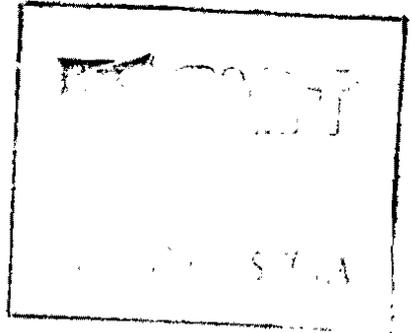


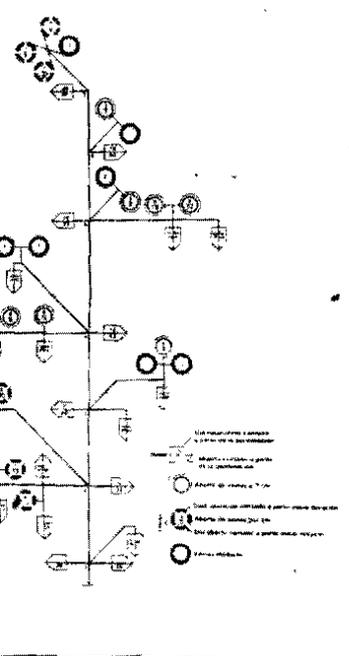
1977
 HD
 50
 114
 108
 V. 1
 63
 Centro Internacional de Agricultura Tropical



Edición preliminar



LA DEL DESARROLLO DE UNA PLANTA DE FRUJO
 (Phaseolus vulgaris) Variedad galea



LIBRARY

1984

58108

**Para Investigadores
 de América Latina**

Tomo 1

RECIBO REFERENCIAL Y BIBLIOGRAFICO

al 28 de Abril/77



CIAT
H 8
9009
C 5
1977
W

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

C I A T

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO

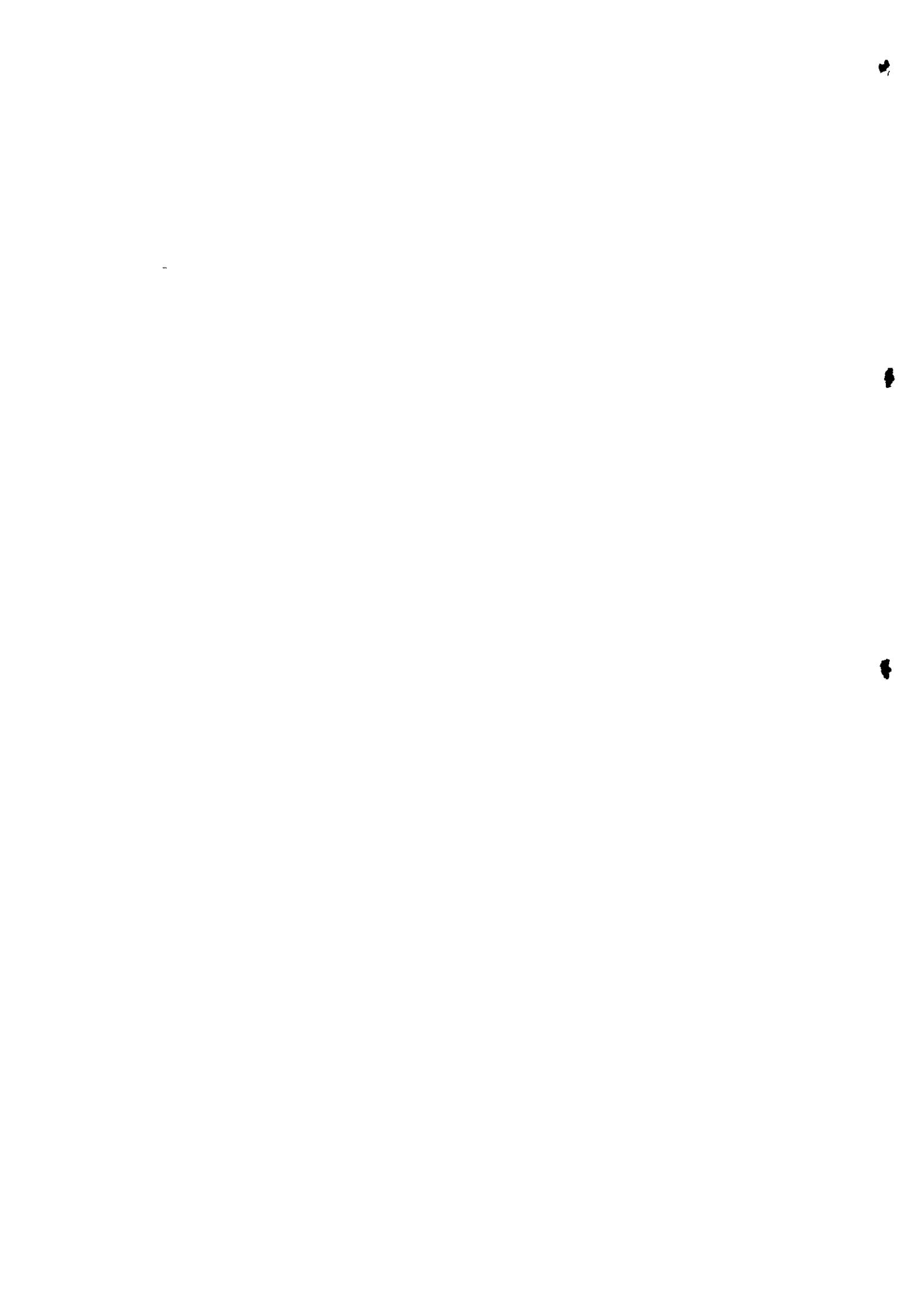
EN PRODUCCION DE FRIJOL

PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

Marzo 28 a Abril 23 de 1977



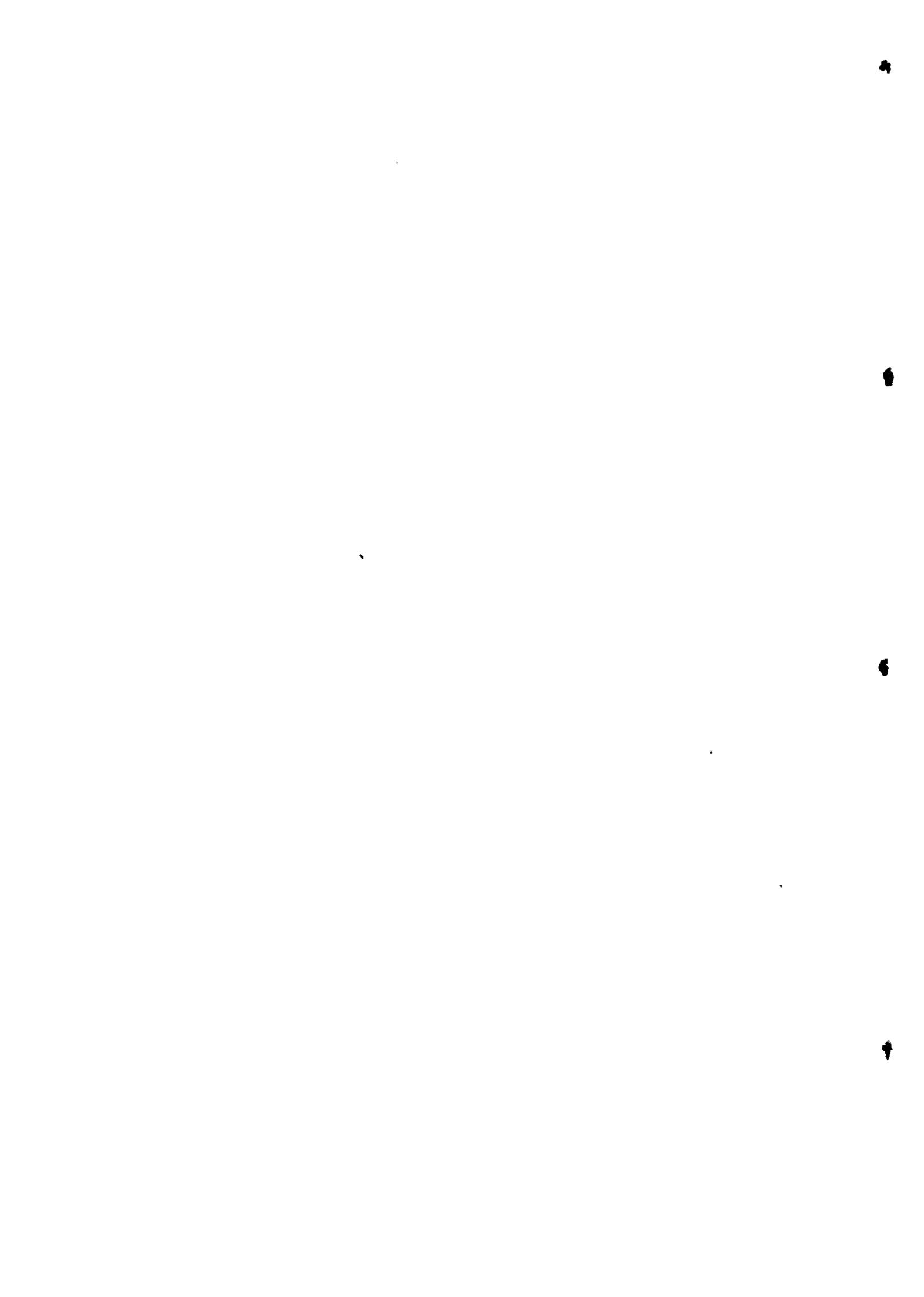
EDICION PRELIMINAR



T O M O I

C O N T E N I D O

- 1 - Programa
- ✓ 2 - Tendencias de la Producción de Frijol en América Latina
- 3 - Problemas de la Producción de Frijol en América Latina
- 4 - Botánica de Phaseolus spp.
- 5 - Especies de Phaseolus spp., cultivados y silvestres
- 6 - Fuentes de Variabilidad Genética
- 7 - Manejo de Germoplasma de Phaseolus spp.
- 8 - Reconocimiento de Especies de Phaseolus spp. y eliminación de Mezclas
- 9 - Práctica de campo con Maquinaria utilizada en la preparación de Suelos para siembra de Frijol
- 10- Limitantes Fisiológicos del rendimiento en Frijol común (Phaseolus vulgaris)
- 11- Crecimiento y Desarrollo del Frijol común (Phaseolus vulgaris L.)
- 12- Adaptación del Frijol común (Phaseolus vulgaris L.)
- 13- Implicaciones de la Investigación Fisiológica para Mejoramiento del Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.)
- 14- Agua: Relaciones y Manejo
- 15- La Fertilización en el Frijol, Phaseolus vulgaris: Elementos Mayores y Secundarios
- 16- La Nodulación y la Fijación de Nitrógeno en Phaseolus vulgaris L.
- 17- Diagnóstico y Corrección de Problemas de Microelementos en Frijol
- 18- Diagnóstico y Recuperación de Suelos Salinos y Sódicos en relación con el cultivo de Frijol
- 19- Enfermedades Virales del Frijol y su control
- 20- Patología de Frijol
- 21- Insectos Asociados con el Frijol en América Latina: Su Distribución, Dolo Importancia y Control
- 22- Recomendaciones para el Control Químico de Plagas en Frijol
- 23- Recomendaciones para el Control Químico de Malezas en Frijol
- 24- Ensayos Demostrativos de Herbicidas en las Asociaciones Frijol-Maíz y Frijol



TENDENCIAS DE LA PRODUCCION DE FRIJOL EN AMERICA LATINA

John H. Sanders

Camilo Alvarez P.

Marzo, 1977

En la primera sección se presentan los cambios en producción, comercio y consumo de frijol en América Latina. En esta misma sección y en una sección sobre tendencias en el Brasil se hacen algunas observaciones sobre el estado actual de la tecnología. Por último, se presentan algunas inferencias acerca del crecimiento de la oferta y la demanda y los beneficiarios de diferentes estrategias.

Producción de Frijol en América Latina

Brasil domina la producción de frijol con el 56.5 por ciento de la producción total de América Latina en 1973-1975 (ver Cuadro 1). La producción brasilera ha aumentado en menos del uno por ciento anual y considerablemente menos que el crecimiento de la población. Brasil y México juntos produjeron en 1973-75 el 82 por ciento de la producción total de frijol de América Latina. La producción ha aumentado considerablemente en muchos países de América Latina incluyendo México, Argentina, Ecuador, Guatemala, Colombia, Nicaragua, El Salvador y Bolivia. En América Latina, durante la década actual, la producción ha

Cuadro 1. Producción de Frijol Seco en América Latina, 1963-1965
a 1973-1975^a

País	Promedio (1963-1975)	Promedio (1973-1975)
	-----1.000 tons-----	
Brasil	2061.0	2246.0
México	809.0	1011.3
Argentina	33.3	99.0
Chile	67.3	71.3
Guatemala	49.7	70.0
Colombia	42.0	71.3 ^b
Honduras	52.7	51.7
Nicaragua	41.3	44.3
Haití	40.3	43.7
El Salvador	17.0	36.3
Perú	42.7	36.0
Venezuela	39.0	34.7
Ecuador	26.3	33.7
Paraguay	26.3	32.3
República Dominicana	23.0	28.0
Cuba	27.3	23.7
Bolivia	14.0	20.3
Costa Rica	15.7	11.7
Panamá	5.3	3.7
Uruguay	4.0	2.0
Puerto Rico	2.0	2.0
América Latina	3439.3	3973.0

^{a/} Estos promedios aritméticos se estimaron en base a datos de USDA-ERS. Cuando no hubo datos disponibles de USDA-ERS se utilizaron datos de FAO excluyendo Bolivia y Panamá (1963-1964). Para estos países y años se utilizaron datos de la OEA.

^{b/} Este dato fué basado en Ministerio de Agricultura (2), (3) y (4) abajo.

Fuentes:

- (1) Cuadro A-4.
- (2) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1974, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Dic. 1974, p.162.
- (3) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1975, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Dic. 1975, p.129.
- (4) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1976, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Dic.

ha aumentado a una tasa de 1.45, en comparación con una tasa de crecimiento anual de población de 2.8 por ciento (Ver cuadro A-1 en el Apéndice).

Para evaluar los cambios en el consumo per cápita es necesario incluir el comercio exterior. En el Cuadro 2, dado que las diferentes fuentes de datos sobre comercio no discriminan las diferentes clases de leguminosas, se consideran las tendencias en la producción, comercio y consumo del total de leguminosas en América Latina. En los cuadros A-2 y A-3 del Apéndice se presentan los datos de producción de otras leguminosas además del frijol seco así como también los datos anuales de comercio de leguminosas de 1962 a 1974.

