativos debido a que algunos huevos son infértiles y a que los parásitos recién emergidos pueden ovipositar en los huevos en desarrollo.

También se estudió el daño relativo causado por los diferentes estadios del desarrollo de *E. kraemeri* utilizando hojas cortadas en soluciones nutritivas. Diez insectos en cada estadio de su desarrollo se colocaron en jaulas sobre la hoja y se registró el número de días hasta que las hojas comenzaron a enrollarse y a secarse a lo largo de sus bordes. Los resultados preliminares indican que los adultos son



Cuadro 27. Nivel de parasitismo de los huevos de *Empoasca kraemeri* por *Anagrus* sp. (Myrmaridae).

Tratamiento	No. promedio de insectos que emergieron		Parasitismo (%)
	Ninfas de <i>E. kraemeri</i>	Adultos de <i>Anagrus</i>	
Plantas recolectadas en el campo	11,6	28,5	66
Plantas expuestas a condiciones de campo (4 días)	9,2	14,2	60

más perjudiciales que las ninfas y que el cuarto estadio ninfal es más dañino que el quinto (Figura 18). En condiciones de campo, se observó una correlación estrecha entre el daño causado por *Empoasca* y el número de ninfas por hoja (Figura 19). En este experimento se aplicó monocrotophos a una tasa de 0,35 litros por hectárea, cada vez que la población de ninfas llegó a ser de una, tres, cinco o siete por hoja. La frecuencia de las aspersiones en los tratamientos con cinco o siete ninfas por hoja fue la misma, debido a que después de la primera aplicación la población no alcanzó nuevamente un número de siete ninfas por hoja. Estos datos indican que, por cada ninfa adicional por hoja, los rendimientos se reducen en un 7 por ciento. Sin embargo, esta relación no parece ser lineal cuando las poblaciones son altas.

La etapa de crecimiento de la planta más susceptible al ataque de *Empoasca* se determinó dejando de controlar los insectos durante una de las siguientes etapas del crecimiento: de la siembra hasta la formación de la primera hoja trifoliada; de la formación de la primera hoja trifoliada hasta 15 días después; desde esa etapa hasta la floración; de la floración, hasta el llenado de las vainas; y desde el llenado de las vainas, hasta la cosecha. Pareciera que el frijol es más susceptible al daño causado por *Empoasca* desde el momento en que se forma la primera hoja trifoliada hasta 15 días después. Para lograr altos rendimientos es esencial el control del *Empoasca* hasta la floración (Figura 20). Estos

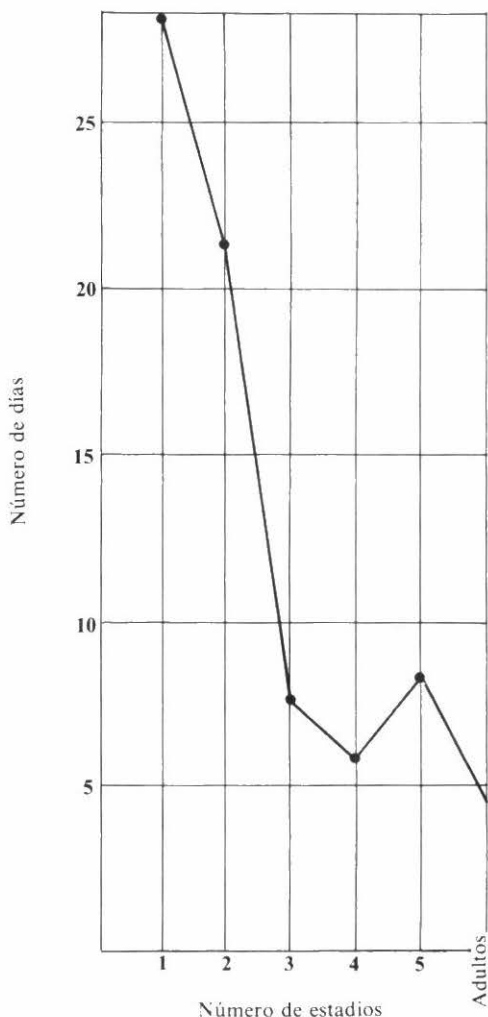


Figura 18. Número de días que requieren 10 insectos de *E. kraemeri* (en cada uno de los 6 estadios de desarrollo) para hacer que los bordes de las hojas de la variedad Diacol-Calima comiencen a enrollarse y secarse (por Boyliantes).

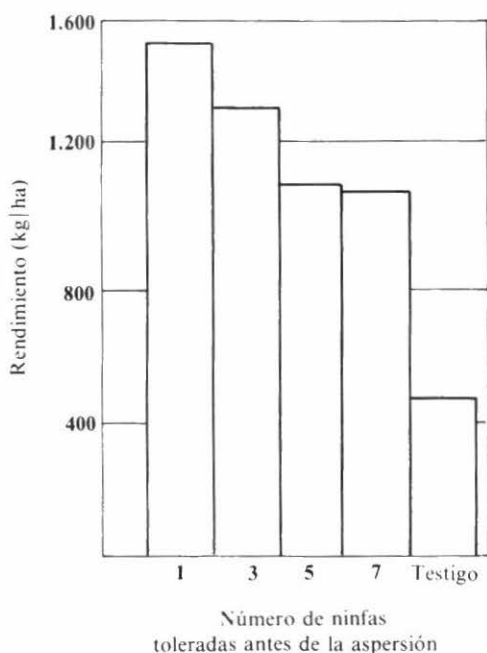


Figura 19. Rendimiento (kg/ha) de la variedad Diacol-Calima después de aplicar azodrin (0,35 litros i.a./ha) cuando la población de ninfas había alcanzado 1, 3, 5 o 7 insectos por hoja (promedio de 3 replicaciones).

resultados son similares a los registrados en los Cuadros 14 y 15. Estos estudios se utilizarán para determinar los tratamientos oportunos y efectivos para el control de **Empoasca**.

### Acaros

Este año se dio especial énfasis al estudio del ácaro *Polyphagotarsonemus latus*, de la familia Tarsonemidae. Los estudios sobre su importancia, con base en plantas individuales, mostraron una pérdida en el rendimiento del 56 por ciento después del ataque del ácaro (Cuadro 28). El daño causado por el ácaro es severo y frecuentemente se confunde con un ataque de virus. El ácaro se multiplica muy rápidamente pasando de huevo a adulto en sólo cinco días, bajo condiciones de laboratorio (Cuadro 29). Cada hembra produce un promedio de 48,3 huevos (Figura 21). El control químico del ácaro

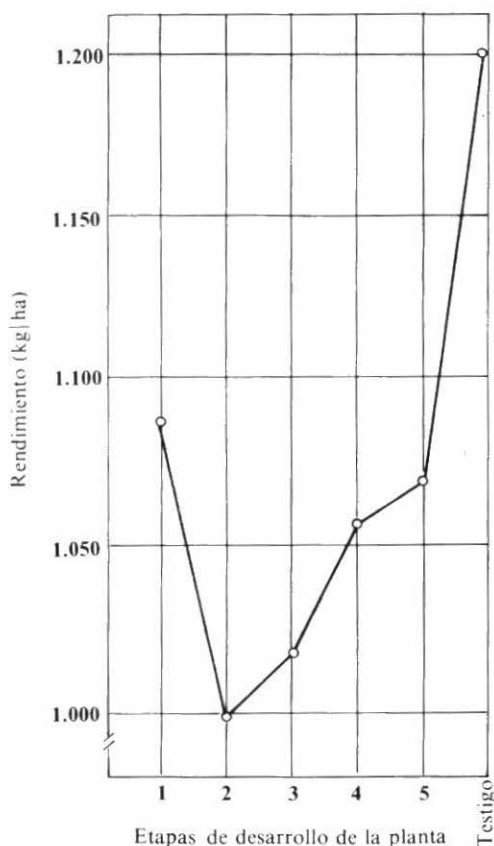


Figura 20. Rendimiento (kg/ha) del promedio de 4 variedades de frijol cuando no se aplicaron insecticidas durante una de las 5 etapas de crecimiento de la planta.

fue efectivo con carbaryl y monocrotophos.

### Chizas

Las chizas, jobotos o "gallinas ciegas" (*Phyllophaga* sp.) ocasionalmente causan

Cuadro 28. Reducción en el rendimiento de plantas seleccionadas de la variedad Diacol-Calima infestadas y sin infestar por *Polyphagotarsonemus latus*.

No. de plantas	No. de vainas/planta	Semilla/planta (g)
86 sin infestar	10,1	13,1
93 infestadas	5,6	5,8

Cuadro 29. Duración promedio de los estadios de desarrollo de *Polyphagotarsonemus latus* en condiciones de laboratorio (22-28°C) con la variedad ICA-Pijao.

Estadio	Duración	Promedio
Huevo	2 - 3	2,03 ± 0,1
Larva	1 - 2	1,03 ± 0,1
Seudopupa	1	1,00
Hembra adulto	7 - 18	15,06 ± 3,1
Macho adulto	11 - 14	12,50 ± 2,1

problemas en los cultivos en áreas nuevas. Un estudio sobre el control químico mostró que el carbofuran (granulado, al 3 por ciento), aplicado en el surco bajo la semilla y que la incorporación de disulfoton, aldrin o toxafeno-DDT, en su orden, fueron los productos más efectivos para reducir las pérdidas de plántulas causadas por estas larvas (Cuadro 30). Carbofuran fue más efectivo aplicado en el surco; endosulfan dio un mejor control cuando se incorporó al suelo.

### Insectos que atacan al frijol almacenado

Se continuó la búsqueda de resistencia a *Zabrotes subfasciatus* debido a que al

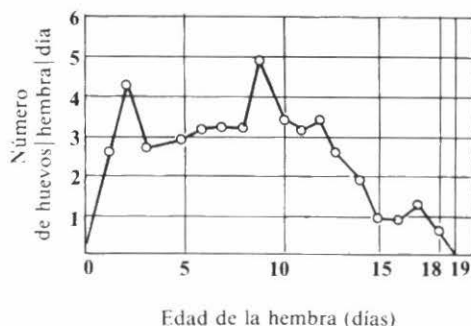


Figura 21. Curva de la oviposición de *P. latus* sobre hojas de la variedad ICA-Pijao bajo condiciones de laboratorio.

analizar la semilla de algunas fuentes promisorias, como la línea PI 309-709, después del primer ciclo de cultivo habían perdido su resistencia. De 296 líneas adicionales que se probaron durante 1975, se seleccionaron 70 por cuanto presentaron resistencia, expresada en términos de una baja tasa de oviposición, bajo porcentaje de emergencia de adultos, o desarrollo lento de los mismos. En el Cuadro 31 se presentan algunos ejemplos de estos casos.

El *Zabrotes subfasciatus* se puede controlar mediante el almacenamiento del frijol en las vainas. Se constató la presencia

Cuadro 30. Número de plántulas que murieron a consecuencia de las chizas (*Phyllophaga* sp.) después de los tratamientos con insecticidas. Promedio de 4 repeticiones (CIAT, 1975).

Producto	Dosis (kg i.a./ha)	Tipo de aplicación	No. promedio de plántulas muertas
Carbofuran 3 g	0,9	Surcos, bajo la semilla	7,3a*
Carbofuran 3 g	0,9	Incorporado	27,3 abc
Disulfoton 5 g	0,9	Incorporado	19,0 ab
Aldrin 2,5	1,25	Incorporado	20,0 a
Toxafeno-DDT (40-20)	1,6-0,8	Aspersión de la superficie	24,5 abc
Cebotox**	40,0	Incorporado	27,3 abc
Endosulfan 3 g	0,9	Surcos, bajo la semilla	40,0 cd
Endosulfan 3 g	0,9	Incorporado	29,8 bc
Fensulfothion 5 g	2,0	Incorporado	26,8 abc
Chlormephos 5 g	0,5	Incorporado	35,3 bc
Testigo	-	-	68,3 d

\* Los valores precedidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de 5%.

\*\* Fórmula comercial local que se usa como cebo.

Cuadro 31. Algunas selecciones que mostraron diferentes grados de resistencia a *Z. subfasciatus* en pruebas preliminares\*.

Selección	Seleccionada por:	No. de huevos	Emergencia (%)	Periodo de desarrollo
Brasil 1034	Baja oviposición	9,0	38,8	46,7
P364-B	Bajo % de emergencia	41,5	20,5	52,2
P514	Desarrollo lento	95,0	47,4	51,2
Diacol-Calima	Testigo susceptible	100,0	84,0	48,8

\* Promedio de 2 repeticiones, 50 semillas infestadas con 4 pares de adultos | repetición.

de huevos en la cubierta de las vainas y se observó que las larvas penetran las vainas pero mueren en su interior, sin afectar las semillas de frijol (Cuadro 32). Para simular el daño causado a las vainas, se cortaron los extremos permitiendo la entrada de los adultos.