En primer lugar es interesante separar los países por orden de exportaciones. Los principales países exportadores de América Latina en 1972-1974 fueron Argentina, México y Chile. Las mayores importadores fueron Cuba, Venezuela y Brasil. La producción de leguminosas ha aumentado en un poco más de un millón de toneladas, a una tasa anual de crecimiento de 2.49 por ciento. El comercio exterior (exportaciones menos importaciones) se ha reducido a una tasa de -2.1. Con un crecimiento de población más rápido que el de producción y con una reducción de importaciones, el consumo per cápita de creció. Este es un fenómeno serio dada la importancia de las dietas inadecuadas en calorías y vitaminas en muchas regiones de América Latina¹. En comparación con proteína animal, las leguminosas son una fuente de proteína de bajo costo.

^{1/} G.A. Nores et. al., Latin America: Trend Highlights on Beans, Beef, Pork, Cassava, Rice and Corn, Internal Document Econ. 1.2, CIAT, Cali, Colombia, December 1976.

Cuadro 2. Producción, Comercio y Consumo de Leguminosas^a en América Latina

(Promedio 1962-1964)

(Promedio 1972-1974)

	Producción Total ^b	+Importaciones -Exportaciones ^c	Consumo Doméstico Neto	Consumo ^d Per Cápita Aparente
	-----1.000 tons-----			---kg/año---
Exportadores:				
Argentina	75	-14.4	60.6	2.8
México	896	-15.2	880.8	22.1
Chile	90	-31.8	58.2	7.0
Honduras	51	-15.0	36.0	16.8
Colombia	92	2.0	94.0	5.6
Perú	117	0.9	117.9	10.8
Bolivia	21	0.2	21.2	5.4
Importadores:				
Cuba	30	53.9	83.9	11.5
Venezuela	43	31.1	74.1	8.7
Brasil	1925	9.8	1934.8	25.4
Costa Rica	16	0.4	16.4	11.8
República Dominicana	47	5.2	52.2	15.4
Panamá	7	3.4	10.4	8.6
Guatemala	54	1.1	55.1	13.2
Uruguay	7	1.4	8.4	3.2
Nicaragua	40	- 2.3	37.7	22.9
El Salvador	19	15.0	34.0	12.4
Haití	42	0.5	42.5	9.6
Paraguay	24	1.1	25.1	13.2
Ecuador	57	0.1	57.1	11.8
Otros ^g	21	21.7	42.7	5.4
América Latina	3674	69.1	3743.1	16.1

	Producción Total ^e	+Importaciones -Exportaciones ^c	Consumo Doméstico Neto	Consumo Per Cápita Aparente
	-----1.000 tons-----			---kg/año---
Exportadores:				
Argentina	109	-50.0	59.0	2.3
México	1246	-47.0	1199.0	21.4
Chile	115	-23.5	91.5	9.1
Honduras	46	- 9.6	36.4	12.2
Colombia	1421	- 5.8	136.5	5.7
Perú	93	- 0.8	92.2	6.3
Bolivia	30	- 0.1	29.9	6.0
Importadores:				
Cuba	24	90.7	114.7	12.9
Venezuela	38	35.5	73.5	6.2
Brasil	2469	21.7	2490.7	24.2
Costa Rica	9	7.7	16.7	8.8
República Dominicana	64	5.5	69.5	14.9
Panamá	5	3.2	8.2	5.4
Guatemala	66	2.6	68.6	12.2
Uruguay	5	2.0	7.0	2.3
Nicaragua	38	0.3	38.3	18.1
El Salvador	33	0.0h	33.0	8.5
Haití	47	0.0h	47.0	9.6
Paraguay	43	0.0	43.0	17.6
Ecuador	58	0.0	58.0	8.6
Otros ^g	15	23.3	38.3	4.0
América Latina	4695	55.9	4750.9	15.4

(Cuadro 2. Cont.)

- a/ Incluye todas las leguminosas como las define FAO en el Apéndice C. (ver Cuadro A-2)
- b/ Promedio aritmético estimado en base a FAO (3).
- c/ Promedio aritmético estimado en base a FAO (4).
- d/ Esta cifra se estimó en base a FAO (3) y (4).
- e/ Promedio aritmético estimado en base a USDA-ERS (1) y (2), y FAO (3), (4) y (5).
- f/ Esta cifra se estimó en base a USDA-ERS (1) y (2), y FAO (3); (4) y (5).
- g/ Incluye: Guay na, Jamaica, Surinan, Trinidad y Tobago, Puerto Rico, y otros países no mencionados que producen y/o importan leguminosas en América Latina.
- h/ Menos de 50 toneladas.
- i/ Se estimó en base a Ministerio de Agricultura (6), (7) y (8), y FAO (3).

Nota: Para estimar (d) y (f) se usaron datos de población de USDA-ERS. Cuando no hubo datos disponibles de USDA-ERS para algunos países se usaron datos de FAO. El promedio de población de América Latina en los dos períodos fué:

1962-1964	=	232.327	miles de personas
1972-1974	=	307.881	miles de personas

Fuentes:

- (1) USDA-ERS. Indices of Agricultural Production for the Western Hemisphere. Excluding the United States and Cuba 1965 through 1974, Statistical bulletin 540, Washington, D.C., May 1975.
- (2) USDA-ERS. Indices of Agricultural Production for the Western Hemisphere. Excluding the United States and Cuba 1966 through 1975, Statistical bulletin 552, Washington, D.C., May 1976.
- (3) FAO, Anuarios de Producción, Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadro 3 y 32; Vol.28-1, 1974, Roma 1975, Cuadros 3 y 32.
- (4) FAO, Anuarios de Comercio, Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadro 5 Vol. 28, 1974, Roma 1975, Cuadro 59.
- (5) FAO, Monthly Bulletin of Agriculture Economics and Statistics Vol.25, No. 1 y 6, Roma 1976, Cuadros 1 y 3.
- (6) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1974, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, p.1
- (7) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1975, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, p.1
- (8) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas 1976, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, pp. 103.

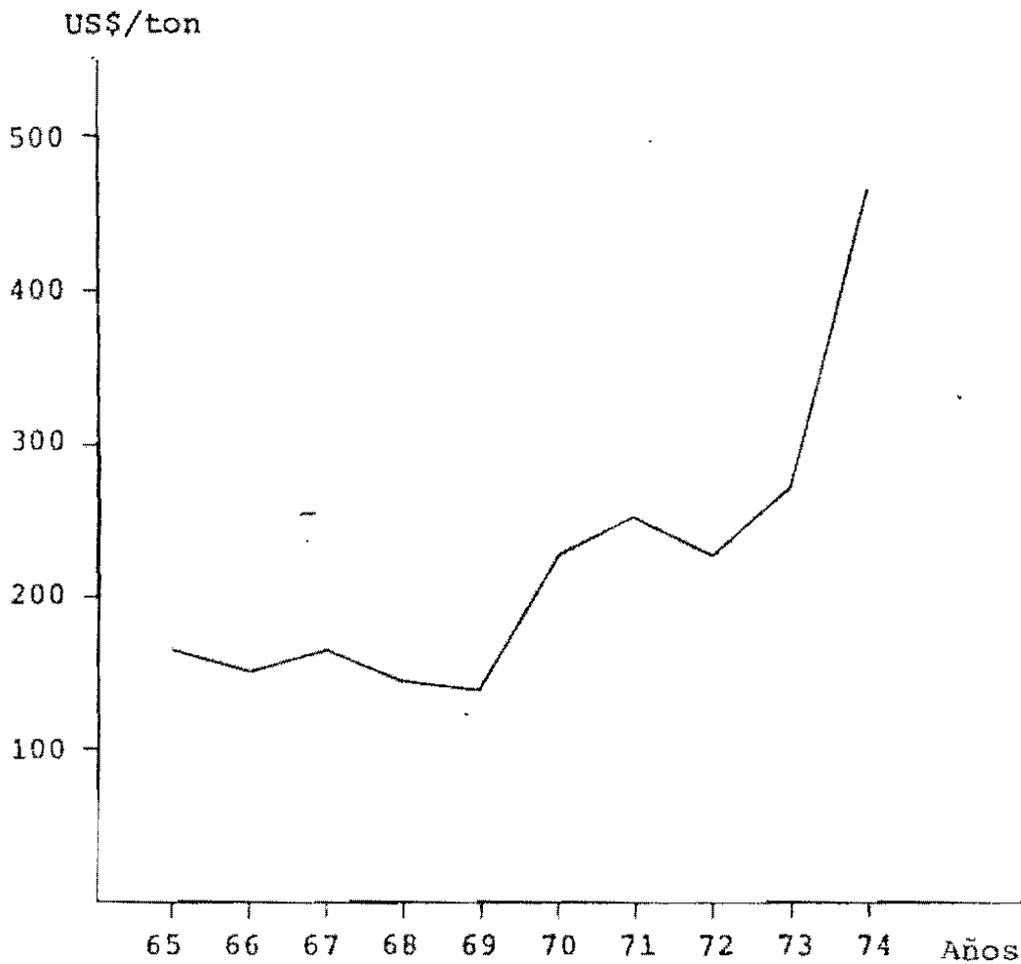
Las exportaciones totales de leguminosas de la región aumentaron a través de la década de 78.7 a 136.8 miles de toneladas, lo cual significa una tasa de crecimiento compuesta de 5.7 por ciento. Como era de esperar, el precio internacional de las leguminosas ha aumentado considerablemente desde 1972 (ver Figura 1).

A precios internacionales muy altos y dada la crisis de intercambio de comercio ocasionada por los rápidos aumentos en el precio del petróleo, muchos países de América Latina redujeron sus importaciones incluso sacrificando el consumo per cápita. Los grupos de más bajos ingresos, donde tienen los más bajos consumos de proteína, una proporción más alta de proteína proveniente de leguminosas, y más insuficiencias nutricionales, serían los más afectados². De ahí que los datos de consumo per cápita subestiman la seriedad de los precios altos de las leguminosas.

Si la producción se pudiera aumentar y estabilizar, entonces América Latina podría primero obtener su autoabastecimiento. Esto sería una ganancia substancial en intercambio comercial para la región. En segundo lugar, el valor absoluto muy alto de las elasticidades de precios para los grupos de bajos ingresos indica, que al aumentar la producción y bajar los precios, estos grupos consumirían cantidades considerablemente mayores de frijol. En Colombia los dos grupos de ingresos más bajos aumentarían su consumo de frijol en ocho por ciento, con una baja del 10 por

^{2/} Per Pinstrup-Andersen, Norha Ruiz de Londoño and Edward Hoover, "The Impact of Increasing Food Supply on Human Nutrition: Implications for Commodity Priorities in Agricultural Research and Policy", American Journal of Agricultural Economics, 58(2), May 1976, p.131-142.

Figura 1. Precios promedios de exportación de leguminosas recibidos por exportadores de América Latina.



Fuente: FAO, Anuario de Comercio, Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadro 58; Vol.28, 1974, Roma 1975, Cuadro 59.

ciento en el precio. Mientras que el consumo del grupo de altos ingresos y el promedio nacional Colombiano aumentarían sólomente en 2.5 por ciento y 6 por ciento respectivamente, con una baja en el precio de 10 por ciento³.

Resumiendo, con grandes importaciones de leguminosas, precios mundiales de leguminosas altos, insuficiencias nutricionales en gran parte de América Latina, y la amplia respuesta de consumo de los grupos de bajos ingresos a los precios más bajos de frijol, una prioridad en aumento de producción de frijol en América Latina puede ser justificada por el mejoramiento de la balanza de pagos y objetivos de bienestar y nutrición. Hay un alcance considerable para sustituir importaciones mediante el aumento en la producción de frijol en el continente, especialmente entre los tres importadores, Cuba, Venezuela y Brasil. Algunos otros países centroamericanos podrían también reducir sus importaciones mediante el aumento en la producción del frijol. Más aún, el cambio de frijol de la venta al consumo con precios mundiales más bajos, sería indudablemente beneficioso en muchas áreas rurales y urbanas.

Qué diremos de los mercados mundiales de exportación? El cuadro 3 indica que hay cambios substanciales en los movimientos del comercio mundial pero América Latina no participó mucho en ellos. La balanza de comercio (exportaciones menos importaciones) decreció levemente en América Latina a través de la década en 13.2

3/ Per Pinstруп- Andersen, Norha Ruiz de Londoño and Edward Hoover, "The Impact of Increasing Food Supply on Human Nutrition: Implications for Commodity Priorities in Agricultural Research and Policy", American Journal of Agricultural Economics, 58(2), May 1976, p.131-142.

Cuadro 3. Tendencias en Balanza de Comercio en Leguminosas,
por Regiones, 1962-1964 y 1972-1974

(Exportaciones menos Importaciones)

	Promedio (1962-1964)	Promedio (1972-1974)
-----1.000 Tons -----		
Europa Oriental	-431.2	-686.6
Unión Soviética	11.1	53.3
Europa Occidental	37.9	84.8
U.S.A. y Canada	208.9	258.0
México, America Central y el Caribe	-65.1	-72.2
America del Sur	-4.0	16.3
Asia	3.3	36.3
Africa	277.5	306.4
Oceanía	9.6	23.6

Fuente: FAO. Anuarios de Comercio, Vol.19, 1965, Roma 1966,
Cuadro 53.

Vol.21, 1967, Roma 1968,
Cuadro 54.

Vol.27, 1973, Roma 1974,
Cuadro 58.

Vol.28, 1974, Roma 1975,
Cuadro 59.

millones de toneladas. Europa Occidental aumentó sus importaciones en 59 por ciento o sea 255.000 toneladas. La Unión Soviética y Europa Oriental aumentaron sus exportaciones en 4.8 y 2.2 veces respectivamente. Mientras Estados Unidos y Canadá las aumentaron en 57 millones de toneladas. Asia, Africa y Oceanía también elevaron sus exportaciones. Así es, que la posición futura de América Latina en el comercio mundial parece depender del crecimiento continuo de la demanda de leguminosas en Europa Occidental y de la futura posición competitiva con respecto a los otros exportadores. Dado el gran déficit en el suministro de demanda interna en América Latina y los precios mundiales tan altos, ninguno de estos factores^{externos} es crítico en el corto plazo. Sin embargo, la gran respuesta del aumento de exportaciones a los altos precios mundiales en el presente, indica que los precios altos a nivel internacional disminuirán probablemente en los próximos años.