Se continuaron los estudios sobre control químico del gorgojo con base en compuestos de piretrina. Las tasas de 1,5 ppm dieron una protección de 120 días, mientras que las de 2,5 y 4,0 ppm proporcionaron una protección por más tiempo.

El malatión en polvo (4 por ciento) y el fungicida Arasan (70 por ciento de thiram

Cuadro 32. Infestación de *Z. subfasciatus* después de exponer las vainas sanas, las dañadas y la semilla en vaina al gorgojo\*.

Tratamiento	No. de huevos   repetición	No de adultos   repetición
Vainas sanas	0,8	0,8
Vainas dañadas	162,0	111,7
Frijol en vaina	203,7	162,8

\* 100 semillas de la variedad Diacol-Calima | repetición, 7 pares de adultos | repetición.

y 2 por ciento de metoxicloro) dieron un buen control de **Zabrotes** (Cuadro 33). La tasa crítica de Arasan para prevenir la oviposición es de aproximadamente 50

Cuadro 33. Control en la variedad Diacol-Calima de *Z. subfasciatus* con malatión en polvo (4%) y Arasan en polvo (75% thiram y 2% metoxicloro)\*.

Nivel de tratamiento (ppm i.a.)	Mortandad a los 5 días (%)	No. de huevos   repetición	No. de adultos   repetición	Emergencia (%)
<b>Malatión en polvo</b>				
0	27,8	259,0	131,8	50,9
5	91,4	12,0	2,4	20,0
10	100,0	9,4	0,0	0,0
20	100,0	5,8	0,0	0,0
40	100,0	6,8	0,0	0,0
<b>Arasan en polvo</b>				
0	2,9	236,4	100,4	42,5
113	50,0	3,2	0,0	0,0
375	85,7	0,0	0,0	0,0
638	98,6	0,0	0,0	0,0
900	100,0	0,0	0,0	0,0

\* Promedio de 5 repeticiones, 7 pares de adultos | repetición.

ppm, mientras que la tasa comercial recomendada para la prevención de la muerte de las plántulas ("damping-off") es de 638 ppm. Se han continuado los estudios con thiram sin metoxicloro.

Michigan mostraron ser altamente tolerantes al añublo bacterial común. Falta aún por determinar la virulencia del aislamiento C6.

## FITOPATOLOGIA

### Añublo bacterial común

#### Selección por resistencia

Se continuaron haciendo selecciones de campo para determinar tolerancia al añublo bacterial común. Durante el primer semestre, se probaron 366 variedades del CIAT y de la Universidad Estatal de Michigan mediante su inoculación con el aislamiento C6 de *Xanthomonas phaseoli* utilizando métodos similares a los descritos en el Informe Anual del CIAT de 1974. Se confirmó la tolerancia de las variedades Jules, Tara y PI 207-262 que se habían probado en ensayos anteriores (Cuadro 34). Además, la línea P561 y siete líneas de la Universidad Estatal de

Cuadro 34. Reacción del follaje de algunas variedades y líneas de frijol al ataque del aislamiento C6 de *Xanthomonas phaseoli* en el CIAT.

Variedad o línea	Reacción
Jules	1,5*
Tara	1,5
P561	1,5
P458	1,5
MSU 42.772	1,5
MSU 42.842	1,5
MSU 42.935	1,5
MSU 42.950	1,5
MSU 42.954	1,5
MSU 42.964	1,5
MSU 43.009	1,0
Seafarer (testigo susceptible)	4,0
<i>Vigna sinensis</i> (caupí)	0,0

\* Nivel de reacción: 0 = síntomas no visibles; 1 = altamente tolerante; 2 = tolerante; 3 = ligeramente susceptible; 4 = susceptible; y 5 = altamente susceptible.

#### Método de selección utilizando hojas cortadas

Se trató de obtener un método más rápido para seleccionar por tolerancia al añublo bacterial común. Se cortaron hojas trifoliadas de nueve variedades y sus peciolos se introdujeron en agua destilada, contenida en matraces Erlenmeyer. Las hojas se inocularon con el aislamiento C6 de *Xanthomonas phaseoli* mediante el método de remojo en agua y se mantuvieron en cámara húmeda. Los síntomas se presentaron a los siete días y las observaciones se hicieron 10 días después de la inoculación. Se observaron bajo tales condiciones experimentales las mismas reacciones a las de campo en todas las variedades ensayadas con excepción de Duva (Cuadro 35). Se requiere investigar más en aspectos tales como el nivel de inóculo, edad de la planta y medio para mantener las hojas; sin embargo, el método parece tener valor como medio para

Cuadro 35. Reacción del follaje de plantas cultivadas en el campo y de las hojas cortadas de variedades de frijol al aislamiento C6 de *Xanthomonas phaseoli*.

Variedades	Reacción del follaje	
	Campo	Hojas cortadas
Tara	T*	T
Jules	T	T
G.N. # 1 Sel. 27	T	T
PI 207-262	T	T
Red Kidney	I	I
Sanilac	S	S
Gratiot	S	S
Seafarer	S	S
Duva	S	I

\* Nivel de reacción: I = tolerante; I= moderadamente susceptible; S= susceptible

estudiar las reacciones del follaje a la enfermedad.

## Roya

### Selección por resistencia

En 1975 se evaluaron 1.500 introducciones del banco de germoplasma; 196 mostraron resistencia y serán incorporadas a un Vivero Internacional de Roya de Frijol (VIRF)\* para ser sometidas a pruebas de aquellas razas de hongos que no se presentan en el CIAT. Se enviaron 108 introducciones del VIRF resistentes a la roya a 14 instituciones cooperadoras de seis países durante el año. Actualmente se dispone de los resultados de seis de los 20 juegos enviados. Las introducciones Ecuador 299 y Compuesto Chimaltenango 2, mostraron resistencia en todos los países.

En las introducciones del VIRF sembradas en la sede del CIAT se constató la presencia de 13 razas de *Uromyces phaseoli* var. **typica**. La evolución de las razas del hongo se estudió en un semillero de selección continua. Se encontraron las razas 3, 8, 10, 28, 29, 32 y 33, siendo las más prevalentes la 29 y la 33. Con base en su reacción a la variedad diferencial US 814, se identificaron dos biotipos: uno que corresponde a la raza 3 y el otro a la raza 29.

### Pérdidas causadas por la roya

En un experimento similar al descrito en el Informe Anual del CIAT de 1974, la variedad susceptible ICA-Tui y la tolerante ICA-Pijao, se inocularon con esporas del hongo durante diferentes etapas del desarrollo de la planta.

El rendimiento de la variedad susceptible Tui se redujo en un 85 por ciento cuando la infección se presentó durante la primera semana después de la emergencia y

en un 82, 80, 77, 24, 18 y 11 por ciento, respectivamente, durante las siguientes semanas, en comparación con la variedad tolerante Pijao cuyo rendimiento disminuyó en un 34 y 31, 28, 21, 14, 10 y 4 por ciento, respectivamente.

### Control químico

Para determinar el mejor control químico de la roya, se sembró la variedad ICA-Tui en parcelas experimentales y se asperjó con fungicidas a los 15, 25 y 35 días después de la emergencia. Se hizo una evaluación preliminar cinco días después de la última aplicación. El rendimiento obtenido en parcelas protegidas con maneb (3 kg|ha) fue superior al del testigo en un 100 por ciento. En comparación con el testigo, en las parcelas asperjadas con chlorothalonil (2,5 kg|ha) y acetato de trifenylytin (0,8 kg|ha), el rendimiento se aumentó en un 85 por ciento mientras que con triforine (1,5 litros|ha), pyracarbolid (3,0 litros|ha) carbendazim (1 kg|ha) y oxycarboxin (1 kg|ha) en 55, 52, 40 y 30 por ciento, respectivamente. En uno de los dos semestres en los que se llevó a cabo el experimento, el benodanil se comportó de manera similar al triforine, pyracarbolid y oxycarboxin.

Se ensayaron mezclas de los mejores fungicidas. Oxycarboxin + captafol aumentó los rendimientos del Porrillo Sintético en un 64 por ciento, en comparación con los incrementos del 48 por ciento obtenidos por la aplicación de las mezclas de oxycarboxin + chlorothalonil, acetato de trifenylytin + maneb o tridemorph + acetato de trifenylytin.

### Antracnosis

#### Selección por resistencia

Mediante una técnica de selección similar a la utilizada para la roya, se probaron en campos cercanos a las ciudades de Popayán (1.600 m) y Bogotá (2.600 m), 100 introducciones selec-

\* International Bean Rust Nursery (IBRN).

cionadas que han mostrado resistencia en otros países. Los resultados preliminares indicaron que la introducción Cornell 49-242, Widusa, Preto 141, Petro 145 y P459 fueron resistentes en ambas localidades. La reacción de algunas introducciones fue diferente de una localidad a otra, lo cual indica la presencia de diferentes razas del hongo *Colletotrichum lindemuthianum*.

### **Pérdidas causadas por la antracnosis en Popayán**

Se utilizó la variedad susceptible Diacol-Nima y la tolerante Diacol-Andino para evaluar las pérdidas causadas por este hongo. Las parcelas con cuatro repeticiones se inocularon semanalmente durante siete semanas, después de la emergencia. El testigo absoluto se protegió con benomyl (0.5 kg/ha) en aplicaciones semanales. Las parcelas también se protegieron hasta 15 días antes de su inoculación. El inóculo (50.000 conidios/ml en agua destilada) se asperjó a baja presión en las horas finales de la tarde cuando la humedad relativa fue de casi el 100 por ciento.

Los rendimientos de la variedad susceptible Diacol-Nima se redujeron en un 95 por ciento cuando la infección se presentó una semana después de la emergencia. Durante las siguientes cuatro semanas, las pérdidas se mantuvieron constantes — alrededor de un 88 por ciento— y luego declinaron al 38 y 27 por ciento después de la sexta y séptima semana, respectivamente. Este patógeno ocasiona graves pérdidas durante todo el período de crecimiento, no sólo debido a las infecciones foliares sino también a las infecciones del tallo y del grano. En la variedad tolerante Diacol-Andino, las pérdidas semanales fueron 10 por ciento menores a las de la variedad susceptible Nima. Cuando las condiciones ambientales no fueron particularmente favorables para la infección, los patrones de las pérdidas fueron similares a los registrados para la roya.

### **Control químico**

Como se indica en la sección de agronomía del presente informe, bajo las condiciones de Popayán, se requiere un control químico de antracnosis más cuidadoso durante las siembras del segundo semestre que durante las del primer semestre, por ser éste más seco (Cuadro 36). Los aumentos logrados fueron espectaculares. Durante las siembras del segundo semestre la aplicación de captafol, benomyl y carbendazin aumentaron los rendimientos en 2.471, 2.033 y 1.936 por ciento, y durante el primer semestre, en 468 por ciento. En Popayán, este patógeno es el principal factor limitante del rendimiento.

### **Virus del mosaico común del frijol**

#### **Contaminación de la semilla**

Ya que el virus del mosaico común del frijol es transmisible por la semilla, el uso de semilla no infectada hace posible que los agricultores aumenten sus rendimientos significativamente (Informe Anual del CIAT, 1974). Sin embargo, la reproducción de esta semilla requiere cuidados especiales razón por la cual es difícil que los agricultores logren este propósito. Se diseñaron experimentos para determinar la recontaminación de la semilla bajo condiciones de campo. Al sembrar parcelas con semilla limpia y distanciadas de las fuentes de contaminación, la semilla cosechada permaneció libre del patógeno. Sin embargo, en las parcelas sembradas cerca de plantas contaminadas, la transmisión fue del 16 y 15 por ciento para las variedades susceptibles ICA-Gualí e ICA-Duva, y del 8 y 6 por ciento para las tolerantes ICA-Tui y P459, sin haber controlado los pocos áfidos presentes en el campo. El control químico del vector redujo significativamente la contaminación.

La transmisión del virus por semilla, observada en varios materiales promisorios, varió del 10 al 60 por ciento.

Cuadro 36. Control químico de la antracnosis en la variedad Diacol-Nima (Popayán, 1974, 1975).

Fungicidas	Dosis (kg  ha)	Rendimiento (kg  ha)		Aumento con relación al testigo (%)	
		1974	1975	1974	1975
Captafol	3,5	1.157	1.602	2.471	393
Benomyl	0,5	960	1.283	2.033	295
Carbendazim	0,5	871	1.845	1.936	468
Maneb + ion zinc	3,0	724	1.406	1.509	333
Carbendazim	1,0	711	1.617	1.480	398
Chlorothalonil	2,5	595	1.003	1.222	209
Acetato de trifenylnit	0,8	523	1.539	1.062	374
Captan	3,5	279	1.287	520	296
Thiabendazole	0,5	175	632	289	94
Azufre	3,0	126	331	180	2
Hidróxido de cobre	2,0	115	641	155	97
Oxycarboxin	1,0	41	491	-9	52
PCNB	4,0	37	561	-18	73
Testigo	-	45	325	0	0

### Selección por resistencia

Se probaron nuevamente con varias cepas del virus algunas introducciones tolerantes y resistentes al mosaico común. Se seleccionaron las variedades Top Crop, Monroe, Jubila, Widusa, Amanda, Pinto 114 y las introducciones del CIAT P393, P323, Perú 0257 y PI 146-800 como fuentes de resistencia, con el fin de incorporarlas en el programa de fitomejoramiento.

### Pérdidas causadas por el virus del mosaico común

En este año se concluyó un estudio a largo plazo sobre las pérdidas económicas ocasionadas por la infección de este virus; en el Informe Anual del CIAT de 1974 se describieron los métodos utilizados. Se determinaron las reducciones en el rendimiento con base en parcelas inoculadas artificialmente, cada semana, durante siete semanas después de la germinación. Para las dos variedades de grano rojo ICA-Guali e ICA-Duva, las reducciones fueron de 94, 95, 85, 68, 43 y 20 por ciento en

comparación con las de las dos variedades negras ICA-Tui y Jamapa que fueron de 89, 79, 36, 34, 29 y 16 por ciento.

### Virus del mosaico dorado del frijol

#### Selección por resistencia

De las 3.700 introducciones estudiadas hasta la fecha aún no se ha identificado fuente alguna de resistencia al virus del mosaico dorado. Se ha establecido un Vivero Internacional del Virus del Mosaico Dorado del Frijol (VIVMDF)\* para probar en colaboración con el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas, ICTA, de Guatemala otras introducciones tolerantes seleccionadas. Se está multiplicando la semilla de las 144 colecciones incluidas. Las colecciones del VIVMDF se sembrarán también en diversas localidades de Brasil, Puerto Rico, Jamaica, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Colombia, República Dominicana,

\* International Bean Golden Mosaic Virus Nursery (IBGMN).



Nigeria, Kenya e India. La primera colección del VIVMDF se sembró solamente en Guatemala y se seleccionaron algunos materiales que aparentemente mostraron ser más tolerantes que las variedades Turrialba 1 y Porrillo 1. Estos materiales fueron: CIAT P747, P474, G 02689, P516, P657, P675, P544, P5 y Guatemala 417.

### **Identificación y purificación del virus del mosaico dorado**

El CIAT está tratando de desarrollar un medio para identificar las numerosas enfermedades del frijol en América Latina que presentan síntomas semejantes a los causados por virus, con el fin de evitar el traslado de materiales infectados de un país a otro. Con este propósito se está estableciendo un banco de antídotos en forma de suero para aquellos virus que se encuentran en América Latina y en el área del Caribe.

En 1975 se estudió el virus del mosaico dorado que ha sido aislado en El Espinal (Colombia) y Santa Tecla (El Salvador). El método de transmisión mecánica fue mejorado significativamente y se logró una infectividad del 100 por ciento moliendo hojas infectadas de 15 a 20 días de edad en una solución amortiguadora de fosfato 0,1 M y pH 7,5 más 2-mercaptoetanol al 1 por ciento. Las plantas se inocularon en ambas hojas primarias, las cuales habían sido espolvoreadas previamente con carborundo pasado por un tamiz-600. La concentración del virus en la planta se redujo drásticamente a los 40 días después de la inoculación; la molaridad de la solución amortiguadora también jugó un papel importante en la estabilidad del virus.

El virus se mantuvo viable durante tres meses en tejido disecado sobre  $\text{CaCl}_2$  a  $4^\circ\text{C}$ . Se encontró que su punto térmico de mortalidad es de  $55^\circ\text{C}$ , su punto de dilución final de 1:128 y su período de vida *in vitro* a  $23^\circ\text{C}$ , de 72 horas. El virus fue estable en soluciones amortiguadoras de

fosfato, heparina y borato al 0,1 M y pH 7,5; menos estable en Tris HCl y no mostró estabilidad en EDTA.

El virus se purificó tratándolo con *n*-butanol al 7 por ciento, precipitándolo con glicol polietileno 6.000 de Baker más NaCl (6 y 1 por ciento, respectivamente) y centrifugándolo en un proceso semejante al de la separación de la sucrosa por diferencia de densidades. La zona formada a los 2,3 cm del menisco contenía el agente causal de la enfermedad denominada mosaico dorado del frijol, como se demostró mediante repetidos ensayos de infectividad. Muestras tomadas de los extractos sanos a la misma profundidad no tuvieron infectividad.

Las partículas virales tienen una estructura morfológica especial; se presentan en dímeros y los lados enlazados de las partículas apareadas tienen una apariencia aplanada (Figura 22). Casi no se observaron partículas individuales (100:1). La partícula enlazada midió aproximadamente  $32 \times 19$  nm.

El antídoto preparado contra la forma del virus que se presenta en Colombia, se utilizará para comparar las formas que existen en diferentes países latinoamericanos y en el área del Caribe.

### **Virus del moteado clorótico del frijol**

Este virus es transmitido por el vector *Bemisia tabaci*. Su hospedero natural es la especie *Rhinchosia minima*, una maleza tropical común. En soya, causa una enfermedad con síntomas similares a los producidos en frijol. Los síntomas que produce el virus en el frijol son la aparición de moteados cloróticos y un ligero enrollamiento y deformación de las hojas. En algunas variedades produce síntomas de superbrotamiento y enanismo severo. Se están llevando a cabo estudios para determinar si las enfermedades denominadas moteado clorótico, mosaico de Rhinchosia, enanismo moteado,

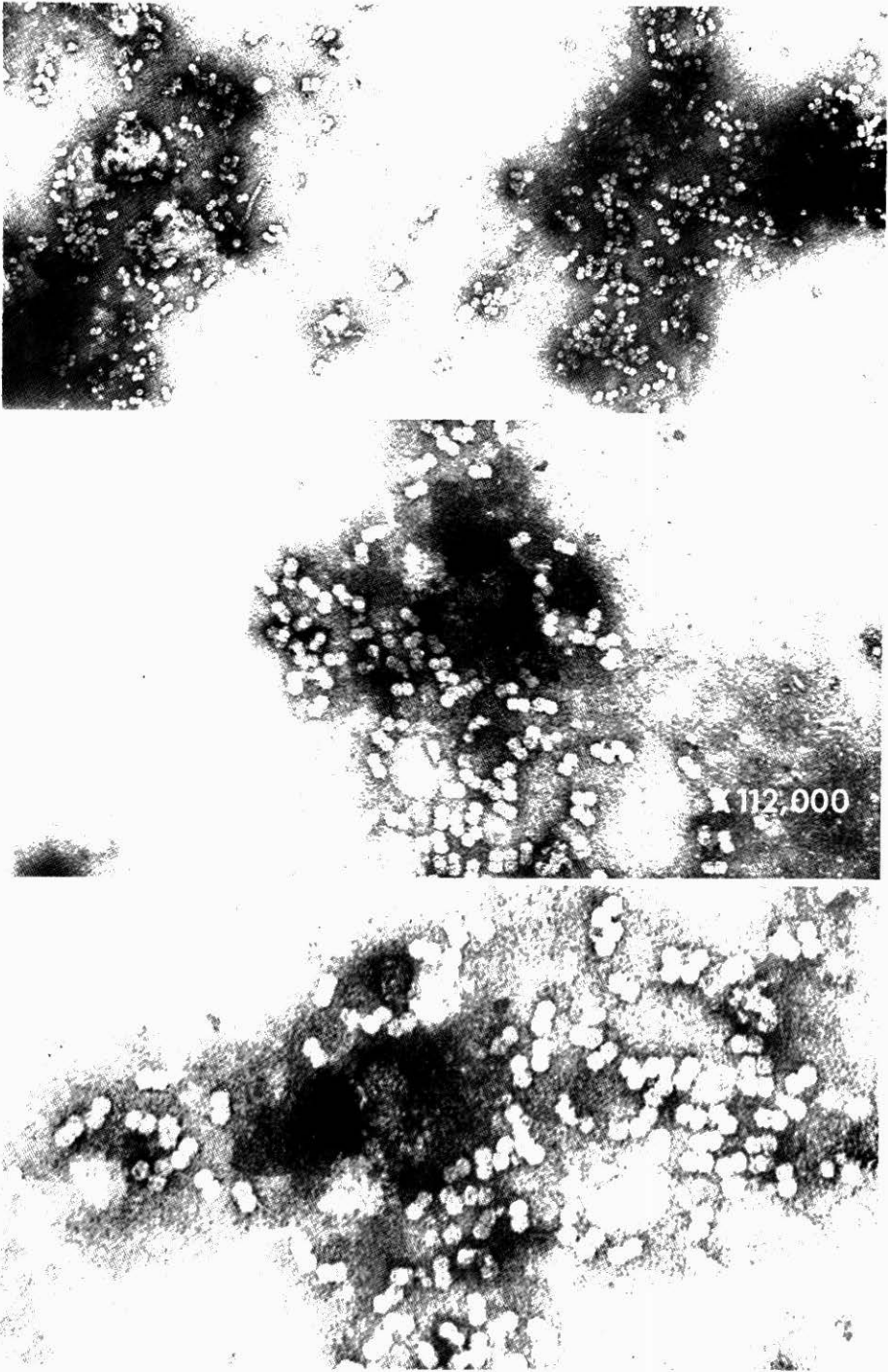


Figura 22. Microfotografía del virus del mosaico dorado del frijol, teñido con una solución de acetato de uranilo al 3% más albúmina de suero de bovino al 0,05%. Obsérvense las numerosas partículas apareadas y la apariencia aplanada de los lados enlazados.

arrugamiento, mosaico de Abutilon, mosaico de Euphorbia y mosaico de Sida son causadas por el mismo virus. Un Vivero Internacional Uniforme de Hospederos\* tiene material listo para ser enviado a diversos colaboradores en América Latina, el Caribe, África y Asia, con el propósito de facilitar la identificación de este complejo de mosaicos en un futuro cercano.

### Selección por resistencia

No fue difícil encontrar materiales resistentes al virus del moteado clorótico. Las variedades de la colección del CIAT P6, P458, P527, P225 y P457 mostraron ser altamente resistentes al virus; en contraste, Panamito, 27R e ICA-Duva son muy susceptibles.

### Virus del mosaico rugoso y del mosaico ampollado

La importancia de estos virus, cuyos vectores son varios escarabajos, se está acentuando en Guatemala y El Salvador. Algunos becarios de México y de El Salvador han continuado los estudios iniciados en 1974 sobre la identificación y caracterización de los patógenos. Las dos enfermedades pertenecen al mismo grupo de virus multicomponentes. Se han preparado antídotos en forma de suero contra todas las cepas encontradas en Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Colombia indicando que el conjunto de estas enfermedades puede ser causado por el mismo virus el cual está conformado por varias cepas. Existen diversas fuentes de resistencia que se podrían incorporar a nuevas variedades.

### Defoliación artificial para simular las pérdidas causadas por enfermedades

#### Porcentaje versus tiempo de defoliación

Estos experimentos, iniciados en 1973, se concluyeron este año. Los resultados

\* International Uniform Host Nursery

(Figura 23) confirmaron las observaciones previas hechas en las variedades ICA-Guali (roja) y Porrillo Sintético (negra). Está claro que las etapas más críticas, a partir de la plántula, son el comienzo de la floración y el llenado de las vainas. Después del comienzo de la madurez fisiológica, la defoliación tiene poco efecto sobre el rendimiento. Estos resultados coinciden del todo con los obtenidos en los estudios sobre fisiología.

### Patología de la semilla

#### Producción de semilla libre de patógenos

La estrategia y los beneficios de la utilización de semilla limpia se han

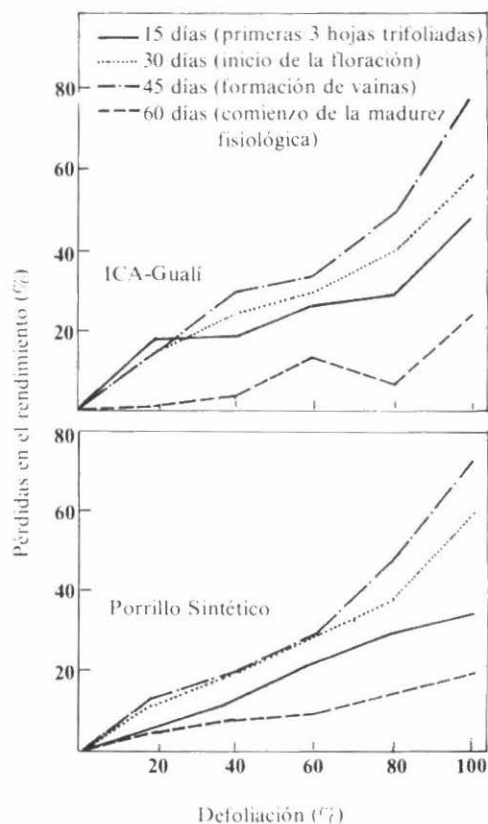


Figura 23. Pérdidas causadas por la defoliación artificial de las variedades ICA-Guali y Porrillo Sintético (CIAT, 1975).

presentado en los informes anuales del CIAT correspondientes a años anteriores. La eliminación de patógenos transmitidos por la semilla continuó siendo un proyecto prioritario. Se logró la limpieza de 1.453 variedades y colecciones en el invernadero, dentro de las cuales se incluyeron las líneas promisorias para el programa de fitomejoramiento, variedades diferenciales de diversos patógenos, materiales del VIRF, como también variedades de Colombia, Guatemala, Perú, Honduras, Ecuador, México y Chile. Bajo condiciones de siembras de campo, se multiplicó semilla limpia de 1.008 variedades.