Cuál es la posición competitiva de América Latina en la producción mundial de frijol? El Cuadro 4 indica que América Latina produjo el 32 por ciento de la producción mundial de frijol en 1972-74. Los rendimientos de frijol en América Latina son más altos que los de Africa y el Lejano Oriente y más bajos que los del Cercano Oriente⁴, Europa Occidental, América del Norte y Japón. Los rendimientos en América Latina a través de la última década han decaído. Esta disminución refleja principalmente las condiciones

^{4/} Se espera que estos rendimientos se refieran primordialmente a áreas irrigadas.

Cuadro 4. Producción y rendimientos de frijol. Promedios mundiales y regionales, 1962-1964 a 1972-1974^a

	Promedio (1962-1964)		Promedio (1972-1974)	
	Producción 1.000 tons	Rendimientos kg/ha	Producción 1.000 tons	Rendimiento kg/ha
Total mundial	9725.8f	441	12048.9f	498
América del Norte ^b	886.0	1472	917.0	1403
Europa Occidental	507.0	505	374.0	619
América Latina ^c	3055.7	563	3848.3	498
Cercano Oriente	170.3	1172	247.0	1289
Lejano Oriente	2291.3	299	2864.6	317
Europa Oriental - URSS	477.7	146	474.0	229
Japón	226.0	1035	225.0	1520
China	1287.7	669	1817.3	782
Africa del Sur -	45.3	519	53.7	749
Africa ^d	764.0	461	1209.3	431
Otros ^e	15.8	255	18.7	282

a/ Promedio aritmético estimado

b/ Incluye USA y Canadá

c/ Excluye Haití, Cuba, Paraguay, Bolivia, Uruguay, Panamá y Puerto Rico.

d/ Excluye África del Sur, Sudán, Egipto y Libia.

e/ Incluye Oceanía, República Democrática Popular de Corea, Mongolia y República Democrática de Viet-Nam.

f/ Esta cifra difiere de la estimada por FAO porque para este trabajo se utilizaron los datos generados para América Latina.

Fuente:

(1) FAO: Anuarios de Producción. Vol.27. 1973, Roma 1974, Cuadro 32
Vol. 28-1, 1974, Roma 1975, Cuadro

(2) FAO: Boletín Mensual de Economía y Estadística Agrícolas.
Vol. 25, No.6, June 1976, Roma 1976, Table 2.

(3) Ver Cuadro 4-A para completar referencias.

brasileñas, que se discutirán en más detalles en la segunda sección.

Qué ocurre en la producción de los países de América Latina entre años? Las Figuras 2-5 muestran las tendencias de la producción de frijol a través de la última década. La producción de frijol en América Latina se caracteriza principalmente por la variación considerable de año a año. México, Argentina, Colombia, El Salvador y Bolivia han aumentado la producción mientras que el resto de los países han mantenido los niveles de producción o han experimentado una disminución en la producción. Sin embargo, el factor más importante de anotar es la extrema fluctuación de la producción de un año a otro. El frijol es un cultivo arriesgado y la producción es afectada considerablemente por clima, insectos y enfermedades.

Qué ocurre con la productividad a través del tiempo?

Siempre hay problemas al obtener datos confiables de macro en rendimientos. Como el frijol se consume frecuentemente en la finca y es producido principalmente como cultivo múltiple⁵, a menudo los agricultores no conocen sus áreas con exactitud, y estos datos de macro con frecuencia no están basados en pruebas de finca, entonces, estas estimaciones de rendimiento deben considerarse como estimaciones muy crudas. México, Colombia y algunos países centroamericanos han aumentado sus rendimientos probablemente con nuevas variedades (ver Cuadro 5). Los rendimientos de frijol en América Latina tropical están aproximadamente 40 por ciento por debajo

5/ C.A. Francis, C.A. Flor, and M. Prager, Potentials of Bean/Maize Associations in the Tropics, CIAT, Cali, Colombia, mimeo. 1976, p.1.

Figura 2. Producción de frijol en América Latina (varias fuentes),
y Brasil, 1965-1975.

Producción
(1000 tons)

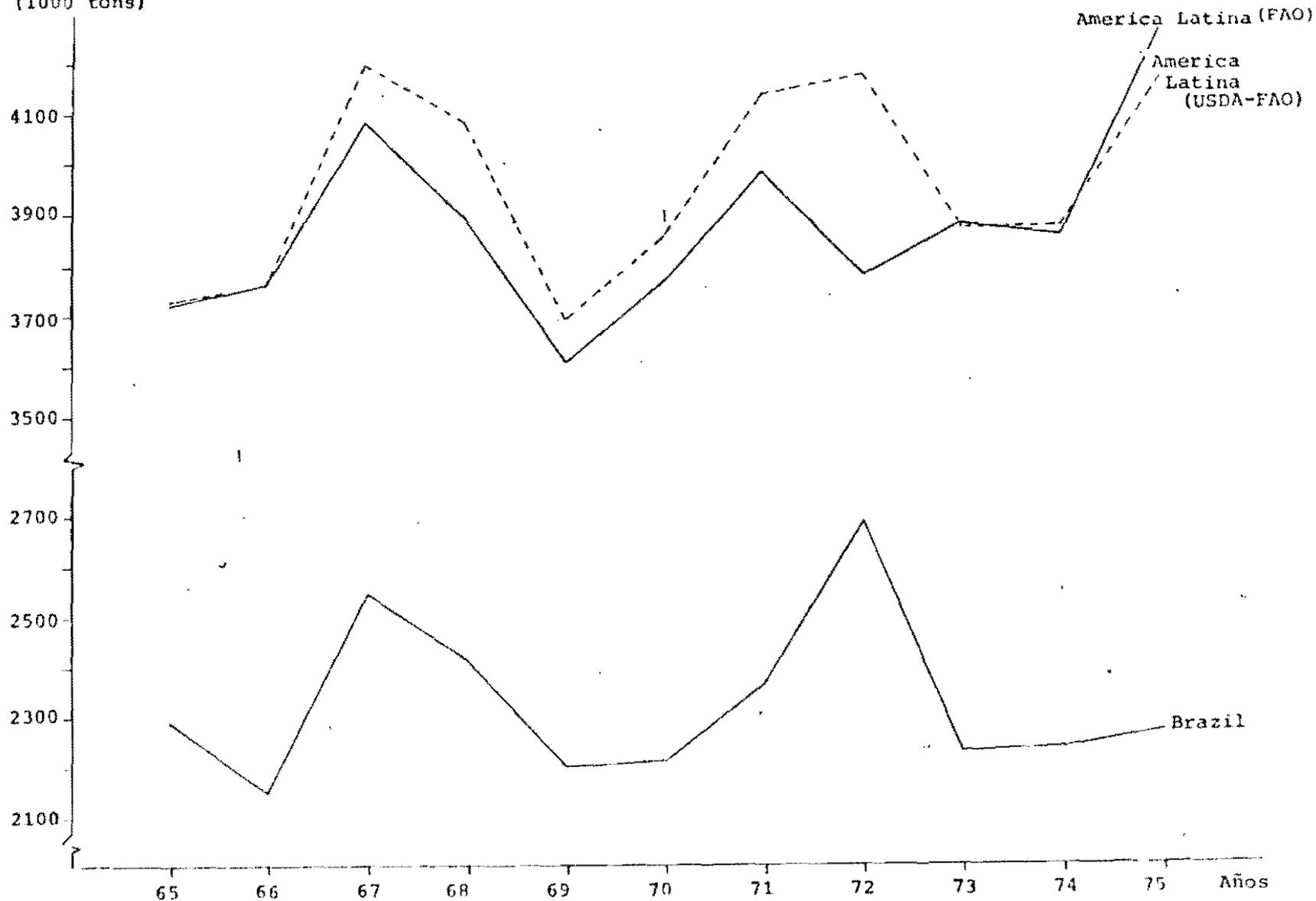
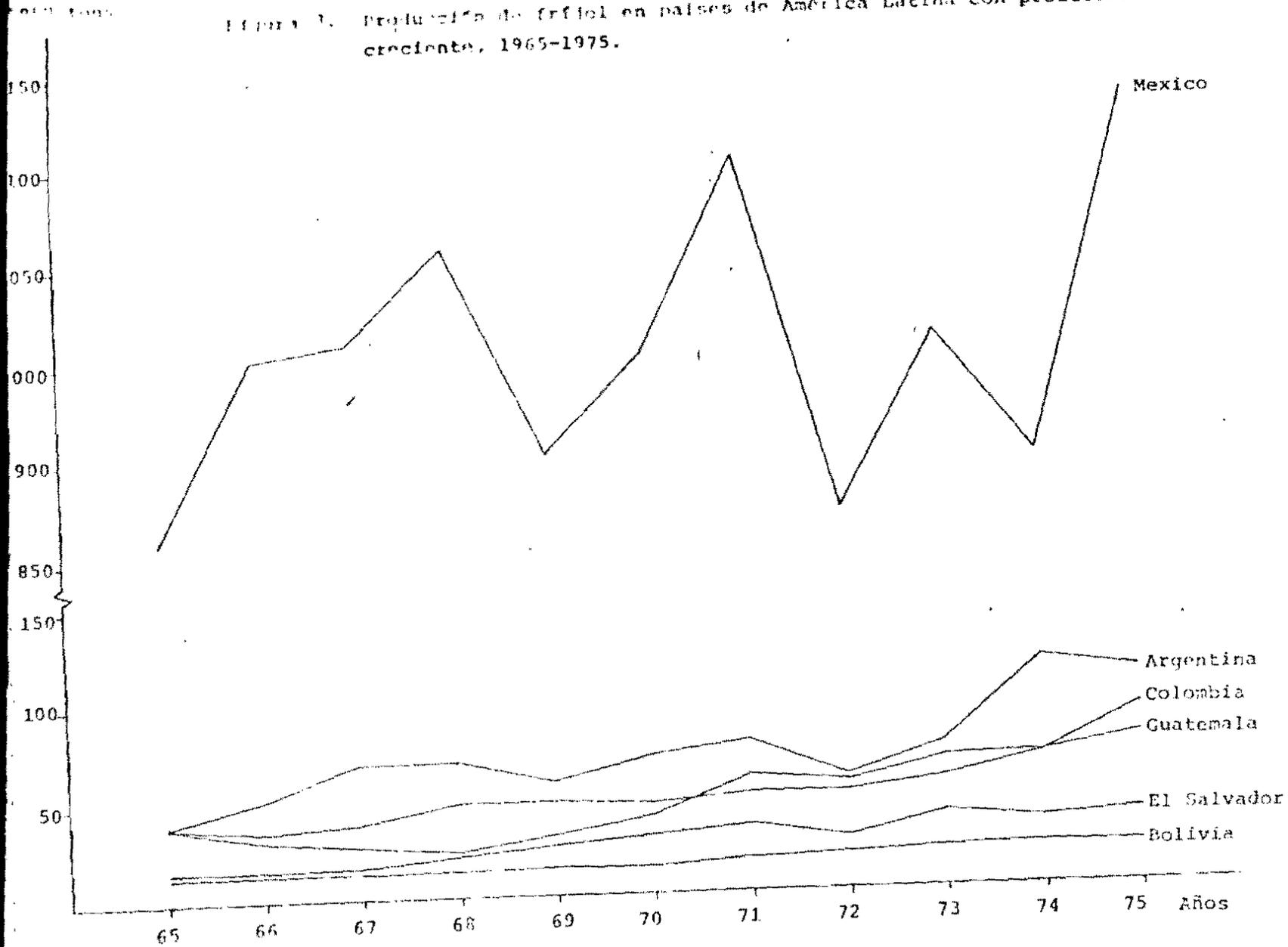
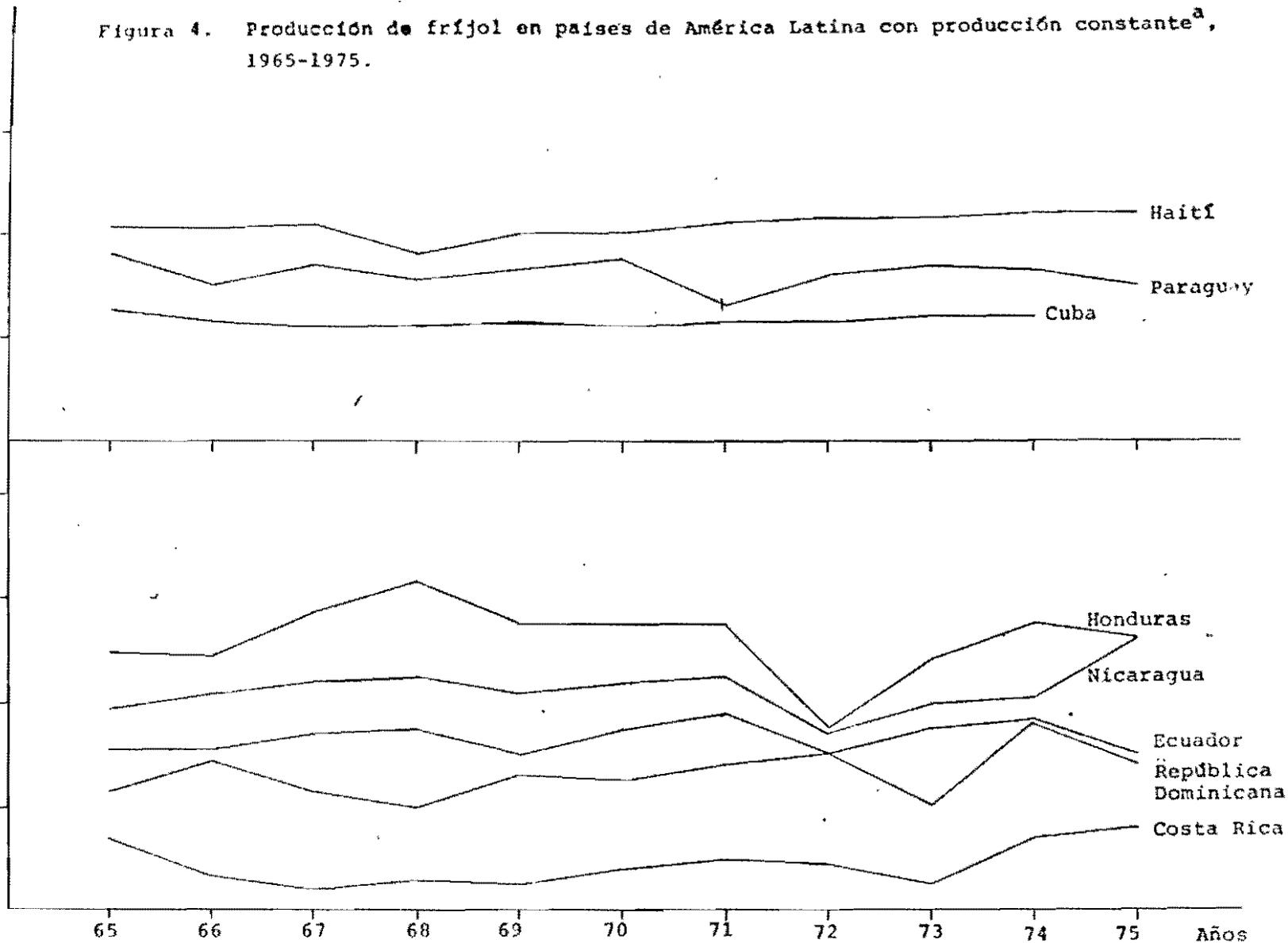


Figura 3. Producción de frijol en países de América Latina con producción creciente, 1965-1975.