Se continuó con la búsqueda de áreas apropiadas para producir semilla limpia y están en etapa de desarrollo varios proyectos cooperativos en Brasil, Perú, Guatemala, Ecuador y Colombia. También se está estudiando la posibilidad de producir semilla de ciertas variedades en regiones que son desfavorables para el desarrollo de algunos patógenos, en lugar de enviarla nuevamente a su sitio de origen.

### Hongos transmitidos por la semilla

La semilla recolectada como parte del estudio agroeconómico que se presenta en la sección de economía fue sometida a pruebas de germinación y a examen minucioso para constatar la presencia de hongos alojados en su interior. Se hizo un ensayo con 100 semillas de cada uno de los nueve lotes de semilla por región. Los siguientes géneros y especies de hongos alojados en la semilla fueron aislados en el mencionado examen: *Aspergillus niger*, **Aspergillus** spp., **Penicillium** spp., *Fusarium oxysporum*, **Fusarium** spp., *Rhizoclonia solani*, *Colletotrichum lindemuthianum*, **Phomopsis** spp., **Alternaria** sp., *Rhizopus* sp., **Monilia** sp., **Acrostalognus** sp., **Cladosporium** sp., **Peyronella** sp., *Isariopsis griseola*, *Macrophomina phaseoli*, **Botrytis** sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, **Pestalotia** sp., y otros hongos no identificados.

De las 3.600 semillas sometidas a prueba en este estudio, 1.154 (32 por ciento) contenían hongos dentro de la semilla. De las semillas que contenían hongos, 823 (71 por ciento) no germinaron. Del 32 por ciento de las semillas que no germinaron se aislaron especies de **Fusarium**, siguiendo en su orden: **Phomopsis** sp. (13 por ciento), *Colletotrichum lindemuthianum* (9 por ciento) y *Rhizoclonia solani* (8 por ciento). En la Figura 24 se muestra un método típico de selección para hongos alojados en el interior de la semilla, el cual hace una comparación entre la semilla proveniente del Huila y la semilla limpia producida en el CIAT.

La semilla proveniente del Huila presentó una mayor cantidad de hongos alojados en su interior y menor viabilidad que la semilla procedente de otras tres regiones (Cuadro 37).

De las 900 semillas procedentes del Huila que se sometieron a observación, 737 (81 por ciento) contenían hongos y 536 (60 por ciento) no germinaron. Los lotes de semilla del Huila tenían hasta un 100 por ciento de infección por hongos y sólo un 8 por ciento de germinación. De este estudio se concluye que los hongos transmitidos por semilla son un factor importante en la reducción de la calidad y germinación de la misma.

### Tratamiento de la semilla con fungicidas

#### Penetración de los fungicidas en la semilla y su efecto sobre los hongos alojados en su interior y sobre la germinación

Se hizo un estudio minucioso de la semilla comercial, de baja calidad, de la variedad ICA-Tui. El porcentaje de semillas con hongos alojados en su interior y el porcentaje de germinación fueron de 88 y 41, respectivamente. Se observó que algunos hongos representativos de siete géneros se localizaron dentro de los tejidos de la cubierta de la semilla (testa) y

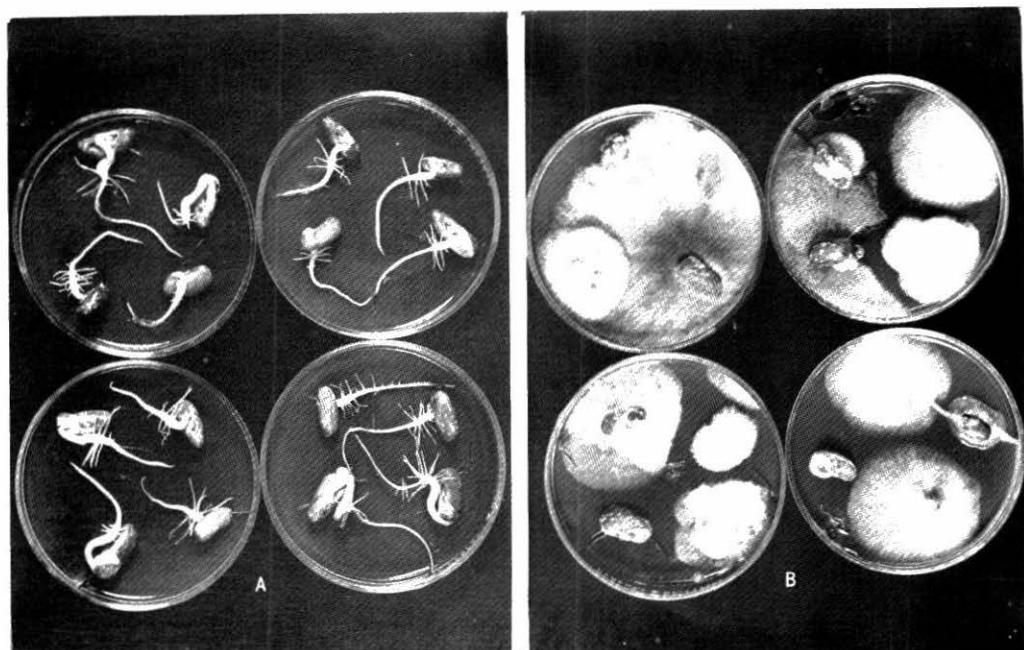


Figura 24. Semilla limpia del CIAT (A) y semilla infestada del Huila (B). Puede observarse el gran número de hongos alojados en el interior de la semilla proveniente del Huila.

ocasionalmente, en los tejidos del embrión (cotiledones). Los fungicidas captan y thiram penetran en la cubierta de la semilla y ocasionalmente, en el embrión. Los dos productos ejercieron un buen control sobre los hongos localizados dentro de la cubierta de la semilla (Cuadro 38). El benomyl (fungicida sistémico) también penetró dentro de la cubierta de la semilla y en el embrión, y fue efectivo en el control de los hongos. El tratamiento de la semilla con fungicidas aumentó significativamente

el porcentaje de germinación en PDA (papa, dextrosa, agar) y la emergencia en suelo esterilizado y en el campo; además, redujo notoriamente el porcentaje de hongos dentro de la semilla. El uso de fungicidas para tratar las semillas sería benéfico en aquellas regiones en las cuales se utiliza semilla de mala calidad para la siembra

El tratamiento de semillas de buena calidad y libre de patógenos con diversos

Cuadro 37. Porcentaje promedio de germinación in vitro, total de semillas con hongos y semillas con hongos que no germinaron, con base en semillas provenientes de cuatro regiones de Colombia.

Región	Germinación (%)	Total de semillas con hongos (%)	Semillas con hongos que no germinaron (%)
Huila	40	82	60
Valle	91	10	7
Antioquia	88	17	10
Nariño	86	19	11

\* Con base en 100 semillas por cada uno de los nueve lotes de semilla por región

Cuadro 38. **Porcentaje de hongos alojados en el interior de la semilla, germinación in vitro (PDA) y emergencia en suelo estéril (invernadero) y en el campo de semilla de mala calidad (var. ICA-Tui) , tratada o no tratada.**

Tratamiento	Germinación in vitro (PDA) (%)	Emergencia (%)		Total de semillas con hongos (%)
		Suelo estéril	Campo	
Captan	73	68	53	14
Thiram	72	66	52	15
Benomyl	73	65	47	12
Testigo	41	33	35	88
d.m.s. 5%	19	18	8	13
1%	29	28	12	21

fungicidas, no presentó beneficio alguno; sin embargo, el tratamiento de semillas infectadas y de mala calidad, con los mismos fungicidas, aumentó significativamente el porcentaje de emergencia y el establecimiento del cultivo.

## AGRONOMIA

### Ensayos de variedades

En 1975, se intensificaron los estudios de rendimiento experimental sobre introducciones de frijol y hasta la fecha, se han establecido 14 ensayos de rendimiento, para los que se utilizaron tres niveles de prueba:

1. En los Ensayos Preliminares de Rendimiento, se selecciona en el CIAT un gran número de materiales y algunas veces se seleccionan por segunda vez en Popayán, la localidad de mayor altitud. Las introducciones se cultivan bajo condiciones de competencia y en parcelas replicadas.

De las 750 selecciones promisorias que el grupo de trabajo del Programa de Frijol ha identificado hasta la fecha, se seleccionaron 331 del tipo no trepador, por su alto potencial de rendimiento. De las 331, han sido probadas 126 en los Ensayos Preliminares de Rendimiento. La semilla del material restante se está

limpiando y/o multiplicando para ser probada durante 1976. La mayoría de las variedades de alto rendimiento son de grano negro, pero también se han identificado algunas introducciones promisorias de otros colores. En estos ensayos se incluyen las evaluaciones que se hacen para determinar las reacciones al virus del mosaico común, roya y añublo bacterial.

2. En los Ensayos Uniformes de Rendimiento, sembraron las mismas 40 variedades de alto rendimiento en la sede del CIAT, Popayán y Montería (localidades de Colombia) y en Boliche, Ecuador. El objetivo primordial de estos ensayos es el de probar la adaptabilidad de estos materiales promisorios bajo diferentes condiciones ambientales.

Se cosecharon los Ensayos Uniformes de Rendimiento sembrados en la sede del CIAT, Popayán y Boliche; en el Cuadro 39 se presentan las variedades que alcanzaron mayores rendimientos en cada localidad. Cuatro de las cinco mejores variedades en los ensayos de 1974 (establecidos en cinco localidades) se encuentran nuevamente entre las variedades de más alto rendimiento durante este año.

De éstas, las de mejor grado de adaptación fueron P459 (Jamapa), P302 (PI 309-804) y P511 (S-182-R).

Cuadro 39. Materiales de frijol de más alto rendimiento en tres Ensayos Uniformes de Rendimiento realizados en 1975, en comparación con los ensayos de 1974.

Localidad	Materiales de más alto rendimiento		Rendimiento (ton/ha)	Tipo de crecimiento	Color
	Número	Nombre			
CIAT (1975)	* P459	Jamapa V.	3,32	II	negro
	P737	Jamapa CR.	3,09	I	negro
	* P511	S-182-R	3,07	II	negro
	* P302	PI 309-804	2,98	II	negro
	* P560	Var 51051	2,96	II	negro
	P506	73 Vul 6542	2,95	II	blanco
Popayan	P498	Puebla 152	3,09	III	negro
	* P302	PI 309-804	3,04	II	negro
	P512	S-166-A-N	2,84	II	negro
	P588	ICA-Huasano	2,82	II	negro
	P326	PI 310-740	2,80	III	negro
	* P459	Jamapa V.	2,78	II	negro
Bolíche	* P302	PI 309-804	2,56	II	negro
	* P459	Jamapa V.	2,52	II	negro
	P445	Guat. 2226	2,47	II	negro
	* P675	ICA-Pijao	2,46	II	negro
	P418	Col. 12-E	2,42	II	negro
	* P511	S-182-R	2,37	II	negro
Ensayos de 1974**	P566	Porrillo Sint.	2,3 - 2,8	II	negro
	* P675	ICA-Pijao	2,3 - 3,1	II	negro
	* P737	Jamapa CR.	1,9 - 2,7	I	negro
	* P459	Jamapa V.	1,8 - 2,6	II	negro
	* P560	Var. 51051	2,1 - 2,5	II	negro

\* Uno de los mejores materiales en un mínimo de dos ensayos

\*\* Rendimientos mínimos y máximos de los ensayos en las tres localidades

Las variedades P675 (ICA-Pijao) y P560 (Var 51051) dieron altos rendimientos solamente en algunas localidades. La variedad P566 (Porrillo Sintético), la cual fue la de mejor rendimiento en los ensayos de 1974, sufrió severamente a causa del añublo bacterial y por lo tanto en 1975 se clasificó en el décimo lugar.