Fuentes: Cuadro A-4.

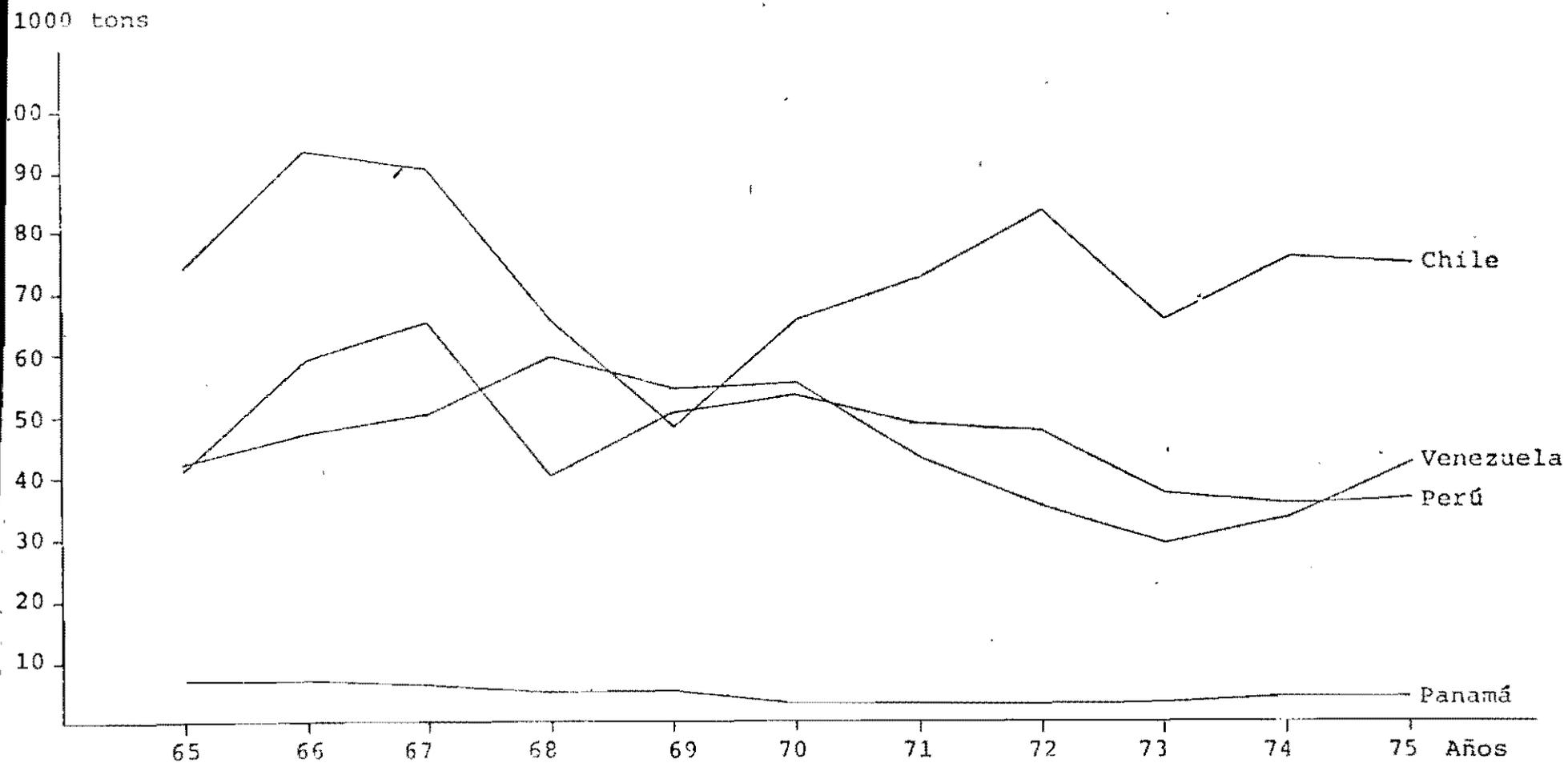
Figura 4. Producción de frijol en países de América Latina con producción constante^a, 1965-1975.



a/ Excluyendo a Brasil.

Fuente: Cuadro A-4

Figura 5. Producción de frijol en países de América Latina con producción decreciente, 1965-1975.



Fuente: Cuadro A-4

de los rendimientos en los países de clima templado de América Latina, Argentina y Chile.

Si los rendimientos en los países tropicales se pudieran aumentar a 1 ton/ha con semilla limpia mejorada o con variedades resistentes a enfermedades, uso bajo de insumos químicos, y algún cambio a monocultivo, entonces solamente se necesitaría un 50 por ciento de aumento adicional para alcanzar los niveles de productividad de los Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, los rendimientos en Holanda y varios otros países europeos exceden de 2 tons/ha de manera que todavía hay una brecha de rendimiento potencial disponible en la producción de frijol, basada en la tecnología conocida aplicada por los agricultores (ver Cuadro A-6). Dado que la tierra, la mano de obra y los precios de los insumos varían tremendamente entre regiones, las regiones aún tendrán que definir cuál tecnología es la apropiada para sus condiciones particulares, sus objetivos y su clientela.

El otro método para aumentar producción es a través de expansión de área. Es interesante anotar que todo el aumento de la producción brasileña viene de áreas expandidas porque los rendimientos eran decrecientes (ver Cuadros 1, 5 y 6).

En el caso de México el área decreció pero la producción total aumentó debido a rendimientos más altos. En Colombia, tanto el área como los rendimientos han aumentado.

El área total de producción de frijol en América Latina aumentó solamente a una tasa del uno por ciento mientras en Brasil



Cuadro 6. Area de Frijol en America Latina, 1963-1965
a 1973-1975^a

	Promedio (1963-1965)	Promedio (1973-1975)
	-----1000 has-----	
Brasil	3128.7	4008.0
Mexico	1973.0	1566.3
Argentina	31.7	109.3
Chile	64.3	70.0
Guatemala	85.0	103.3
Colombia	75.7	99.5 ^c
Honduras	75.7	77.3
Nicaragua	54.0	58.3
Haiti	39.7	41.0
El Salvador	27.3	49.3
Peru	48.3	58.3
Venezuela	85.3	79.0
Ecuador	52.3	64.0
Paraguay	29.7	45.0
República Dominicana	33.7	32.0
Cuba	38.3	26.5 ^b
Bolivia	9.0	9.0 ^b
Costa Rica	49.7	24.7
Panamá	20.0	11.0 ^b
Uruguay	5.7	4.0 ^b
Puerto Rico	4.3	4.0 ^b
America Latina	5931.4	6547.0

a/ Estos promedios aritméticos fueron estimados del Cuadro A-7

b/ Promedio 1973/74

c/ Este promedio fué calculado en base a datos del Ministerio de Agricultura de Colombia, Programas Agrícolas 1974/76

Fuentes: (1) ver cuadro A-7, para completar referencias.
(2) Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas

1974-1975 1976 en cit. p. 152 129 98 v

este aumento fué de 2.5 por ciento. La expansión del área también tuvo importancia en Guatemala, El Salvador, y Paraguay. Para algunos países expandir área puede que sea una estrategia más económica que invertir en infraestructura y en científicos para adaptar, producir y distribuir nuevas variedades.

Rendimientos de Fríjol en Brasil

No sólo más de la mitad de la producción de frijol de América Latina corresponde al Brasil, sino que Brasil es a la vez el mayor productor y consumidor de frijol en el mundo. Aproximadamente el 70 por ciento de la producción de frijol dentro del Brasil proviene del Centro - Región Sur⁶. Si el caupí, el frijol predominante en el Noreste, es eliminado, la proporción que está en el sur aumenta al 89 por ciento.

La producción de frijol en la zona sur del Brasil puede ser dividida entre regiones productoras antiguas y regiones nuevas como se indica en el Cuadro 7. En épocas anteriores los estados más recientemente establecidos sobrepasaron en rendimientos de producción a los estados más antiguos por 221 kg/ha, un 35.6 por ciento de diferencia. Esta diferencia ha sido atribuida principalmente a la mayor fertilidad de los suelos vírgenes en las

^{6/} Instituto de Economía Agrícola, Prognóstico 76-77, Região Centro-Sul, (Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura, São Paulo, Outubro de 1976), p.61.

^{7/} Ver página siguiente.

Cuadro 7. Rendimientos de producción en áreas antiguas de producción y en la Frontera Brasileña, 1947-1965 a 1974-1976

Años	Areas antiguas de producción		Frontera Brasileña		
	Sao Paulo	Minas Gerais	Paraná	Goiás	Mato Grosso
	----- kg/ha. -----				
1947-65 ^a	641	601	823	898	905
1974-76	503	505	735	500	777

a/ Promedio de rendimientos de 9 años, 1947-49, 1955-57, y 1963-65.

Fuente: L.F. Herrmann, Changes in Agricultural Production in Brazil, 1947-65, Foreign Agricultural Economic Report No. 79, ERS, USDA, June 1972, p.32; for the 1947-65 data and Instituto de Economía Agrícola, Prognóstico Região Centro-Sul 76-77, (Governo de Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura, São Paulo, Outubro de 1976).

7/ En el período 1967-1971, un 40.8 del total del área de frijol estaba al noreste del Brasil. Asumiendo que el 80 por ciento de la producción de frijol del noreste es de caupi, que las proporciones han permanecido constantes, que el caupi no se produce en una escala significativa fuera del noreste, y que los rendimientos de caupi en el noreste son aproximadamente la mitad de los rendimientos de frijol común, entonces los autores estiman que el 84 por ciento de la producción total de frijol es de frijol común y que el 89 por ciento de la producción total de frijol común de Brasil viene del sur de Brasil

M.I.A. Schuh, "Some Aspects of Recent Trends in Brazilian Agricultura, mimeo prepared for EAPA/SUPLAN, Ministerio de Agricultura, February 1973. Información tomada de M. Schuh, Síntese Estatística da Produção Brasileira, 1947-1970, Vol. I-V, (Brasília: EAPA/SUPLAN, Ministerio da Agricultura, 1972). Los rendimientos de caupi fueron obtenidos de: P.A., Duarte, "Análise Econômica da Cultura Pura e Consorciada do Feijoeiro sobre Condições de Risco", sin publicar. Tese de M.S., Departamento de Economía Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, Setembro de 1975. p.52.

áreas fronterizas⁸. En el período más reciente, 1974-76, la brecha de rendimiento disminuyó a 168 kg/ha dado que los rendimientos decayeron en todas las áreas. Hay dos explicaciones para esta disminución de rendimientos. La primera es el aumento en la incidencia de enfermedades especialmente el virus del mosaico dorado⁹. La segunda hipótesis es la disminución de la fertilidad de los suelos a través del tiempo dado que en la producción de frijol en el Brasil se utilizan muy pocos insumos químicos o semilla mejorada para compensar la disminución natural de fertilidad a través del tiempo. A pesar de los precios altos, puede que el frijol se desplace hacia áreas agrícolas más marginadas debido a la baja productividad de éstas.

Sao Paulo es el estado más desarrollado agrícolaemente en Brasil. Tiene los niveles más altos de consumo de fertilizantes, uso de maquinaria, uso de nuevas variedades, valor de la producción agrícola, y está provisto de una infraestructura para investigación agrícola y para el mercadeo¹⁰. De ahí que sea interesante

8/ L.F. Herrmann, Changes in Agricultural Production in Brazil, 1947-65, Foreign Agricultural Economic Report No.79, ERS, USDA, Washington, D.C. June 1972, p.29-33.

9/ En el período 1974-76 la región de Panamá produjo el 27 por ciento de la producción de frijol en Brasil y ocupó el segundo lugar en la producción de soya en el país después de Rio Grande do Sul. El vector del virus del mosaico dorado se encuentra frecuentemente en áreas cultivadas con soya. Los rendimientos promedios de soya en Paraná fueron 2.200 kg/ha en 1975-76. Instituto de Economía Agrícola, Prognóstico 76-77, Região Centro-Sul, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, Sao Paulo, (Outubro de 1976), pp.61-67,10

10/ E. Missiaen and S.O. Ruff, Agricultural Development in Brazil, A Case Study of São Paulo, Foreign Agricultural Economic Report No. 109, ERS, USDA, Washington, D.C. June 1975.

considerar el área de frijol y las tendencias de rendimiento en Sao Paulo.