3. Los Ensayos Internacionales de Rendimiento, se consideran como una actividad de cooperación en la cual se prueban en diferentes localidades las líneas promisorias del CIAT o de programas nacionales de fitomejoramiento de frijol.

Durante el segundo semestre se sembraron cinco ensayos en diversas localidades de Colombia y Ecuador, con el fin de determinar la metodología más adecuada para establecer estos ensayos. En el Cuadro 40 se presenta el modelo utilizado. Esta metodología experimental, propuesta por el grupo de trabajo del Programa de Frijol del CIAT, se discutió durante el Simposio sobre Fitomejoramiento de Frijol, realizado en octubre de 1974. Con tal objeto se tendrán en cuenta las sugerencias hechas por los participantes a este simposio. A comienzos de 1976, se enviará el esquema modificado de los

#### Cuadro 40. Metodología experimental propuesta para los Ensayos Internacionales de Rendimiento de Frijol

No. de introducciones: 25, de las cuales 20 son comunes para todas las localidades y 5 son variedades o selecciones locales; de las 20 variedades comunes, 10 son negras y las otras de distintos colores.

Diseño: Látice triple con tres replicaciones.

Tamaño de la parcela:  $3 \times 5 = 15 \text{ m}^2$ , compuesto por 6 surcos de 5 metros de longitud y 50 cm entre surcos; el área útil es de  $2 \times 4 = 8 \text{ m}^2$ .

Población de plantas: Se redujo a 250.000 plantas/ha mediante aclareo.

Control de insectos y enfermedades: De acuerdo a las recomendaciones locales para obtener una buena producción de frijol; se puede sembrar una replicación adicional o dos replicaciones separadas sin control de insectos y/o enfermedades para realizar observaciones locales sobre resistencia.

Fertilización, control de malezas y riego: Como se recomienda localmente para obtener una buena producción de frijol.

Ensayos Internacionales de Rendimiento a las instituciones cooperadoras.

#### Estudios sobre la fertilización del frijol

##### Fertilización con boro

En los Informes Anuales del CIAT de 1973 y 1974 se mencionan los estudios hechos en esos años sobre la deficiencia de boro, problema que es de importancia en los terrenos de la sede del CIAT. En 1975, se hicieron algunos estudios adicionales con el fin primordial de determinar los efectos residuales de las aplicaciones de B y las diferencias de respuesta entre las variedades. La Figura 25 muestra el efecto de las aplicaciones de B sobre los rendimientos, en tres cosechas consecutivas de la variedad ICA-Tui. En la siembra inicial, la aplicación de 1 kg/ha de B fue suficiente para lograr el máximo rendimiento. Sin embargo, en las siembras posteriores, el efecto residual de esta aplicación no fue suficiente y los máximos rendimientos en tales siembras se obtuvieron solamente cuando se hizo una mayor aplicación (2-4 kg/ha de B) en la primera siembra. En base de que se han observado síntomas de toxicidad de B en el estado de plántula en varios lotes de la sede del CIAT después de la aplicación de 2-3 kg/ha de B, especialmente durante la estación de sequía,

se recomienda aplicar únicamente de 1-2 kg/ha de B y si es necesario, repetir la aplicación en el semestre siguiente.

Para determinar si es necesario fertilizar con B, se deben establecer los niveles críticos de B en los tejidos foliares y en el

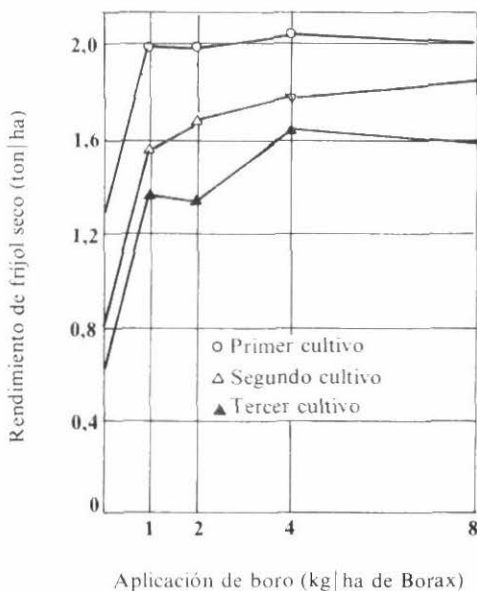


Figura 25. Efecto de una sola aplicación al suelo de diversas cantidades de B, sobre los rendimientos de la variedad ICA-Tui en tres siembras consecutivas (CIAT).



suelo. Las correlaciones entre el rendimiento de frijol y el contenido de B en las hojas y suelo, mostraron que se pueden esperar aumentos en el rendimiento mediante la aplicación de B, si el contenido de B en las hojas superiores al momento de la floración es menos de 25 ppm y si en el suelo la concentración de B soluble en agua caliente es menos de 0,4 ppm.

La siembra de 14 variedades promisorias, con aplicación de tres niveles de B, indicó que existe una mayor susceptibilidad a la deficiencia de B en las 11 variedades de frijol negro que en las dos variedades de frijol rojo ensayadas (Figura 26). En efecto, la respuesta del frijol mungo (*Vigna radiata*) a la fertilización con B fue negativa. Se confirmó que el nivel crítico de B, en el tejido foliar, es de 20-25 ppm determinado en las 11 variedades de frijol negro.

Cuando la deficiencia de B no es lo suficientemente severa para inhibir el crecimiento inicial, las aplicaciones

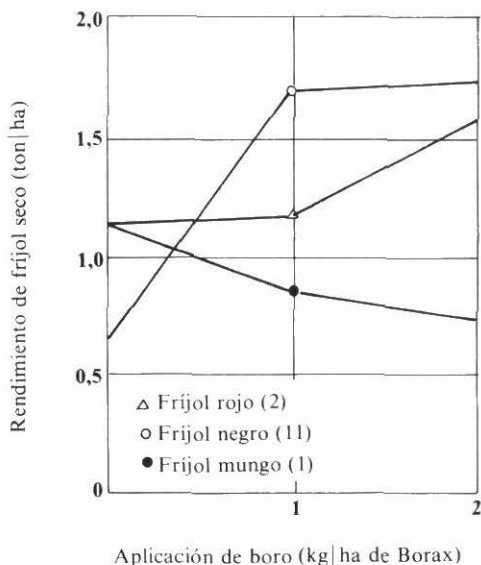


Figura 26. Efecto de las aplicaciones de B sobre los rendimientos de dos variedades de frijol rojo y once negras (*Phaseolus vulgaris*) y una de frijol mungo (*Vigna radiata*).

foliares se pueden considerar como una alternativa más económica que la aplicación al suelo. En un ensayo, los rendimientos más altos se obtuvieron mediante tres aplicaciones foliares de una solución de B al 0,1 por ciento, lo cual equivale a una aplicación de Borax al 1 por ciento o de Solubor al 0,5 por ciento. La aplicación de B a una concentración de 0,2 y 0,4 por ciento produjo síntomas severos de toxicidad y reducción de los rendimientos.

### Fertilización con fósforo

En muchos suelos de América Latina el fósforo es el elemento limitante primordial en la producción de frijol. La Figura 27 muestra la respuesta del frijol a las aplicaciones de este fertilizante en los suelos de cenizas volcánicas de Popayán, muy deficientes en P. Mediante la aplicación de superfosfato triple (SFT), fuente soluble, se obtuvieron los mayores rendimientos con 300 kg/ha de  $P_2O_5$ . Con la aplicación de fuentes menos solubles, como Escoria Thomas, roca fosfórica y

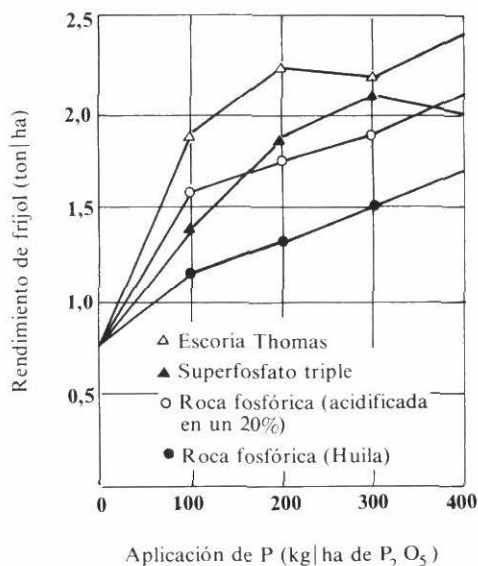


Figura 27. Respuesta de la variedad Porrillo Sintético a varios niveles de aplicación de P provenientes de cuatro fuentes (Popayán, 1975).

roca fosfórica acidificada en un 20 por ciento con ácido sulfúrico, la planta de frijol mostró respuesta a una aplicación de hasta 400 kg|ha de  $P_2O_5$ . La Escoria Thomas fue la más efectiva cuando las aplicaciones se hicieron al voleo o bien, incorporadas al suelo. Probablemente, la aplicación de superfosfato triple en bandas habría mejorado su eficiencia. La roca fosfórica del Huila fue la fuente menos efectiva, pero su aplicación en altos niveles fue significativamente provechosa y económica. La acidificación parcial de la roca fosfórica aumentó su eficiencia hasta el nivel del SFT. Este tratamiento, que se puede hacer a nivel de finca, aumenta el costo del fertilizante desde Col\$4,6 hasta Col\$9,5 por kilogramo de  $P_2O_5$  transformándolo en una fuente de P muy atractiva en comparación con el SFT, el cual, actualmente, tiene un costo de Col\$24,5 por kilogramo de  $P_2O_5$  (Figura 28). La Escoria Thomas es muy efectiva y económica (Col\$4 por kilogramo de  $P_2O_5$ ) pero no puede satisfacer la demanda de fertilizantes fosfatados.

Se estudiaron dos fuentes adicionales: fosfato de magnesio fundido y roca fosfórica + azufre. Los rendimientos obtenidos con fosfato de magnesio fundido no fueron significativamente diferentes a los logrados con SFT; los resultados de la aplicación de la mezcla de roca fosfórica + S no fueron muy distintos a los de la roca fosfórica sola. En consecuencia, los resultados obtenidos con estas dos fuentes no se incluyen en el presente informe. La correlación entre el rendimiento del frijol y el porcentaje de P en las hojas superiores al momento de la floración, mostró un nivel crítico (0,35 por ciento) del contenido de P en las hojas.

### Fertilización con nitrógeno

El INIAP, en Boliche, Ecuador, estableció mediante ensayos previos que el nitrógeno es el elemento limitante primordial de la producción de frijol. Se hizo un ensayo cooperativo para estudiar los

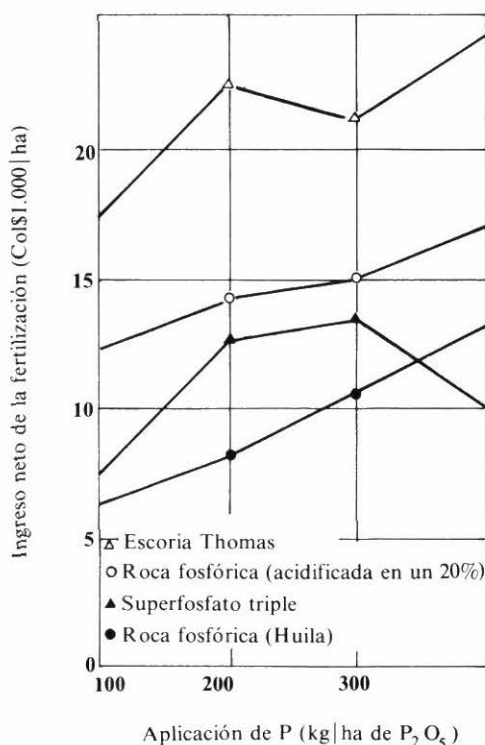


Figura 28. Ingreso neto (Col\$) de la fertilización de frijol con diversas fuentes y niveles de P (Popayán, 1975).

niveles, fuentes, épocas y método de aplicación de N. Se aplicaron niveles hasta de 800 kg|ha de N para determinar los posibles efectos negativos sobre los rendimientos, como también, el rendimiento potencial real del Porrillo Sintético bajo las condiciones climáticas favorables que existen en esta estación experimental. La Figura 29 muestra que el máximo rendimiento de 3,76 ton|ha se obtuvo con esta variedad arbustiva y que la aplicación fraccionada del N no tiene efectos positivos sobre el rendimiento. Esto confirma los resultados que se incluyeron en el Informe Anual del CIAT de 1974. La Figura 30 muestra que no hubo diferencias significativas entre la urea y el sulfato de amonio, pero indica que la efectividad de la aplicación en bandas fue considerablemente inferior a las aplicaciones de N al voleo en todos los niveles. El frijol

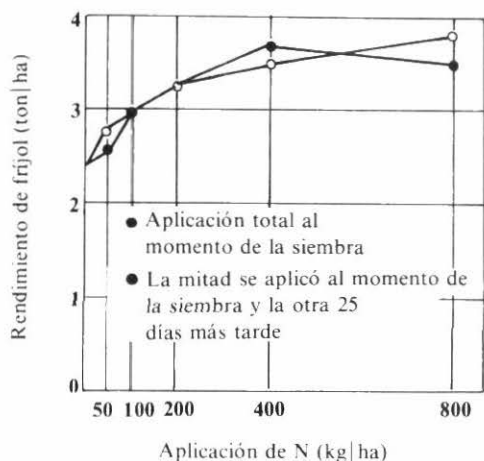


Figura 29. Respuesta de la variedad Porrillo Sintético a varios niveles de N, aplicados en su totalidad al momento de la siembra o en forma fraccionada (Boliche, Ecuador, 1975).

respondió positivamente a dosis de aplicación de N tan altas como 200-400 kg|ha, sin que se observara efecto negativo alguno, hasta los 800 kg|ha.

#### Interacción N x P

El efecto de la fertilización con N y P sobre el rendimiento de tres variedades de

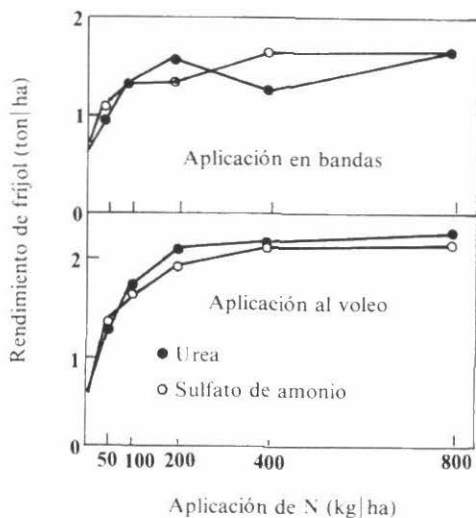


Figura 30. Respuesta de la variedad Porrillo Sintético a diversos niveles de N aplicados como urea o sulfato de amonio, en bandas o al voleo (Boliche, Ecuador, 1975).

frijol se estudió, en cuatro localidades durante dos semestres. En la Figura 31 se muestran las respuestas del rendimiento de la variedad Tui en Popayán, La Zapata y Carimagua. En los suelos de origen volcánico, con un alto contenido de

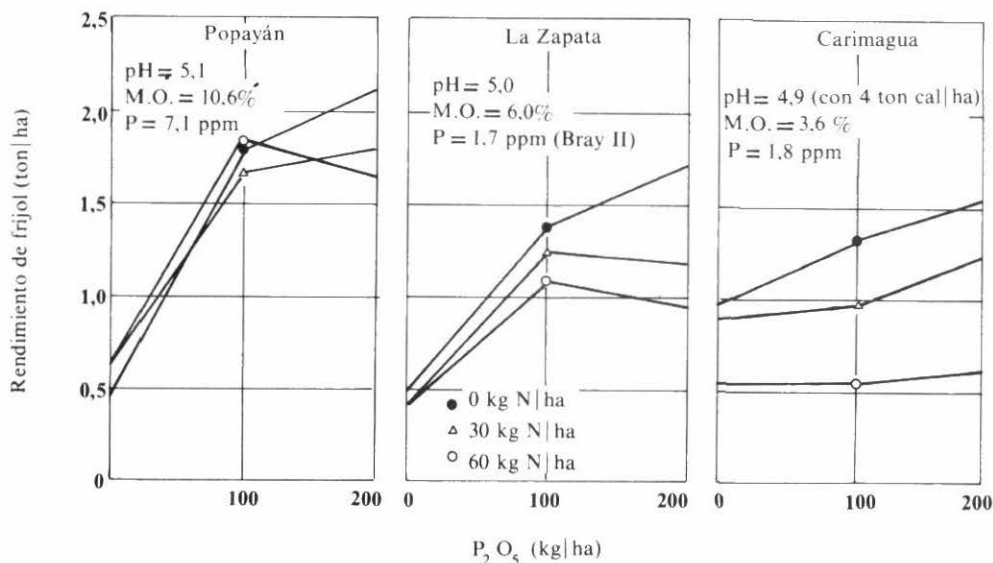


Figura 31. Respuesta de la variedad ICA-Tui a las aplicaciones de N y P en Popayán, La Zapata y Carimagua.

materia orgánica, característicos de la zona cercana a Popayán, el frijol respondió especialmente a la aplicación de P, y sólo cuando se satisfizo este requerimiento, se observó una clara respuesta a la aplicación de N. En los suelos oxisoles, de muy baja fertilidad, de Carimagua, el frijol respondió principalmente a N, y sólo al satisfacer los requerimientos de N se observó respuesta a la aplicación de P. En el suelo de La Zapata, sujeto al efecto de las cenizas volcánicas, con un contenido intermedio de materia orgánica y bajo contenido de P, el frijol respondió igualmente bien a N y a P. En todas las localidades, se obtuvo una respuesta máxima a P al aplicar altos niveles de N y de igual manera, la máxima respuesta a N se logró mediante la aplicación de altos niveles de P.

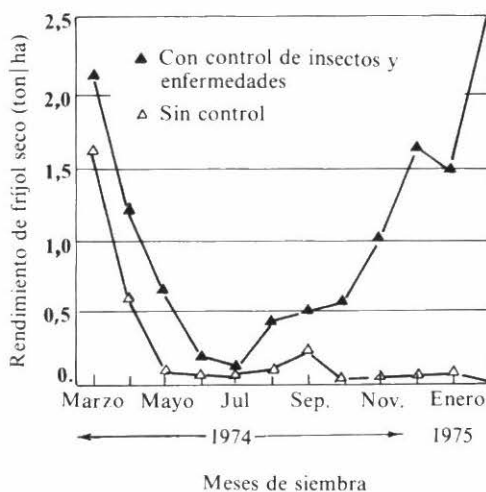


Figura 32. Efecto del mes de siembra sobre los rendimientos de la variedad ICA-Tui, cultivada con o sin control de insectos y enfermedades (Popayán, 1974-1975).

## Prácticas agronómicas

### Epoca de la siembra

Se continuaron los ensayos descritos en el Informe Anual del CIAT de 1974, en relación con la época de siembra, realizados en las cercanías de Popayán. La Figura 32 muestra que, si se hace un control adecuado de insectos y de enfermedades, se pueden lograr excelentes rendimientos sembrando el frijol de diciembre a marzo, cuando la precipitación mensual es de aproximadamente 150 a 200 milímetros. Se obtuvieron rendimientos extremadamente bajos en la siembra de mayo a octubre, debido a que la lluvia es escasa de mayo a agosto, pero excesiva de octubre a diciembre. Con excepción de la siembra de mayo y abril, el control de insectos y enfermedades fue esencial para obtener rendimientos aceptables. Durante el segundo semestre, la precipitación alta favoreció el desarrollo de la antracnosis hasta el grado de que no se logró obtener ninguna cosecha del cultivo. Es posible que la severidad del daño causado por las poblaciones de insectos y las enfermedades haya aumentado gradualmente en estos

experimentos en contraste con lo que sucede bajo condiciones normales en los cultivos de frijol que se siembran una o dos veces por año. Por lo tanto, los resultados obtenidos pueden representar una situación extrema. Sin embargo, tales resultados indican que es más factible obtener una producción comercial satisfactoria de frijol durante las siembras del primer semestre.

### Coberturas del suelo

En la sede del CIAT, se sembraron dos ensayos para estudiar los efectos de la cobertura del suelo con residuos de cosecha sobre el desarrollo de las malezas, temperatura del suelo, humedad, fertilidad y rendimientos del frijol. El Cuadro 41 muestra que los mayores rendimientos se obtuvieron con una cobertura de residuos de maíz, tamo de arroz y malezas muertas del género *Amaranthus*. Esta última aumentó significativamente los niveles de P y K del suelo, posiblemente eliminando la deficiencia de P (el nivel crítico de P en el suelo es, aproximadamente, 15 ppm). Todos los tratamientos de cobertura redujeron el crecimiento de malezas siendo

Cuadro 41. Efecto de diferentes coberturas del suelo sobre la producción de frijol, crecimiento de malezas y características del suelo.

Tratamiento	Rendimiento de frijol (ton ha)	Malezas <sup>1</sup> (g m <sup>2</sup> )	Temperatura del suelo <sup>2</sup> (°C)	Humedad del suelo <sup>3</sup> (%)	Análisis del suelo <sup>4</sup>	
					P (ppm)	K (meq 100 gm)
Testigo enmalezado	1,80	948	26,7	20,8	12,6	0,44
Testigo sin malezas	1,92	292	26,2	20,3	-	-
Residuos de maíz	2,06	208	24,2	21,1	11,8	0,44
Tamo de arroz	2,05	336	24,6	20,8	14,4	0,49
Hojas de plátano	1,94	184	24,0	20,6	13,8	0,46
Hojas de caña de azúcar	1,95	304	24,5	20,7	12,7	0,71
Malezas muertas ( <b>Amaranthus</b> )	2,23	728	25,2	21,7	23,1	0,71

<sup>1</sup> Malezas recolectadas al momento de la cosecha

<sup>2</sup> Promedio de cuatro determinaciones a 10 cm de profundidad

<sup>3</sup> Promedio de tres determinaciones a 20 cm de profundidad

<sup>4</sup> Análisis del suelo después de la cosecha.

más efectivas las hojas de plátano y menos efectiva el **Amaranthus** spp. Los tratamientos redujeron la temperatura del suelo en aproximadamente 2 a 2,5°C, pero ejercieron poco efecto sobre la humedad.

#### Uso de herbicidas de contacto para acelerar la madurez

La alta precipitación durante la maduración puede inducir la producción de nuevos retoños y nueva floración, cuando las vainas previamente formadas están en proceso de secamiento. Las hojas recién formadas impiden el secamiento adecuado de estas vainas y esto puede resultar en su pudrición. Bajo estas condiciones, la aplicación de un herbicida de contacto, como el paraquat, puede aumentar la defoliación y acelerar la madurez. Una aplicación de paraquat (1,5 por ciento) 10 a 20 días antes de la cosecha, fue el tratamiento que dió mejores resultados y no produjo efectos perjudiciales sobre la germinación de la semilla de las dos variedades ensayadas.

#### Control de malezas

Se compararon los cultivos de frijol y maíz, individualmente, con el cultivo

asociado de las dos especies para determinar si el efecto de los insumos, en el control de malezas, es equivalente para los tres sistemas.

El maíz y el frijol se sembraron el mismo día, en almácigos de 1,8 metros de ancho, con dos surcos de maíz y tres surcos de frijol, o bien, dos surcos de maíz y uno de frijol por almácigo. Se utilizó una variedad de maíz braquítico y una de frijol arbustivo. Los tratamientos estudiados fueron: ningún control de malezas, una o dos desyerbas manuales, y uso de un herbicida preemergente.

Se observó que 20 días después de la siembra, se habían desarrollado pocas malezas en las parcelas de frijol en monocultivo, en comparación con las de maíz o maíz y frijol, lo cual refleja la habilidad competitiva de una densa población de frijol (240.000 plantas|ha). Esta relación persistió hasta la cosecha (Cuadro 42). De la misma manera, en la parcela de maíz intercalado con frijol, se observó una menor cantidad de malezas que en las parcelas de maíz en monocultivo. Se comprobó que, en todos los sistemas, una desyerba manual fue suficiente para lograr un control adecuado

Cuadro 42. Efectos del método de control sobre la población de malezas y rendimientos de los cultivos de maíz y frijol solos o intercalados

Sistema de control de malezas	Población* (plantas m <sup>2</sup> )			Rendimiento (ton ha)			
				Intercalado			
	Maíz	Frijol	Ambos	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol
Una desyerba manual	43	12	30	5,4	1,77	2,7	0,94
Dos desyerbas manuales	29	16	20	5,5	1,77	3,0	1,03
Herbicidas	20	4	9	5,6	1,80	3,4	0,96
Testigo enmalezado	120	52	68	1,8	0,30	1,6	0,16

\* Población de malezas al momento de la cosecha.

de las malezas presentes. Con base en esta observación, se deduce que no hubo ventaja alguna en el cultivo intercalado.

Tanto en las parcelas de frijol en monocultivo, como en las de éste asociado con maíz, el rendimiento del frijol se redujo en 83 por ciento al no controlar las malezas. Los rendimientos del maíz en monocultivo se redujeron en un 68 por ciento por falta de control de malezas, mientras que, en asociación con frijol, la pérdida fue sólo de 47 por ciento. Esto indica que el maíz es más tolerante a la

competencia del frijol que a la de las malezas.