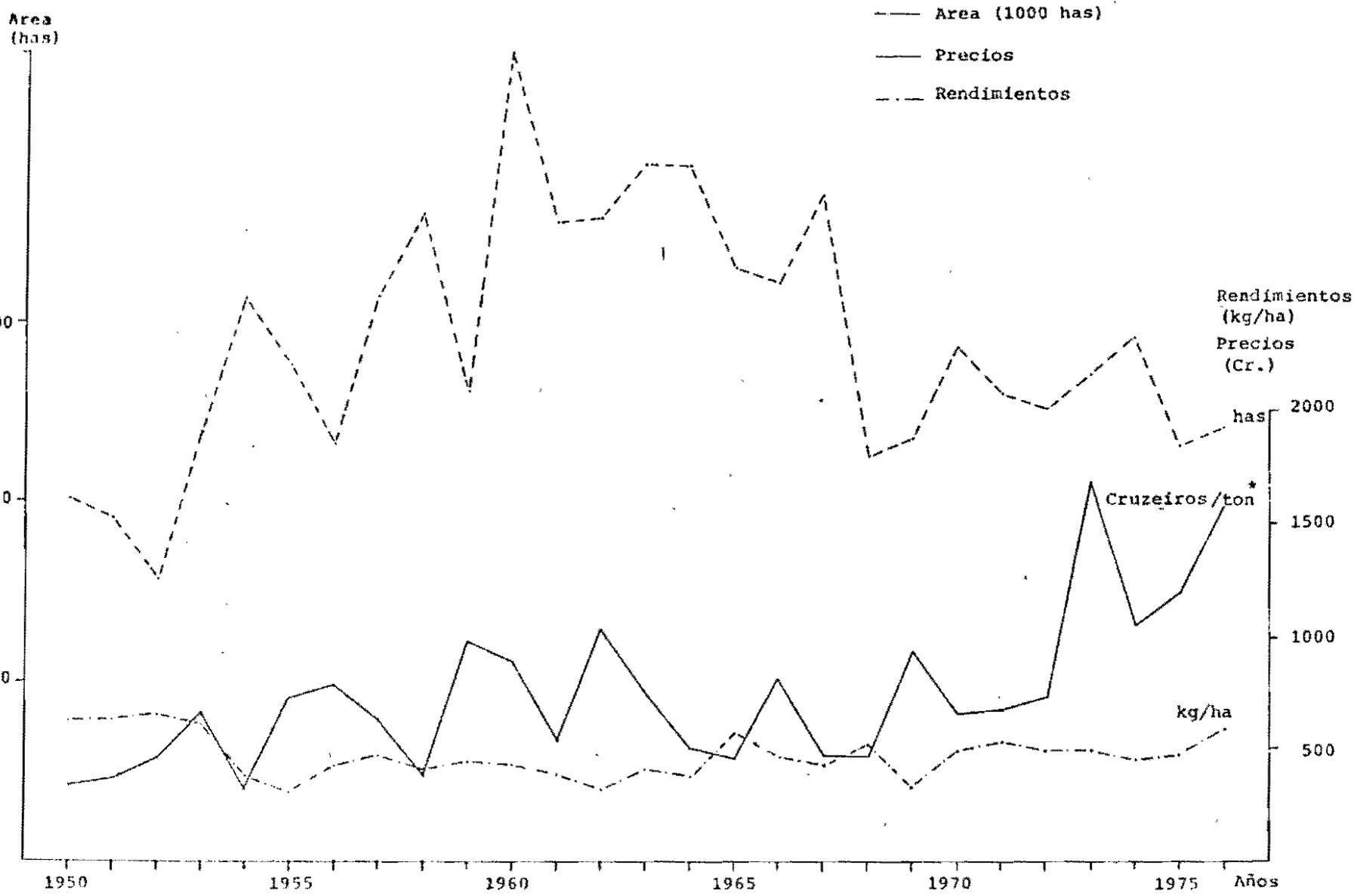
Como se puede ver en la figura 6 es evidente que los rendimientos han sido bajos permaneciendo estancados aún en Sao Paulo. (Ver también A-8). Cuando los precios son altos, el área se expande y entonces los precios caen. Por otra parte, desde el máximo alcanzado en 1961, el área en frijol en Sao Paulo ha tendido a decrecer. En resumen aún en el mejor estado agrícola en Brasil los rendimientos de frijol han permanecido estancados y el área ha venido decreciendo ya que actividades más rentables lo han desplazado. En Sao Paulo el frijol ha sido desplazado hacia áreas marginadas y en el presente éstas áreas están produciendo menos de lo que produjeron a principios de los años cincuenta¹¹.

Implicaciones

El rápido crecimiento de la población y del ingreso mantendrán la demanda del frijol creciendo rápidamente a pesar de las preferencias del consumidor por proteína de fuente animal y por algunos otros granos. Las estimaciones empíricas disponibles indican que con un 10 por ciento de aumento en el ingreso, el grupo de bajos ingresos aumenta su consumo de proteína vegetal en cuatro por ciento¹². Para la totalidad de los países tropicales

11/ En el período 1950-54 a 1966-70 los rendimientos de frijol en Sao Paulo disminuyeron en 17 por ciento mientras que en Brasil solo disminuyeron en 2 por ciento. E. Missiaen and S.O. Ruff, Agricultural Development in Brazil, A Case Study of Sao Paulo, p.44.

12/ J.O. Ward e A. Tavares de Almeida, "Nutricao, Renda e Tamanho da Damilia: Um exame da Situacao Nutricional em Canindê, Ceará", trabajo presentado en la reunión de Programa de Post-graduados en Economía, Noviembre 1975, mimeo, p.17.



*Cruzeiros de 1969.

Fuente: E. Missiaen and S.O. Ruff, Agricultural Development in Brazil. A Case Study of São Paulo, p.72-75; y Instituto de Economía Agrícola, Prognóstico 76-77, Região Centro-Sul, p.67-69.

de América Latina¹³ la tasa es aproximadamente de un dos por ciento. Asumiendo que la población de América Latina aumentara a una tasa del 2.5 por ciento en la próxima década y el crecimiento del ingreso per cápita aumentara en dos por ciento, entonces la producción de frijol puede aumentar a una tasa de 2.9 por ciento aun sin afectar los precios¹⁴. La tasa de crecimiento de producción de frijol en la última década fué de solamente 1.45 por ciento.

Un crecimiento más rápido de la producción de frijol de alrededor de un tres por ciento sin aumento de exportaciones resultaría en una disminución de precios. Sin embargo, la caída de los precios estaría amortiguada por la respuesta de los consumidores de bajos ingresos. A una disminución de 10 por ciento en los precios de frijol resulta un aumento de 8 por ciento en el consumo de éste en grupos de bajos ingresos. Para lograr el objetivo de mejorar la nutrición en el grupo de bajos ingresos, una tasa de crecimiento en la producción de frijol de 5 a 6 por ciento parece ser un propósito razonable por el lado de la demanda. Si los grupos de bajos ingresos pudiesen captar una parte mayor del aumento del crecimiento económico de América Latina, entonces, tasas de crecimiento de producción más altas podrían aún ser sostenidas sin un impacto grande en los precios. Estas estimaciones

13/ Se excluyen Argentina, Chile y Uruguay por no ser tropicales

14/ A una tasa optimista de crecimiento per cápita de 3 por ciento, la demanda de frijol aumentaría a una tasa de 3.1 por ciento. En la identidad de Ohkawa la tasa de crecimiento de la demanda es igual a la tasa de crecimiento de la población más la elasticidad ingreso del bien multiplicada por el crecimiento per cápita del ingreso.

son solamente preliminares, sin embargo, son consistentes con tendencias recientes y se basan en las estimaciones empíricas disponibles. En resumen, por el lado de la demanda no hay problema por un aumento considerable en la tasa de crecimiento de la producción de frijol. Por otra parte este tipo de aumento mejoraría los niveles nutricionales y aliviaría la crisis de intercambio exterior de muchos países de Latino América mediante reducción de sus importaciones.

Sería técnicamente posible incrementar la producción de frijol en América Latina a una tasa de crecimiento anual de producción de 5 a 6 por ciento? Esta es una pregunta más difícil porque implica muchos factores del lado de la oferta, incluyendo expansión de área y producción de nueva tecnología. En CIAT en este momento, en suelos muy buenos, con niveles de insumo bastante altos y con manejo excelente del cultivo, se han obtenido rendimientos frecuentes entre dos y tres toneladas para variedades negras pequeñas, y con variedades negras excelentes rendimientos de más de tres toneladas. Desafortunadamente, los consumidores en muchos países incluyendo Colombia pagan un precio muy inferior por variedades negras¹⁵. En CIAT, algunos rendimientos de frijol rojo arbustivo han alcanzado dos toneladas y algunos rendimientos de frijol voluble (enredadera) usando hilo como tutor han alcanzado cuatro toneladas.

^{15/} En febrero 1977 en cinco tiendas en Cali, el precio promedio para frijol negro pequeño fué de 10 pesos mientras que para frijol rojo fué de 13 pesos, con 2 pesos de diferencia en precio con el frijol rojo más grande.

La mayor parte de la producción de frijol en América Latina se produce en asociación con otros cultivos especialmente con maíz, con poco o ningún insumo químico, y con semilla no limpia. De acuerdo con varios técnicos del Programa de Frijol del CIAT, con las nuevas variedades de semilla limpia (o en el largo plazo con la semilla resistente a algunas de las principales enfermedades) aumentando ligeramente los niveles de uso de insumos químicos especialmente el fósforo¹⁶, y el control de Empoasca y antracnosis cuando sea necesario, no debe ser difícil incrementar los rendimientos de la finca a más de una tonelada por hectárea. Si aumentáramos los rendimientos de frijol a una tonelada por hectárea manteniendo el área constante en todos los países tropicales aumentaría la producción total de frijol en América Latina en 2.541 toneladas. Si este aumento en rendimiento sucediera a través de 10 años, la producción de frijol aumentaría a una tasa de 5.1 por ciento. El cuadro 8 indica las tasas de crecimiento resultantes de incrementar los rendimientos a 800 kg/ha y 1.200 kg/ha en estos países a través de diferentes períodos de tiempo.

Quiénes serán los beneficiarios de la producción de la nueva tecnología de frijol? Los consumidores de bajos ingresos en áreas rurales y urbanas se beneficiarían, en el aspecto nutricional, de la baja de los precios debido a un aumento considerable de la oferta. Sin embargo, es necesario que la distribución del ingreso rural se haga en forma más regresiva, como en el caso

^{16/} Se consideran niveles de fósforo en un rango de 50 a 100 Kg de P_2O_5 .

Cuadro 8. Tasas de crecimiento para diferentes aumentos de rendimientos de fríjol en países tropicales de América Latina.^a

Periodos	Rendimiento Promedio de Fríjol		
	800 kg/ha	1 ton/ha	1.2 ton/ha
4 años	7.3	13.2	18.2
6 años	4.8	8.6	11.8
8 años	3.6	6.4	8.7
10 años	2.9	5.1	6.9

a/ Nótese que todos los países con rendimientos estimados aparentemente inconsistente han sido omitidos de este cálculo. Los países excluidos fueron Haití, Paraguay, Cuba, Bolivia, Panamá, Uruguay y Puerto Rico. Su producción total en 1973-1975 fué 127.7 miles de toneladas o 3.2 por ciento del total de producción de fríjol de América Latina.

colombiano del arroz,¹⁷ para así beneficiar a los consumidores de bajos ingresos?

La pregunta relevante es si la producción del fríjol con tecnología mejorada conseguirá las regiones más aptas para la agricultura en América del Sur. Si así fuera, entonces el fríjol

17/ G.M. Scobie and R. Posada T., "The Impact of High Yielding Rice Varieties in Latin America with Special Emphasis on Colombia", CIAT, Cali, Colombia, April 1976.

sería producido por unos pocos agricultores grandes, con alto uso de insumos y a menudo con riego. El diseño de tecnología será más fácil porque habrá menor necesidad de conseguir variedades que puedan producir bien en condiciones climáticas adversas (climatic stress resistance). El alto uso de insumos se puede estimular porque el control de agua por sistema de riego reduciría el riesgo debido al uso de altos niveles de fertilización. La distribución de ingresos agrícolas se empeorará pero es posible obtener rápidamente con esta estrategia rendimientos crecientes, dado que habrá menor número de agricultores que necesiten adoptar la tecnología.

Qué demuestran los datos históricos de macro acerca del potencial de producción de frijol para demandar las mejores áreas de producción de América Latina? El frijol nunca ha llegado a ser un cultivo importante ni ha aumentado sus rendimientos en Sao Paulo, el principal estado agrícola de Brasil. Por el contrario, ha sido desplazado hacia áreas agrícolas más marginadas y el uso de insumos en frijol en Sao Paulo es aún extremadamente bajo. El cultivo de frijol se ha venido moviendo muy rápidamente dentro y fuera del Valle del Cauca, en Colombia, dependiendo de las condiciones de exportación. En 1969 hubo 900 hectáreas de frijol negro, aumentando a 16.000 en 1974 y decreciendo a 150 en el primer semestre de 1975¹⁷. Por otra parte, comparando con los rendimientos experimentales, los rendimientos en el Valle del Cauca fueron decepcionantes, 906 kg/ha¹⁸.

17/ Norha Ruiz de Londoño, Estudio Agro-económico de los Procesos de Producción de Frijol en Colombia, CIAT, Cali, Colombia, estudio en proceso, p.58.

18/ P. Pinstrup-Andersen, N. de Londoño, and M. Infante, "A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops", PANS, 22(3): 359-365.

Existen algunas razones para argumentar el hecho de que el frijol no es capaz de mantener una posición permanente en las áreas más aptas para agricultura de América Latina.

- (1) Primero, aún con resistencia o tolerancia a unas pocas enfermedades y Empoasca, todavía será arriesgado cultivar frijol y estará sujeto a muchos insectos y enfermedades.
- (2) En las mejores regiones para agricultura el frijol tendrá que competir con cultivos tales como soya, caña de azúcar y algodón, cultivos con los cuales se han hecho investigaciones considerables a través de grandes períodos. Estos cultivos probablemente producirán más ingresos netos que el frijol en muchos años, aún obteniendo rendimientos sustancialmente más altos de frijol.

Si el frijol no estabiliza una posición firme en las más aptas regiones para la agricultura, entonces será necesario incrementar los rendimientos en muchas fincas pequeñas bajo situaciones de clima más adversas. Esto implica más importancia en desarrollar variedades para las condiciones más adversas de clima y para el uso más bajo de insumos de los que se usaron bajo condiciones de riego.

Puede ser que una estrategia múltiple sea la más apropiada en América Latina dadas las altas tasas de emigración rural-urbana a las áreas urbanas y los niveles nutricionales muy bajos en las áreas rurales y urbanas asociadas con bajos ingresos. Diseñar una estrategia que únicamente transforme el cultivo de un pequeño agricultor en la actividad principal de un grupo

de agricultores grandes en las mejores regiones para la agricultura de América Latina probablemente no sería exitoso excepto para brechas ocasionales cuando los precios de exportación sean altos.

Conclusiones

En relación al crecimiento de la población, la producción de frijol en América Latina se ha estancado en la última década con consecuencias adversas para la nutrición de los sectores de bajos ingresos. En el futuro próximo, los precios mundiales muy altos para las leguminosas decaerán indudablemente aún sin mucha intervención de América Latina en los mercados mundiales. A pesar de esto, una tasa razonablemente alta de crecimiento de la producción de frijol (5-6%) se pueden sostener en América Latina sin una caída completa del precio y tendrá efectos favorables sobre la nutrición y la balanza de pagos. Los rendimientos de frijol en los países tropicales de América Latina son bajos en comparación con América del Norte, Holanda o aún países de clima templado de América Latina. En México, Colombia y en algunos países de Centro América los rendimientos de frijol han aumentado. Esto refleja probablemente la introducción de nuevas variedades especialmente en México y Colombia (ver Cuadro A-9). Los rendimientos en Brasil han decaído ya que las condiciones de enfermedades se han empeorado y el frijol ha sido desplazado hacia suelos más marginados.