Se hizo otro ensayo para determinar los herbicidas que se pueden utilizar con un bajo nivel de riesgo en el cultivo asociado de maíz y frijol. Con tal propósito, se sembró el maíz híbrido H-253 y se aplicaron nueve herbicidas. Dos semanas más tarde, se sembró el frijol (variedad Calima). Todos los tratamientos, con excepción de DNBP, dieron un control aceptable de las malezas gramíneas mientras que el de malezas de hoja ancha fue menos efectivo (Cuadro 43). No se obser-

Cuadro 43. Efecto de nueve herbicidas preemergentes sobre el porcentaje del control de malezas y rendimientos de maíz y frijol cultivados en asociación.

Herbicida	Dosis (kg ha)	Control de gramíneas*	Control de malezas de hoja ancha**	Rendimiento (ton ha)	
				Frijol	Maíz
Fluorodifen	3,5	85	75	0,910	3,4
Linuron	1,0	90	40	0,886	2,7
Cloramben	3,0	80	60	0,775	3,8
DNBP	3,0	20	90	0,770	1,9
Trifluralina	1,5	90	70	0,850	3,2
Dinitramina	0,75	70	70	0,935	3,2
Butralina	1,5	90	80	0,885	2,8
Penoxalin	1,5	85	60	0,825	3,3
H-22234	3,0	80	60	0,940	3,2
Testigo enmalezado	-	0	0	0,165	0,7

\* 40 días después de la aplicación. Las especies predominantes fueron: *Eleusine indica*, *Echinochloa colonum* y *Leptochloa filiformis*.

\*\* 40 días después de la aplicación. Las especies predominantes fueron: *Amaranthus dubius*, *Momordica charantia*, *Portulaca oleracea*, y *Euphorbia hirta*.

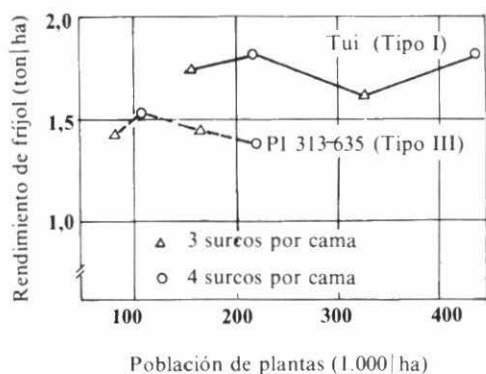


Figura 33. Rendimientos de dos variedades de frijol, con cuatro densidades y dos sistemas de siembra (CIAT).

varon efectos fitotóxicos en las plantas de maíz o de frijol causados por la aplicación de alguno de los herbicidas utilizados.

## Estudios sobre la densidad de siembra

### Fríjol arbustivo

En los experimentos para determinar las densidades de siembra adecuadas para el frijol arbustivo, se observaron niveles de rendimiento estables para densidades superiores a 200.000 plantas/ha. Estos niveles son independientes del tipo de

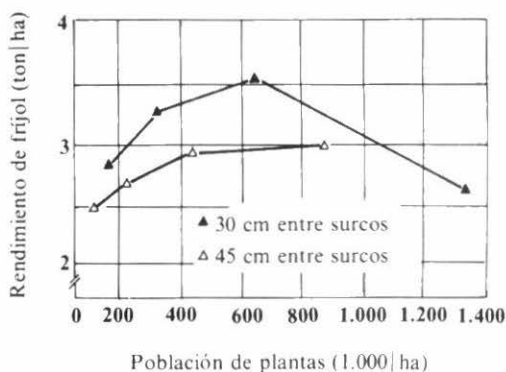


Figura 34. Rendimientos de la variedad Porrillo Sintético con dos espaciamientos diferentes entre surcos y cuatro densidades de siembra (Boliche, Ecuador, 1974).

hábito de crecimiento y sistema de siembra (Figura 33), espaciamiento entre surcos (Figura 34) y variedad de frijol (Cuadro 44). Se obtuvieron rendimientos desde 2 hasta más de 3 ton/ha. Estos resultados confirman la información presentada en el Informe Anual del CIAT de 1974. Nuevamente, se encontraron interacciones limitadas variedad|densidad entre las variedades y los sistemas de siembra que se estudiaron. Las reducciones en la población de plantas, durante la época de crecimiento, dificultó la evaluación de la

Cuadro 44. Efecto de la población de plantas sobre el rendimiento de 9 variedades promisorias de frijol en el CIAT.

	Plantas/ha:	Rendimiento (ton/ha)			Promedio
		200.000	300.000	400.000	
ICA-Pijao		3,18	3,12	3,08	3,13
73 Vul 6586		3,25	3,02	3,04	3,10
141-M-1		3,27	3,12	2,92	3,10
Tui		2,58	2,52	2,54	2,55
Porrillo Sintético		2,66	2,29	2,70	2,55
Var. 51052		2,70	2,41	2,24	2,45
73 Vul 6589		2,71	2,66	2,05	2,47
Porrillo # 1		2,21	2,42	2,39	2,34
150-1-1		1,94	1,77	1,65	1,79
Promedio de todas las variedades		2,72	2,59	2,51	

respuesta del frijol arbustivo a la densidad de siembra. En uno de los ensayos las densidades establecidas de 20, 40, 60 y 80 plantas|m<sup>2</sup> se habían reducido, al momento de la cosecha, hasta aproximadamente 14, 26, 36 y 46 plantas|m<sup>2</sup>, respectivamente.

### Frijol trepador

En el Informe Anual del CIAT de 1974 se hizo énfasis en la necesidad de realizar estudios más detallados sobre densidades de siembra en frijol trepador. Los resultados obtenidos este año confirman la necesidad de utilizar densidades de siembra superiores a las empleadas convencionalmente, pero sugieren que las densidades de siembra adecuadas deben ser menores que las consideradas al iniciarse esta investigación (40 a 80 plantas|m<sup>2</sup>). A nivel de los agricultores, es común la siembra intercalada de maíz y frijol, con una densidad máxima de 40.000 plantas|ha. Con el fin de evaluar esta práctica, se sembró maíz a una densidad constante de 40.000 plantas|ha con densidades de frijol que oscilaron entre 40.000 y 320.000 plantas|ha. Estos tratamientos se compararon con monocultivos de frijol, plantadas con las mismas densidades, para lo cual se construyó un sistema de soporte de las plantas en espaldera con bambú, alambre y cordel. En este sistema de siembra, las espalderas se espaciaron un metro y se sembraron dos surcos por espaldera. La Figura 35 muestra una reducción en el rendimiento, a medida que aumenta la población de plantas de frijol, como también un aumento en el rendimiento de maíz al sembrar ambos cultivos en asociación, a una densidad equivalente a 40.000 plantas|ha. Aparentemente, no existe ninguna interacción sistema|densidad puesto que los rendimientos de frijol, en monocultivo y en asociación, fueron máximos a una densidad de 160.000 plantas de frijol|ha. La diferencia en los rendimientos de frijol, entre los dos sistemas, fue significativa en todas las densidades. La Figura 36 hace

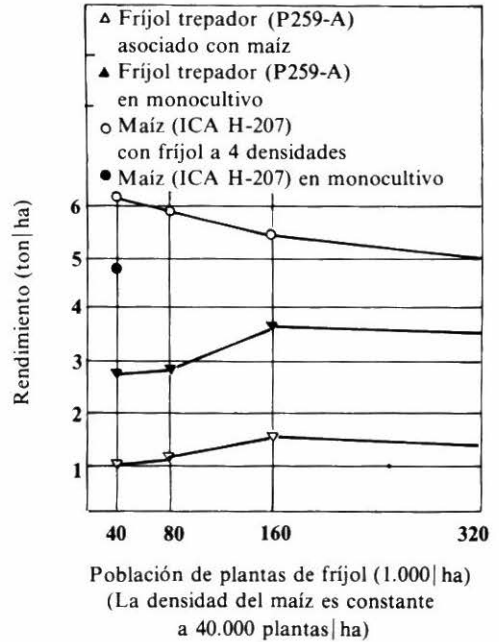


Figura 35. Rendimientos del frijol y del maíz en monocultivo y en asociación con cuatro densidades de siembra del frijol.

una comparación entre los rendimientos de maíz y frijol, al utilizar cuatro tipos de maíz, como soporte de la variedad chilena P259-A. Los rendimientos de esta variedad en monocultivo alcanzaron un nivel de 2,0 ton|ha.

En ensayos agronómicos para comparar los sistemas de soporte de las plantas de frijol utilizando plantas de maíz versus espaldera o estacas, el valor total de la cosecha de frijol, o frijol más maíz, aumentó notablemente a densidades de siembra mayores y fue casi independiente del sistema (Figura 37). Los valores máximos de la cosecha se obtuvieron con el sistema de monocultivo de frijol a densidades de siembra por encima de 80.000 plantas|ha y con la asociación maíz|frijol a densidades de siembra del frijol superiores a 60.000 plantas|ha. El ingreso neto obtenido con estos sistemas es una función de varios factores: los costos iniciales del establecimiento del cultivo (frijol trepador, en monocultivo), valor de



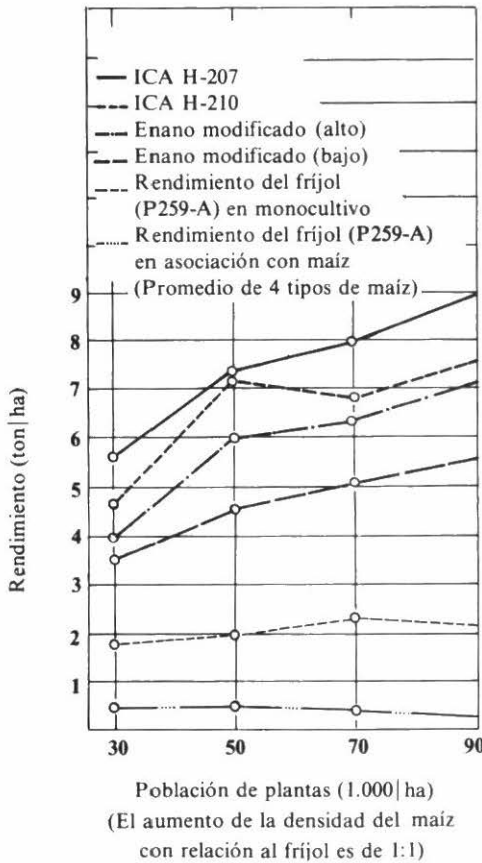


Figura 36. Rendimientos del frijol en monocultivo y en asociación con maíz con cuatro densidades de siembra.

la semilla (el cual varía con la densidad de siembra), gastos de siembra, protección del cultivo y cosecha (esta última es función que parcialmente depende del rendimiento). El número de cosechas por año está relacionado con la disponibilidad de agua de riego y de mano de obra para poner en operación el sistema de cultivo que se adopte. Es probable que los pequeños agricultores con escasos recursos puedan cultivar el frijol en una forma rentable, sembrando en monocultivo, con soportes artificiales, o en asociación con maíz, en altas densidades de frijol, para obtener altas retribuciones al utilizar la mano de obra familiar en áreas pequeñas. La cosecha temprana del maíz (mazorcas

tiernas) permitiría obtener más de dos cosechas al año.

### Cultivos múltiples

De las investigaciones hechas acerca del sistema de siembra de frijol intercalado con maíz, se obtuvieron conclusiones tentativas sobre diversos factores como fechas de siembra, densidades, orientación óptima de las plantas con relación a su posición espacial en el terreno y diseño del sistema de siembra. Bajo las condiciones de la sede del CIAT, la fecha óptima de siembra para el frijol arbustivo (200.000 plantas/ha) es 15 días antes del maíz (40.000 plantas/ha). Bajo este sistema de asociación, los rendimientos de frijol no fueron significativamente menores a los del sistema de monocultivo, y el rendimiento de maíz tampoco se vio afectado. Esta relación se debe probar bajo densidades de siembra y niveles de rendimiento mayores. Las observaciones preliminares del frijol trepador, en asociación con maíz, indican que la siembra simultánea es óptima para la producción de frijol, presentándose solamente un efecto de competencia mínimo sobre los rendimientos del maíz.

En el Informe Anual del CIAT de 1974 se demostró que, a una densidad dada, el sistema de siembra del maíz y la disposición de los surcos afectan los rendimientos del frijol. Con el fin de reducir aún más el efecto de la competencia del maíz por la luz, se están adelantando ensayos en los que se intercalan surcos dobles de maíz con cuatro surcos de frijol. En esta forma, el frijol aún dispone de un sistema adecuado de soporte puesto que las plantas quedan espaciadas a un máximo de 40 cm de los surcos de maíz.