La producción de frijol muestra una fluctuación extrema entre años. Indudablemente la fluctuación en rendimiento se opone al uso de más insumos y es más difícil para el frijol mantener una posición entre las regiones más aptas para la agricultura. Dado que hay muchos otros competidores, con alto uso de insumos, en estas regiones mejores para la agricultura especialmente bajo riego, parece apropiado una estrategia múltiple. El alto uso de insumos con variedades de altos rendimientos sería más apropiado para las regiones más aptas para agricultura puesto que el uso de insumos bajo o intermedio con variedades más resistentes a condiciones climáticas adversas sería más indicado para las demás regiones.

Cuadro A-1. Población de América Latina, 1954-1974^a

País	1954	1964	1974
	----- 1000 personas -----		
Brasil	57098	78472	105880
México	28849	41257	57010
Argentina	18742	22202	25540
Chile	6447	8499	10010
Guatemala	3149	4311	5770
Colombia	12382	17444	24890
Honduras	1608	2209	3090
Nicaragua	1202	1695	2190
Haití	3227	4527	5020
El Salvador	2122	2836	4010
Perú	9213	11300	15150
Venezuela	5662	8823	12270
Ecuador	3567	4978	6970
Paraguay	1530	1964	2500
República Dominicana	2347	3507	4830
Cuba	5807	7510	9000
Bolivia	3162	4042	5150
Costa Rica	915	1440	1940
Panamá	940	1241	1620
Uruguay	2525	2681	3020
Otros ^b	6978	7899	9742
América Latina	177472	238835	316402

a/ Los datos de 1954 y 1964 son de FAO (1) y los de 1974 son de USDA-ERS (2) exceptuando Cuba y Otros que son de FAO (1).

b/ Incluye todos los demás países de América Latina no relacionados antes.

FUENTES: (1) FAO. Anuario de Producción.
Vol. IX, Part 1, 1955, Roma 1956, Cuadro 3.
Vol. 27, 1973, Roma 1974, Cuadro 3.

(2) USDA-ERS. Indices of Agricultural Production for the Western Hemisphere. Excluding the United States and Cuba. 1966 Through 1975. Statistical Bulletin

exportadores e importadores, 1962-1974^a.

País	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
----- 1000 toneladas -----													
Exportadores:													
Argentina	49	49	41	65	59	42	28	46	35	33	25	25	31
México	168	144	150	183	201	179	198	193	196	214	133	408	422
Chile	23	22	23	19	23	20	23	18	24	28	31	23	67
Colombia	46	47	49	50	51	54	56	58	61	64	67	71	73
Perú	72	74	73	47	44	51	50	51	58	47	53	55	51
Bolivia	7	7	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10
Importadores:													
Venezuela	6	7	6	6	8	8	9	11	10	8	6	6	5
Brasil	54	66	51	69	74	93	83	84	74	75	80	82	89
República Dominicana	25	25	26	26	27	26	26	28	30	31	35	35	36
Panamá	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
Guatemala	4	4	4	4	4	2	2	2	2	3	4	3	3
Uruguay	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Haití	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Paraguay	4	4	4	6	5	6	6	5	5	7	10	10	10
Ecuador	35	26	42	48	43	42	33	37	40	31	21	26	27
Otros ^b	19	22	16	12	12	13	13	12	12	10	15	11	12
América Latina	519	505	500	549	564	550	541	560	562	568	497	773	845

* Leguminosas incluye: Frijoles secos (*Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus*, *P. aureus*, *P. radiatus*, *P. mungo* y *P. angularis*); Guisantes secos (*Pisum sativum* y *P. arvense*); Habas secas (*Vicia faba*); Garbanzos (*Cicer arietinum*); Lentejas (*Lens esculenta* o *Ervum lens*); Guandues (*Cajanus spp.*); Caupies (*Vigna sinensis*); Veas (*Vicia sativa*); Altramuces (*Lupinus spp.*); Legumbres sin detallar (*Dolichochochos spp.*, *Lathyrus spp.*, *Voandzeia subterranea*, *Trigonella foenum graecum*, etc.). Según definición de FAO.

a/ Estimaciones en base a FAO (1). Se restó a la producción total de leguminosas la producción de frijol seco. Los datos para 1973 y 1974 se actualizaron para garbanzos y guisantes secos en base a FAO (2).

b/ Incluye: Jamaica, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Guayana y Surinam.

FUENTES: (1) FAO. Anuario de Producción. Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadros 31 y 32.
Vol. 28-1, 1974, Roma 1975, Cuadros 31 y 32.

(2) FAO. Boletín Mensual de Economía y Estadística Agrícolas. Vol.25, No.6, Roma 1976,

País	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
----- toneladas -----															
Exportadores:															
Argentina	-	250	2	98	206	3	23	46	2142	556	2136	575	1051	845	850
	5810	4460	20143	17315	6125	11437	41297	21195	10735	31296	22527	28553	38067	54327	40337
México	15000	5100	3382	8760	8382	606	827	277	708	1045	9362	1031	3864	18757	40211
	4730	6690	5134	38440	22613	25528	105037	69531	82027	55837	19829	12519	71215	86243	46130
Chile	70	240	560	61	37	539	935	-	3	25	769	1000	1774	1800	2000
	37240	40990	31060	26596	38314	17035	8932	17180	19000	10500	21500	20500	28000	9200	39170
Honduras	40	90	119	189	155	161	756	137	90	75	65	35	29	-	-
	9410	12020	13484	14951	17062	22585	16505	16646	21788	17812	9268	12388	10842	10000	8000
Colombia	20	5720	263	-	5697	1416	511	709	3031	2729	6900	9200	7000	7500	7500
	-	-	-	-	-	-	35	203	2620	3615	3546	6007	6441	12100	20970
Perú	610	1070	2728	2819	3912	5587	7897	7108	5217	8716	7800	1181	2000	991	5000
	1500	640	1633	2427	2660	1834	1354	2947	1427	1381	1350	2007	2471	2536	5000
Bolivia	50	350	64	413	324	262	54	167	44	148	18	30	86	86	86
	20	-	115	76	119	35	74	70	18	-	39	79	103	110	110
Importadores:															
Cuba	52640	72810	39117	64360	58277	61726	69025	75650	72330	80968	86712	82620	89714	89000	93400
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venezuela	22440	32830	25534	29222	38638	29472	36346	41813	43325	39093	42043	39137	41493	31211	23700
	-	50	14	31	10	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brasil	5540	6610	14940	7130	7324	9240	24370	20525	15602	14163	11690	11291	11853	33939	25000
	-	7270	-	-	-	10	-	2254	27925	18153	900	241	5585	33	55
Costa Rica	70	110	1140	101	1940	2752	4851	7536	14305	8582	16292	16759	11362	5936	6130
	1940	-	-	1781	4	43	98	54	17	62	1	1	26	107	-
República Dominicana	130	50	2210	4880	10520	2220	1070	3310	4110	6629	5748	7263	4500	11500	1912
	1340	550	1035	637	394	136	-	29	7	81	1644	704	462	762	24
Panamá	2360	2940	3073	2759	4170	3275	3814	3467	4436	4138	4796	5235	3452	2553	3500
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala	30	50	289	1797	2366	4123	2657	1953	1020	1844	2697	3011	1673	1328	5000
	3280	900	250	295	746	217	1265	2639	1231	1016	2156	1577	108	29	-
Uruguay	1240	2230	1240*	1016	2111	1291	410	5554	-	1369	1410	1570	2000	2080	2100
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nicaragua	10	10	356	66	126	406	461	1509	1377	1533	1834	1397	3055	3633	4000
	700	440	3641	1082	2646	2744	4441	1794	4648	4684	6011	10859	9511	200	100
El Salvador	9380	12650	15594	14565	16104	17239	13510	15400	15520	11420	6279	2009	363	360	360
	270	70	26	576	631	1116	1738	3023	920	279	16	50	369	370	370
Haití	-	-	560*	290*	735*	376	41	110	32	104	8	8	16	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraguay	20	230	190	20	20	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	360	-	-	3160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecuador	250	-	20	54	120	-	24	2	-	72	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Dato no oficial de FAO.

- No hubo importaciones o exportaciones.

a/ Incluye todas las leguminosas definidas por FAO en Apéndice C. Ver Cuadro A-2.

b/ La primera cantidad representa las importaciones y la segunda las exportaciones.

FUENTE: FAO, Anuarios de Comercio, Vol. 19, 1965, Roma 1966, Cuadro 53.
Vol. 21, 1967, Roma 1968, Cuadro 54.
Vol. 22, 1973, Roma 1974, Cuadro 59.

4. Producción de frijol seco en América Latina por países productores, 1961-1975 (Según diferentes fuentes de información)^a.

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
	----- 1000 toneladas -----														
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2290	2148	2548	2420	2200	2211	2164	2688 ^b	2229	2238	2271
	n.d.	1710	1942	1951	2290	2148	2548	2420	2200	2211	2500	2347 ^b	2229	2338	2280
	1745	1709	1942	1951	2290	2148	2547	2420	2200	2211	2500	2494 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	858	1002	1008	1056	900	1000	1100	870	1008	896	1170
	n.d.	656	677	892	860	1013	899	874	806	925	828	809	1009	896	1202
	723	656	677 ^k	892	860	1013	899	857	835	925	828	809 ^l	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	24	33	29	38	30	27	23	32	40	59	58	n.d.	n.d.	n.d.
	24	33	29	38	30	27	23	32	40	59	58	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	74	93	90	65	47	65	72	83	65	75	74
	n.d.	74	64	64	59	69	90	65	47	66	72	81	65	75	74
	74	64	64	59	69	90	65	47	66	72	83	86 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	40	51	69	69	50	70	77	55	67	67	76
	n.d.	41	49	60	57	51	63 ^h	66	56	63	65	65	73	78	87
	33	33	42	52	50	44	46 ^h	66	56	63	63	62 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	40	35	38	48	48	46	50	50	50	51	62
	n.d.	48	44	42	40	35	38	35	50	43	58	59	58	78	87 ^b
	44	49	47	50	60	45	50	55	48	40	45	46	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	50	49	57	63	55	55	55 ^b	55 ^b	35 ^b	48 ^b	55
	n.d.	45	50	58	43	50	57	63	55	55	55 ^b	55 ^b	35 ^b	48 ^b	32
	38	45	50	58	43	50	57	63	55	55	55 ^m	50 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	39	42	44	45	42	44	45	34	40	41	52
	n.d.	36	40	45	49	53	55 ^k	56 ^k	55	53	54 ^c	43	47	40	51
	32	29	32	36	39	42	55 ^k	56 ^k	55 ^k	53	57 ^l	58 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	38 ^c	40 ^c	40 ^c	41 ^c	41	42	36	40	40	42	43 ^c	43 ^c	44 ^c	44 ^c
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17	16	17	21	26	30	34	27	38	34	37
	n.d.	23	18	16	21	19	22	24	26	30	35	27	37	34	37
	10 ^h	18	15 ^k	12	17	16	18	21	26	30 ^j	35	27	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	41	59	65	40	50	53	48	47	37	35	36
	n.d.	45	42	45	48	65	76	51	65	63	58	48 ^b	41 ^b	41 ^b	48 ^b
	40	37	39	41	37	57	65	40	50	52	48	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	42	47	50	59	54	55	43	35	29	33	42
	n.d.	35	38	37	37	40	42	37	34	33	35	30	25	13	38
	52 ^l	35	38	37	37	40	42	37	34	33	35	30	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	31	31	34	35	30	35	38	30	35	36	30
	n.d.	21	23	25	31	37	38	28 ^l	35 ^c	46 ^l	30	26 ^l	32	28	30
	21	21	23	25	31	37	38	35 ^l	38 ^{k-1}	46 ^l	45 ^l	49 ^l	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	36	30	34	31	33	35	26	32	34	33	30
	n.d.	18	19	24	19	23	18	17	35 ^k	32	26	32	34	36 ^b	38 ^b
	17	19	24	24	19	23	18	18 ^k	35 ^k	26	33	34 ^m	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	23	29	23	20	26	25 ^b	26	30	20	35	28
	n.d.	20	21	25	25	31	25	22	28	25 ^b	28 ^b	30 ^b	20 ^b	36 ^b	29 ^b
	19	19	19	23	23	30	23	20	26	25	30	30	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	34 ^b	30 ^b	27 ^b	25 ^b	23 ^b	22 ^b	22 ^b	21 ^b	22 ^c	23 ^c	23 ^c	24 ^c	24 ^c	23 ^d
	34	30	30	27	25	23	22	22	21 ^l	22 ^l	23 ^l	23 ^l	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14	14	14	14	14	14	17	18	20	21	20
	n.d.	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4 ^c	4 ^b	4 ^b
	13	13	14	14	14	14	14	14	14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14	7	4	6	5	8	10	9	5	14	10
	n.d.	16 ^h	16	17 ^h	23	17	15	17	10	10	7	10	11	20	20
	19 ^h	20 ^h	16	16 ^h	22	19	19	17	n.d.	9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Cuadro A-4. (Continuación)

n.d.: información no disponible.

- a/ Aparecen tres datos de producción. El primero corresponde a FAO; el segundo a USDA-ERS y el tercero a OEA.
- b/ Información no oficial (FAO).
- c/ Estimación de FAO.
- d/ Estimado en base a FAO.
- e/ Los datos corresponden a años emergentes que deben interpretarse así: 1964 = 1964/65.
- f/ Fríjoles secos cultivados con otros productos agrícolas.
- g/ Incluye Caraota.
- h/ Cifras extraoficiales según la fuente utilizada.
- i/ Censo Nacional Agropecuario del año indicado.
- j/ Dato del censo: 40066 t.
- k/ Cifras revisadas.
- l/ Estimaciones de OEA.
- m/ Estimaciones de OEA/IASI.

- A/ Información de OEA (no incluye Haití y Puerto Rico).
- B/ Generado en base a FAO (3) y (4) y datos de OEA (5) para Bolivia y Panamá.
- C/ Fueron generados usando información de USDA-ERS (1) y (2). Para los países que no había información disponible se usaron datos de FAO (3) y (4).
- D/ Son datos de FAO (3) y (4).

FUENTES:

- (1) USDA-ERS. Indices of Agricultural Production for the Western Hemisphere-Excluding the United States and Cuba. 1965 through 1974. Statistical Bulletin 540, Washington, D.C., May 1975.
- (2) USDA-ERS. Statistical Bulletin 552, Washington, D.C., May 1976.
- (3) FAO. Anuario de Producción. Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadro 32. Vol.28-1, 1974, Roma 1975, Cuadro 32.
- (4) FAO. Boletín Mensual de Economía y Estadística Agrícolas. Vol.25, No.6, Roma 1976, Cuadro 2.
- (5) OEA. América en Cifras, 1970. Situación Económica: I. Agricultura, Ganadería, Selvicultura, Caza y Pesca. Washington, D.C., Febrero 1970, Cuadro 312-17.
América en Cifras, 1972. Washington, D.C., Febrero 1972, Cuadro 312-17.
América en Cifras, 1974. Washington, D.C., Mayo 1974, Cuadro 312-17.

R e g i ó n

Año	Europa	URSS	URSS* Europa	U.S.A. y Canadá	México América C., e I. Caribes	América del Sur	Asia	Africa	Oceanía
----- 1000 toneladas -----									
1960	-421.2	-7.5	(n.d.)	145.3	-82.0	10.3	132.5	212.0	7.7
1961	-208.8	-6.4	(n.d.)	51.4	-93.0	a	36.3	153.0	-9.0
1962	-345.0	13.2	40.0	177.1	-59.8	3.0	3.7	213.6	5.7
1963	-478.0	1.7	26.6	266.0	-56.8	1.2	22.8	282.5	12.8
1964	-470.6	18.5	47.2	183.7	-78.6	-16.1	-16.6	336.4	10.4
1965	-856.0	526.4	526.8	223.0	-56.5	-2.7	63.9	331.8	10.6
1966	-832.0	433.5	402.8	313.8	-15.3	-24.1	35.8	217.2	7.3
1967	-478.0	76.5	185.7	245.5	-31.6	-37.4	-31.5	167.3	3.5
1968	-617.0	138.4	203.0	233.2	-21.4	-15.4	0.6	276.5	5.5
1969	-889.8	421.6	421.3	273.2	-56.3	-7.5	-22.7	284.4	11.8
1970	-641.2	65.3	103.1	269.6	-114.9	-27.6	-81.8	306.2	20.4
1971	-561.1	149.5	220.2	213.0	-101.4	-12.0	16.5	191.9	27.0
1972	-769.9	55.3	92.0	286.7	-43.6	-2.1	-11.8	327.2	16.6
1973	-776.5	46.8	86.6	343.4	-55.3	-4.2	71.5	325.0	28.2
1974	-513.5	57.7	75.9	143.8	-117.6	55.1	49.2	267.0	26.1
Promedio	-590.6	132.7	187.0 ^b	224.6	-65.6	-5.3	17.9	259.5	12.0

* Incluye: URSS y los países europeos que tienen gobierno de planificación central.

n.d.: información no disponible. a/ Menos de 50 toneladas. b/ Promedio 1962-1974.

FUENTE:

FAO. Anuarios de Comercio. Vol.19, 1965. Roma 1966, Cuadro 53.
 Vol.21, 1967. Roma 1968, Cuadro 54.
 Vol.27, 1973. Roma 1974, Cuadro 58.
 Vol.28, 1974. Roma 1975, Cuadro 59.

Cuadro A-6. Producción, área y rendimiento de frijol seco de algunos países con altos rendimientos*
1961-1975.

País	61-63	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
U.S.A.	833 581 1433	911 564 1615	792 570 1389	751 610 1230	909 610 1490	696 501 1389	791 576 1372	858 594 1443	789 570 1384	722 533 1356	822 567 1448	743 553 1343	923 624 1479	780 586 1332
Canadá	46 31 1510	42 29 1457	56 34 1663	60 38 1556	80 48 1671	39 35 1122	44 37 1119	53 36 1458	51 33 1523	79 46 1729	88 54 1620	79 54 1457	97 69 1391	91 60 1533
Holanda	7 3 2203	6 2 2245	9 3 2545	7 4 1933	8 4 2031	13 4 3106	5 3 1974	7 3 2219	11 4 2829	10 4 2508	5 5 1037	12 5 2618	15 6 2658	14 6 2374
Turquía	136 113 1208	136 108 1259	142 113 1265	142 112 1263	138 113 1221	142 109 1302	137 109 1253	140 113 1239	140 102 1382	155 104 1487	161 108 1490	150 102 1468	145 100 1450	130 100 1300
Francia	77 75 954	89 82 1084	57 63 913	58 55 1050	67 49 1373	47 47 1011	57 43 1341	45 39 1152	52 40 1320	40 31 1292	30 23 1272	32 20 1599	26 22 1203	29 25 1169
Grecia	43 68 624	37 67 543	45 65 696	47 69 685	54 66 822	57 61 931	55 54 1022	53 53 989	55 53 1035	50 46 1099	40 40 998	48 42 1137	40 40 1000	44 39 1128
Italia	184 323 569	203 323 628	204 300 680	163 281 579	167 269 622	174 255 683	166 230 720	166 212 783	162 195 829	139 126 1102	117 96 1220	119 81 1468	112 75 1492	111 74 1509
Polonia	29 23 1250	27 23 1174	31 27 1148	50 36 1389	60 41 1463	49 32 1531	36 26 1385	33 23 1435	31 20 1550	37 24 1542	34 23 1478	30 19 1579	13 10 1300	12 10 1206
España	129 100 1295	138 98 1412	120 99 1214	118 99 1194	124 102 1214	118 93 1273	113 91 1248	116 92 1265	116 92 1263	120 112 1071	124 117 1060	123 114 1079	113 173 653	117 166 705
Bélgica	1 b 2444	1 b 2756	1 b 3153	1 1 1840	1 1 1933	2 1 3187	1 1 2182	1 1 2125	1 1 2560	2 1 2689	2 1 2301	3 1 2490	3 ^d 1 ^d 2545	n.d. n.d. n.d.
Alemania Occidental	1 1 1008	1 1 937	1 1 918	1 b 1429	b b 1017	1 ^d b 1408	b b 1095	b b 1461	b b 1309	1 ^c b 1434	1 ^d b 1104	1 ^d b 1601	b b 1607	n.d. n.d. n.d.
Austria	1 1 1736	1 b 1798	1 b 1897	1 1 1837	1 b 1875	1 b 2021	1 b 2121	b b 1986	b b 2063	b b 1973	1 b 2210	1 b 2246	1 ^d b 2192	n.d. n.d. n.d.
Suiza	2 1 1534	2 2 1497	1 1 1000	2 1 1700	2 1 2100	2 1 1400	3 1 1800	1 1 1386	3 2 1933	3 2 1667	3 2 2000	2 1 1474	2 ^d 1 1607	n.d. n.d. n.d.
U.R.S.S.	62 67 929	60 80 750	70 70 1000	73 56 1304	75 48 1563	77 45 1711	62 35 1771	64 32 2009	74 40 1850	70 38 1842	70 40 1750	97 35 2771	86 36 2389	n.d. n.d. n.d.
Japón	247 216 1144	274 217 1261	163 213 766	242 201 1208	174 214 811	263 192 1370	319 169 1293	195 156 1255	233 164 1421	167 162 1031	252 161 1565	222 146 1517	201 137 1467	156 120 1282
Egipto	5 3 1695	3 2 1429	10 6 1701	8 5 1732	7 5 1515	6 4 1587	8 5 1732	9 5 1948	10 5 1831	12 6 2040	13 6 2063	15 7 2273	15 7 2164	n.d. n.d. n.d.

n.d.: Información no disponible.

a/ Aparecen tres datos: el primero representa la producción total (1000 ton.); el segundo, el área (1000 hectáreas); y el tercero, los rendimientos promedios (kgs/ha).

b/ Menos de 0.5 unidades. c/ Información no oficial de FAO. d/ Estimaciones de FAO.

FUENTES:

FAO. Anuarios de Producción. Vol. 27, 1973, Roma 1974, Cuadro 32.
Vol. 28-1, 1974, Roma 1975, Cuadro 32.

FAO. Boletín Mensual de Economía y Estadística Agrícola. Vol. 25, No. 6, Roma 1976, Cuadro 7.

País	1962-1975														
	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
	----- 1000 hectáreas -----														
Brasil	2716	2882	3131	3273	3325	3651	3663	3633	3485	3743	3650 ^b	3815	4163	4046	
México	1674	1711	2091	2117	2240	1894	1874	1733	1747	1781	1576	1870	1329	1500 ^b	
Argentina	23	28	30	37	28	29	38	57	41	61	62	79	108	141	
Chile	75	71	64	58	65	68	53	44	57	70	79	68	74	68	
Cuatemala	64	75	92	88	78	81	101	85	96 ^b	100 ^b	100 ^b	101 ^a	101 ^a	103 ^a	
Colombia	87	75	76	76	64	69	115	102	88	97	97	94	111	115 ^a	
Honduras	71	77	87	63	72	79	85	73	73 ^a	75 ^a	60 ^a	80 ^a	67	85 ^a	
Nicaragua	48	48	55	59	63	66	67	66	64 ^b	64 ^b	61	64	52 ^a	59 ^a	
Haití	38 ^b	39 ^b	40 ^b	40 ^b	40 ^b	41 ^b	40 ^b	40 ^b	41 ^b	41 ^b	41 ^b	41 ^b	41 ^b	41 ^b	
El Salvador	37	31	24	27	30	32	34	33	36	39	40	45	51	52	
Perú	47	45	46	54	75	85	66	81	77	72	65 ^b	62 ^a	56 ^a	57 ^a	
Venezuela	68	81	87	88	91	93	101	104	91	96	83 ^b	67	81	89	
Ecuador	44	45	57	55	82	79	60 ^b	70 ^b	82	67	62	66	66	60	
Paraguay	22	25	32	32	32	30	27	54	50	46	47	43	44 ^b	48 ^b	
República Dominicana	30 ^b	30 ^b	36 ^b	35 ^b	44 ^b	34	28	28 ^b	33 ^b	33 ^b	31 ^a	21 ^a	42 ^a	33 ^a	
Cuba	40 ^a	40 ^b	40 ^b	35 ^b	35 ^b	21 ^a	32 ^a	26 ^d							
Bolivia	6 ^b	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9 ^a	9 ^b	9 ^c	
Costa Rica	44	44	47	58	43	37	43	25	24	18	12	27	24	23	
Panamá	26	25	20	15	22	21	18	17	17	18	12	10	12	11 ^c	
Uruguay	6 ^b	6 ^b	6 ^b	6 ^b	3	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^c					
Puerto Rico	6	5	4	4	4	4	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^b	4 ^c	
América Latina	5171	5492	6073	6226	6444	6440	6464	6295	6154	6472	6041	6591^d	6471^d	6579^d	

a/ Datos no oficiales de FAO.

b/ Estimaciones de FAO.

c/ Estimaciones en base a los últimos años.

d/ Estimación en base a FAO (1) y (2).

FUENTES:

(1) FAO. Anuario de Producción.

Vol.27, 1973, Roma 1974, Cuadro 32.

Vol.28-1, 1974, Roma 1975, Cuadro 32.

Cuadro A-8. Sao Paulo, Brasil: Area en frijol, rendimiento y precios, 1950-1976.

Año	Area (1000 has)	Rendimiento (kg/ha)	Precio ¹ (SCr./Ton)
1950	201	622	342
1951	191	639	376
1952	156	654	462
1953	239	619	667
1954	313	386	332
1955	278	316	722
1956	238	428	781
1957	315	476	639
1958	360	417	382
1959	261	444	976
1960	448	437	886
1961	356	390	531
1962	358	324	1203
1963	387	416	743
1964	386	383	503
1965	330	573	459
1966	322	466	817
1967	370	438	468
1968	255	520	471
1969	235	336	936
1970	285	491	657
1971	259	533	670
1972	250	492	732
1973	270	496	1684
1974	290	452	1043
1975	231	471	1185
1976	240	583	1576

1/ A precios constantes de 1969.

FUENTES:

- (1) Instituto de Economía Agrícola, Prognóstico 76-77, Região Centro-Sul, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, São Paulo, (outubro de 1976), p.67-69.
- (2) E. Missiaen and S.O. Ruff, Agricultural Development in Brazil, A Case Study of São Paulo, Foreign Agricultural Research Report No. 100, ERS-USAID, June 1975, p.72-75.

Cuadro A-9. Producción, área y rendimientos de fríjol en Colombia, 1973-1975.

Año	Clase	Producción (Toneladas)	Area (Hectáreas)	Rendimiento (kg/ha)
1973	Común	47.800	78.500	609
	Caraota	<u>9.100</u>	<u>8.500</u>	<u>1.071</u>
	Total	56.900	87.000	654 ^a
1974	Común	51.500	80.000	645
	Caraota	<u>15.600</u>	<u>10.700</u>	<u>1.458</u>
	Total	67.100	90.700	739.8 ^a
1975	Común	62.400	96.000	650
	Caraota	<u>27.500</u>	<u>24.700</u>	<u>1.113</u>
	Total	89.900	120.700	744.8 ^a

a/ Se estimó dividiendo la producción total por el área total sembrada.

FUENTES:

- (1) Ministerio de Agricultura, Programas Agrícolas 1974. Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Diciembre 1974, p.162.
- (2) Ministerio de Agricultura, Programas Agrícolas 1975. Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Diciembre 1975, p.129.
- (3) Ministerio de Agricultura, Programas Agrícolas 1976. Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Colombia, Diciembre 1976, p.98, 103.

8256
PROGRAMA DE FRIJOL - CIAT 1976

Por P. H. Graham

Líder del Programa y Microbiólogo

Problemas de la Producción de Frijol en América Latina

La producción de frijol en América Latina cubre un amplio rango de condiciones agropecuarias y prácticas culturales. En países tales como Argentina y Chile donde el frijol es sembrado bajo condiciones de irrigación y con insumos técnicos considerables, por ejemplo, fungicidas, insecticidas y fertilizantes, los rendimientos promedian 1000-1200 kg/ha. En cambio hay áreas tales como el Huila en Colombia donde la producción se centra en pequeñas fincas, donde los fertilizantes, fungicidas y otros insumos no son utilizados o no se encuentran disponibles; y donde el cultivo es sembrado frecuentemente en áreas de baja fertilidad y onduladas a menudo en asociación con maíz. Ahí el rendimiento muchas veces no alcanza los 600 kg/ha. Dado que el rendimiento regional promedio es de solo 620-650 kg/ha es razonable asumir que el sistema agrícola último es predominante y que esto se quedará así a menos que se puedan alcanzar mayores aumentos en el rendimiento. Tal como lo ha señalado el Dr. Sanders, el frijol en este momento no es competitivo con soya, caña de azúcar y algodón, a pesar que en muchas áreas están sujetos a movimientos marcados dentro y fuera del mercado a medida que cambia el precio.