En la Figura 38 se ilustran los efectos de esta asociación de cultivos sobre el ataque del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*). La asociación de maíz con frijol arbustivo, sembrado seis días antes del maíz, retardó la infestación, en comparación con el testigo de maíz en

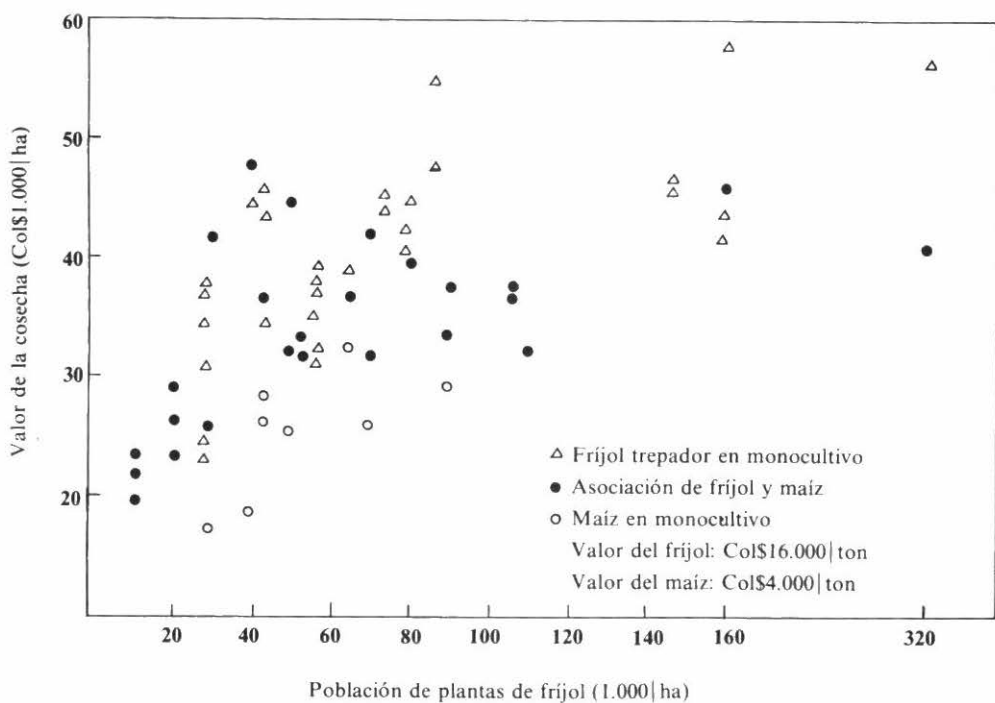


Figura 37 Valor de la cosecha de maíz y frijol en monocultivo y en asociación con varias densidades de siembra.

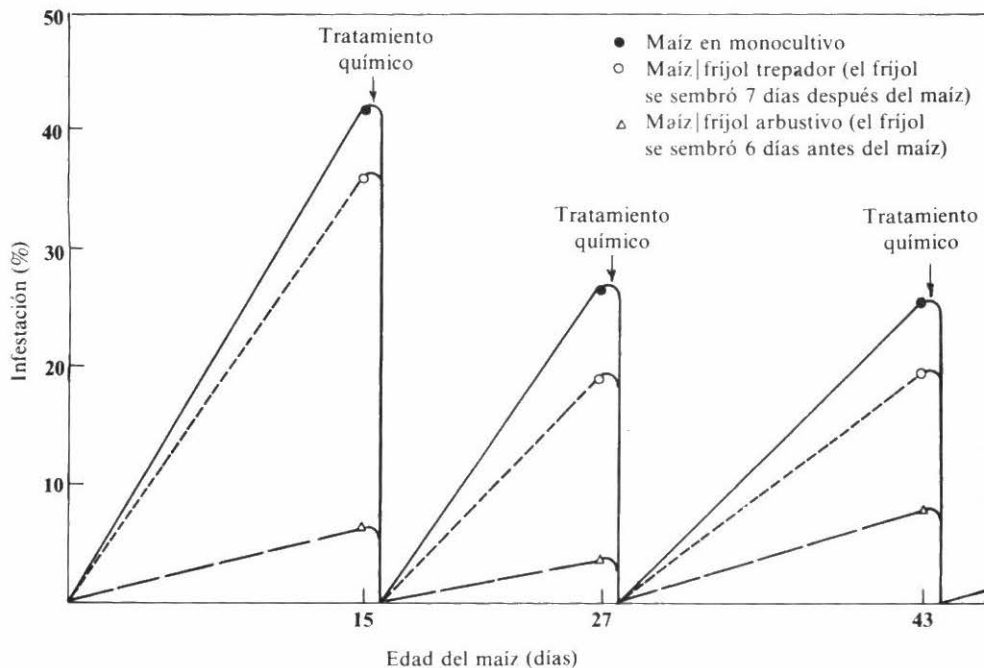


Figura 38. Infestaciones del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) para tres edades de la planta y tres sistemas de cultivo (CIAT).

monocultivo. En frijol trepador, sembrado siete días después del maíz, esta diferencia se redujo drásticamente. Este mismo patrón de infestación diferencial persistió durante tres fechas consecutivas de observación e incluso, después de haber tratado químicamente las infestaciones de **Spodoptera**. Esta reducción en la incidencia de la principal plaga del maíz puede ser una de las razones por las cuales los pequeños agricultores utilizan este sistema de cultivo múltiple; así, por un procedimiento empírico, aseguran la cosecha y minimizan los riesgos, utilizando un bajo nivel de tecnología.

## ACTIVIDADES DE COOPERACION INTERNACIONAL

En 1975, la Junta Directiva del CIAT aceptó la solicitud hecha por el Comité Técnico Asesor del Grupo Consultivo para Investigaciones Agrícolas Internacionales para que el CIAT coordine el establecimiento de una red latinoamericana de investigaciones en frijol. Con base en esta solicitud el Programa de Frijol aceleró su actividad experimental de cooperación internacional y estableció contactos firmes con la mayoría de los programas de investigación en frijol de América Latina. Durante este año, las actividades internacionales se han concentrado en cinco áreas:

1. Adiestramiento. Durante el año, el programa recibió tres estudiantes posdoctorales y dos predoctorales, tres candidatos a la maestría y un total de 18 becarios posgraduados. Por primera vez, cinco becarios provenientes de un mismo país se adiestraron en el CIAT como grupo multidisciplinario. Se proyecta realizar en 1976 un curso de adiestramiento intensivo de un mes sobre producción de frijol con orientación hacia estudios experimentales.

2. Documentación. Una vez más, se dió énfasis a la disponibilidad de literatura

sobre frijol y se distribuyeron más de 1.000 tarjetas individuales que contenían compendios de artículos sobre este cultivo a más de 320 científicos que trabajan en investigación en frijol. La sección de microbiología de este programa continuó la distribución de literatura sobre la fijación simbiótica de nitrógeno.

3. Conferencias. Se organizaron dos conferencias durante este año: la primera, sobre fitomejoramiento y germoplasma de frijol y la otra, sobre aspectos de la protección del cultivo. Uno de los principales resultados logrados en el primer simposio fue la mejor definición de la forma como el CIAT debería manejar su programa de fitomejoramiento para satisfacer la multiplicidad de demandas de los programas nacionales (Ver sección sobre colección de germoplasma). En esta reunión también se presentaron algunos puntos de vista para la realización de una serie de ensayos de rendimiento y adaptación, habiéndose aceptado la mayoría de sus fundamentos (ver Cuadro 40). En 1976, se dará comienzo a estos ensayos cuando se disponga de suficiente semilla limpia.

4. Reunión de revisión del programa. Del 21 al 23 de octubre de 1975 se llevó a cabo una reunión de revisión del programa de frijol con una visión externa del mismo. Un comité integrado en su mayoría por científicos latinoamericanos revisó la marcha del programa, con relación a la investigación que se lleva a cabo actualmente, con base en la demanda de actividades futuras del programa, tendencias de la misma y necesidades de personal científico. El interrogante primordial, al cual se le dió adecuada respuesta, fue si las investigaciones del programa del CIAT son aplicables a otras áreas de América Latina.

5. La investigación cooperativa se está realizando en diversos países de

América Latina, a la cual se ha hecho referencia en diferentes párrafos del texto en el presente informe. Las actividades principales han sido: evaluación de variedades de frijol, en Ecuador; selección por resistencia a la roya, en viveros establecidos en 14 países; evaluación de la tolerancia del frijol al mosaico dorado, en Guatemala, y estudios sobre *Rhizobium* y aplicación de fertilizantes, en varias regiones de Colombia. En la realización de estos estudios fue fundamental la colaboración del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y de la Secretaría de Agricultura del Departamento del Cauca. El estudio agroeconómico que se describe en la sección de economía de este programa dependió, en gran parte,

del apoyo brindado por varias instituciones colaboradoras.

Se están adelantando proyectos adicionales de cooperación con algunas instituciones de países desarrollados; tales proyectos se llevan a cabo generalmente, en regiones en las cuales el programa del CIAT no tiene facilidades, experiencia u otras formas de brindarles apoyo. Por tal razón, unos estudiantes en la Universidad de Cornell están investigando la estabilidad del hábito de crecimiento del frijol (Ver Informe Anual del CIAT de 1974) así como las interacciones entre el fotoperíodo y la temperatura. En este programa también participan la Universidad Estatal de Michigan y la Universidad de Hokkaido, en Japón.

## PUBLICACIONES\*

### *Economía*

INFANTE, M. y PINSTRUP-ANDERSEN, P. Análisis agronómico del proceso de producción de frijol de una zona altamente tecnificada, Valle del Cauca, Colombia. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, El Salvador, 1975. Proceedings 1:397-442.

### *Entomología*

WILDE, G. and SCHOONHOVEN, A. VAN. Mechanisms of resistance to *Empoasca kraemeri* in *Phaseolus vulgaris* L. J. of Econ. Ent. (en prensa).

————— SCHOONHOVEN, A. VAN, and LAVERDE, L. G. The biology of *Empoasca kraemeri* on *Phaseolus vulgaris*. Ann. of Ent. Soc. of Am. (en prensa).

### *Cultivos múltiples*

FRANCIS, C.A., FLOR, C.A. and TEMPLE, S.R. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. Cali, Colombia, CIAT, 1975. 36p.

Trabajo presentado en: Seminario sobre Cultivos Múltiples, Reunión Anual de la American Society of Agronomy, Knoxville, Tenn., U.S.A. 1975.

FLOR, C.A.; HOWELER, R.H. y GONZALEZ, C.A. Zinc y Boro: dos microelementos limitativos para la producción de arroz y frijol en algunas regiones cálidas de Colombia. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, El Salvador, 1975. Proceedings 1:213-230.

### *Fitopatología*

**ELLIS, M.A.; GALVEZ, G.E. and SINCLAIR, J.B.** Movement of seed treatment fungicides into bean (*Phaseolus vulgaris*) seed and their effect on seed-borne fungi and germination. In Annual Meeting of the American Phytopathological Society, Caribbean Division, Cali, Colombia, 1975. Proceedings (en prensa).

**GALVEZ, G.E. and CASTAÑO, M.** Purification of the whitefly-transmitted bean golden mosaic virus. Turrialba (en prensa).

\_\_\_\_\_ and **CASTAÑO, M.** Stability and purification of bean golden mosaic virus. In Annual Meeting of the American Phytopathological Society, Caribbean Division, Cali, Colombia, 1975. Proceedings (en prensa).

\_\_\_\_\_ y **DIAZ, A.** Purificación y caracterización parcial del mosaico ampollado del frijol. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, El Salvador, 1975. Proceedings 1:235-236.

\_\_\_\_\_ ; **GALINDO, J. and ALVAREZ, G.** Artificial defoliation for estimating losses due to foliar damage. In Annual Meeting of the American Phytopathological Society, Caribbean Division, Cali, Colombia, 1975. Proceedings (en prensa).

\_\_\_\_\_ ; **GALINDO, J. y ALVAREZ, G.** Defoliación artificial para estimar pérdidas por daños foliares. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, El Salvador, 1975. Proceedings 1:355-357.

**YOSHII, K. and GALVEZ, G.E.** The effect of rust on yield components of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). In Annual Meeting of the American Phytopathological Society, Caribbean Division, Cali, Colombia, 1975. Proceedings (en prensa).

\_\_\_\_\_ and **GALVEZ, G.E.** The therapeutic effect of fungicides for control of bean rust. In Reunión Anual of the American Phytopathological Society, Caribbean Division, Cali, Colombia, 1975. Proceedings (en prensa).

### *Fisiología*

**LAING, D.R.** International nurseries for yield and adaptation of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). Cali, Colombia, CIAT, 1975. 16p.

Trabajo presentad en: Seminario sobre Mejoramiento Genético del Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y Fuentes de Germoplasma. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 1975.

### *Mejoramiento*

**HERNANDEZ-BRAVO, G.; HIDALGO, R. y BRUGA, C.** Selección por tolerancia a sequía en frijol, *Phaseolus vulgaris*. In Reunión Anual del PCCMCA, 21a., San Salvador, El Salvador, 1975. Proceedings 1:105-110.