Cuales son los problemas de la producción de frijol y cual es el potencial del cultivo? Entre varias razones adelantadas para explicar los bajos rendimientos actuales, la más común es la ayuda insuficiente e inconsistente a la investigación. Actualmente hay menos de 200 científicos de frijol en América Latina,

muchos de ellos están dedicados a más de un cultivo. Pocos países han mantenido programas de frijol a niveles relativamente altos y en la mayoría de ellos se hace énfasis en una forma extremadamente limitada, principalmente agrónomos y patólogos.

Talvez el factor limitante del rendimiento más importante es la enfermedad de las plantas. Como lo muestra la Tabla 1, el virus del mosaico común, roya, antracnosis y mancha angular son enfermedades importantes en la mayor parte de América Latina y pueden causar pérdidas devastadoras debido a ellas. Esta situación se complica por frecuente calidad inadecuada de semilla. Aún en Brasil la semilla certificada constituye solo el 1-3% de la semilla sembrada; es virtualmente inobtenible entre los pequeños agricultores. Esta situación es ideal para los diversos patógenos incluyendo antracnosis y virus del mosaico común los cuales son transmitidos por la semilla, y los cuales pueden reducir la emergencia en áreas de Colombia a menos de 18% (Informe Anual CIAT, 1975). Los insectos también pueden limitar la producción de semillas.

En el lado más optimista se pueden observar rendimientos extremadamente altos en experimentos obtenidos en CIAT y otras granjas experimentales y esperar que puedan ser extendidos a los campos del agricultor. Por lo tanto en CIAT y bajo condiciones controladas se han obtenido rendimientos hasta de 4.5 ton/ha con frijol arbustivo y rendimientos de 3.0 toneladas no son raros. Se ha obtenido un rendimiento tan alto como 6 ton/ha en frijol trepador. Que se necesita para transferir tales resultados al agricultor donde el control de enfermedades es un factor limitante?

Tabla 1. Enfermedades principales de *Phaseolus vulgaris* en América Latina y su importancia por país.

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

+ La enfermedad reviste gran importancia

- La enfermedad no es de gran importancia

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

Objetivos del Programa de Frijol del CIAT

El programa de frijol en CIAT tiene un objetivo principal, el de aumentar el rendimiento y productividad de frijol común a través de America Latina. Esperamos llegar a esta meta a través de mejoramiento técnico y varietal como parte de nuestro programa de experimentos; a través de adiestramiento y apoyo de científicos que trabajen en programas nacionales de frijol; y a través del establecimiento de vínculos colaborativos con programas nacionales y laboratorios desarrollados.

Dadas las limitaciones de crédito y extensión que afrontan los pequeños agricultores, el programa tiene énfasis en mejoramientos a bajo costo. Por lo tanto, se tendrá mayor interés en el uso del germoplasma existente en el desarrollo de variedades en combinación con una serie de resistencias a enfermedades e insectos y en minimizar esta dependencia del cultivo a altos niveles de fósforo y nitrógeno.

Personal del Programa de Frijol del CIAT

En 1977 el presupuesto para programas de investigación en CIAT suma un poco más de \$4.5 millones de los cuales el programa de frijol recibirá casi el 27%. Hemos tratado de estructurar el equipo para atacar los problemas anteriormente mencionados, dando un énfasis considerable a fitopatología y mejoramiento pero también para incluir aquellas disciplinas que no están disponibles en programas nacionales. El equipo por lo tanto incluye 12 científicos a nivel de Ph.D. con 24 asistentes de investigación o asociados. Los nombres de los científicos y sus funciones se mencionan en la Tabla 2.

Tabla 2. Científicos del equipo de frijol del CIAT - 1977

PETER GRAHAM	- Australiano	- Microbiologo, Líder del Equipo
AART SCHOONHOVEN	- Holandés	- Entomólogo
GUILLERMO GALVEZ	- Colombiano	- Virólogo
HOWARD SCHWARTZ	- EE. UU.	- Micologo
REINHARDT HOWELER	- Holandés	- Científico del Suelo
STEVEN R. TEMPLE	- EE. UU.	- Mejorador
SHREE P. SINGH	- Hindú	- Mejorador
DOUGLAS R. LAING	- Australiano	- Fisiólogo
OSWALDO VOYSEST	- Peruano	- Agrónomo
CHARLES FRANCIS	- EE. UU.	- Agrónomo
JOHN SANDERS	- EE. UU.	- Economista
ROBERT BURNS	- Peruano	- Banco de Germoplasma

Localidades para la Investigación del Programa de Frijol

El programa de frijol tiene programas experimentales en diversas localidades tanto dentro como fuera de Colombia y talvez con tan poco como un 50% del trabajo hecho aquí en la granja del CIAT. Estas localidades han sido escogidas por ser tan representativas como sea posible de áreas de crecimiento de frijol de América Latina.

CIAT Palmira, 1000 m.s.n.m., con una temperatura media de 24°C y lluvias promedias de 1000 mm, se utiliza para la mayoría de las actividades de mejoramiento del programa. Tambien es importante en aquellos casos donde se requiere control de un experimento o donde se hacen muestras repetidas a intervalos relativamente cortos. Tambien es un centro importante para investigaciones de patología, especialmente para mosaico común, roya y mancha bacterial.

La granja "Las Guacas" de la Secretaría de Agricultura de Popayán, localizada a 130 km al sur de Cali tambien es ampliamente utilizada. Los estudios enfatizados aquí son referentes a requerimientos de fósforo, fijación de nitrógeno, antracnosis, pudrición de raíz. La localización a 1700 m.s.n.m. es 6°C más fría que CIAT y tiene una precipitación promedio de 1600 mm. Debido a eso es ampliamente utilizada para determinar la respuesta de adaptación de materiales originalmente ensayados en CIAT.

La EEA de ICA en Obonuco, cerca a Pasto, será utilizada para trabajos del programa de frijol a comenzarse en octubre de 1977. De nuevo esta es una elevación alta (2600 m) y el trabajo se concentrará en problemas patológicos, antracnosis y asociación de maíz-frijol.

Lugares adicionales para la investigación del programa de frijol son Loboquerrero (localidad seca utilizada para producción de semilla limpia); Restrepo (localidad en medio de las montañas apropiada para estudios de adopción de tecnología con pequeños agricultores); Montería (localidad cálida y húmeda para estudios de mustia hilachosa y adaptación a temperaturas) y Boliche (Ecuador (localidad de tierra baja utilizando niveles solares para la evaluación de germoplasma y estudios de adaptación). Otras localidades no colombianas serán discutidas en la sección sobre colaboración.

Actividades de Investigación del Programa de Frijol

En presentaciones sucesivas Uds. oirán de los científicos individuales sobre sus programas de investigación y actividades en CIAT. No quiero duplicar su información, pero sí mostrar como todas las actividades obran conjuntamente en pos de una meta común.

Talvez es una mala interpretación el llamar al programa de frijol solo una facilidad de germoplasma, pero esto es básicamente lo que somos. Nos diferenciamos de la mayoría de las facilidades de germoplasma por dos áreas principales. Primero, y por virtud de las diversas disciplinas representadas en el programa, es posible seleccionar nuestro germoplasma exhaustivamente e identificar dentro de él fuentes de todos los genes que muy probablemente tengan importancia en el mejoramiento de rendimientos de frijol y estabilidad de rendimiento. Segundo, podemos, a través de nuestro programa de mejoramiento, entregar germoplasma a un grupo nacional a una etapa proporcional con su habilidad para manejarlo. Por lo tanto, el germoplasma puede ser pasado como una fuente de resistencia a enfermedades a un programa nacio

nal con una capacidad mayor de mejoramiento; como un material híbrido cruzada su fuente de resistencia a variedades importantes nacionales; o donde el programa nacional es muy limitado, como un material F_4 o F_5 ya seleccionado y evaluado, pero necesitando validación a nivel nacional. Nuestras otras funciones investigativas, como serán evidentes en secciones sucesivas, son a) proporcionar un mejor entendimiento de la planta de frijol, b) desarrollar prácticas culturales mejoradas para la producción de frijol y c) actuar como un intermediario entre programas nacionales o entre tales programas y laboratorios específicos de investigación en otras áreas.

1. Colección y evaluación de germoplasma

La colección de CIAT de especies de Phaseolus está reconocida por el IBPGR del TAC como la mayor posesión de germoplasma de frijol del mundo. Mientras que los números constantemente están cambiando, el banco actualmente posee más de 14.000 cultivares derivados de todas las áreas de crecimiento de frijol del mundo. Materiales primitivos de América Central así como otras especies de Phaseolus también están incluidas. Todos los materiales son conservados en potes plásticos sellados a temperaturas bajas con chequeos frecuentes para asegurar viabilidad. Actualmente tienen que ser sembrados a intervalos de 4-6 años para asegurar el mantenimiento de la línea.

Cada adquisición, a su recibo, es evaluada para más de 50 atributos, tal como se muestra en la Tabla 3. Estos cubren un rango de atributos morfológicos y fisiológicos (hábito de crecimiento, color de semilla, reacción al fotoperiodo, tiempo a madurez, etc.) así como resistencia o tolerancia a un amplio rango de patógenos y pestes de insectos. Una lista de algunas de las fuentes de resistencia identificadas hasta el momento se muestra

en la Tabla 4. Los datos de cada una de las entradas del germoplasma son conservados en una cinta del computador con la facilidad de seleccionar el banco de germoplasma para cualquier combinación de caracteres deseados. Más de 800 adquisiciones, consideradas particularmente promisorias, han sido evaluadas completamente y se ha publicado un catálogo para guía de los mejoradores.

Más de 11.000 adquisiciones han sido entregadas a programas nacionales en otros países desde 1973.

2. Mejoramiento

Las actividades de mejoramiento del programa han avanzado progresivamente desde 1973. Al comienzo, y mientras fueron identificadas fuentes de resistencia y rendimiento, se llevaron a cabo muy pocos cruces. A pesar que la tasa de cruzamientos aumentó marcadamente en 1975, muchos de los padres utilizados no fueron satisfactorios y a menudo se eliminaron los híbridos aún antes de ensayarlos. Sin embargo, este período sirvió para darnos énfasis en los potenciales y dificultades de nuestro programa de mejoramiento y nos permitió desarrollar estrategias y metodologías que probablemente maximicen nuestro impacto en mejoramiento de frijol. Por lo tanto, a 1976 no solo teníamos la capacidad de llevar a cabo más de 20.000 hibridaciones, con 150+ padres diferentes y aproximadamente 2000 combinaciones parentales diferentes, sino que habíamos desarrollado metodologías donde 4-5000 familias F_4 , ya resistentes a enfermedades específicas, podían ser entregadas a programas nacionales cada año.

Las actividades de mejoramiento en CIAT tienen tres ventajas principales:

Tabla 4. Relación de promisorios utilizados como fuentes de resistencia a:

MOSAICO COMUN	P714, P393, P323
ROYA	P568, P593, P699, P710, P717A, P569
EMPOASCA	P6, P231, P346, P478, P560, P680, P681, P682, P720, P722, P723, P281, P524, P420, G05141
BACTERIOSIS	P698, P684, P694, P567, P498, P662, P464, P252
ANTRACNOSIS	P685
MUSTIA HILACHOSA	P401, P393, P5, P715, P716, P725, P726, P566, P709, P691, P461
MANCHA ANGULAR	P713, P768
PUDRICIONES DE RAIZ	P646, P767, P766
MOSAICO DORADO	P5, P458, P474, P544, P566, P675, P709, P747, P761, P762, P763, P764, P769, P770

- a) El potencial de cruzamiento es enorme. Podemos completar en un día lo que científicos individuales podrían hacer en un año
- b) Tenemos la experiencia disciplinaria de coordinar los ensayos de generaciones tempranas por resistencia a enfermedades e insectos.
- c) Teniendo disponible potencial humano podemos llevar a cabo gigantescas operaciones de selección en el campo. Por ejemplo, en este momento hay más de 130,000 plantas F_2 en experimentación, cada una habiendo sido inculcada manualmente con por lo menos un organismo afectado.

Cuales son los problemas en mejoramiento de frijol?

- a) La mayor dificultad reside en la preferencia regional para frijoles de diferentes colores. Donde por ejemplo IRRI podía producir arroz IR 8 y obtener una amplia aceptación en Asia, nosotros debemos ayudar a producir frijol negro para Venezuela, uno rojo para Honduras, etc.
- b) La variedad de sistemas culturales y regímenes de madurez bajo los cuales se siembra el frijol. Debemos proveernos por ejemplo de un frijol arbustivo de 75 días en Guatemala y uno trepador de 280 días en Pasto, Colombia.
- c) La gran cantidad de enfermedades que atacan el frijol. Debemos establecer prioridades y eliminarlas progresivamente incorporando resistencia a nuestros materiales
- d) La unión entre semillas negras y alto rendimiento

Hemos decidido concentrarnos en un plazo corto en factores de resistencia a enfermedades, considerando el rendimiento solo al punto que todos los materiales producidos en CIAT deben rendir tan bien como los mejores cultivares negros, o sea aprox. 3 ton/ha. Planeáramos utilizar en nuestro programa de mejoramiento de enfermedades fuentes de resistencia de diferentes colores de semilla y concentrar nuestra selección de generaciones tempranas

para caracteres altamente hereditarios tales como resistencia a mosaico y roya, tolerancia a antracnosis y Empoasca. Las familias F_4 de diferentes colores de semilla podrían estar disponibles luego para selección y evaluación de rendimiento por científicos de programas nacionales. Es esquema es presentado gráficamente en la Figura 1. Observese que CIAT no planearía producir variedades de frijol finalizadas, a pesar que así lo haríamos si la oportunidad se presentara.

En el mejoramiento a plazo largo asumiríamos un significado mucho más grande. De nuevo, tendríamos que considerar semillas de diferentes colores, pero tendríamos que preocuparnos además de las diferencias en condiciones de crecimiento. Por lo tanto, necesitaríamos trabajar con tipos de plantas no solamente adaptadas a la agricultura comercial mecanizada sino también con determinadas plantas útiles para cortas temporadas y con frijoles asociados con maíz.

3. Estudios Agronómicos

Los estudios agronómicos se han concentrado en la evaluación de rendimiento de líneas de frijol arbustivas y trepadores y en asociación de maíz y frijol.

La evaluación de rendimiento de frijol arbustivo comenzó en 1974 con ensayos en CIAT, Montería, Popayán y Bolíche. Se han llevado a cabo tres tipos de ensayos de rendimiento:

- a. Ensayos de rendimiento preliminares. seleccionar gran cantidad de material en una sola localidad. Las parcelas son pequeñas y la replicación mínima, siendo el objetivo obtener alguna idea del potencial de rendimiento. De 780 líneas promisorias identificadas, se seleccionaron para rendimiento 126 en 1975 y 146 en 1976.

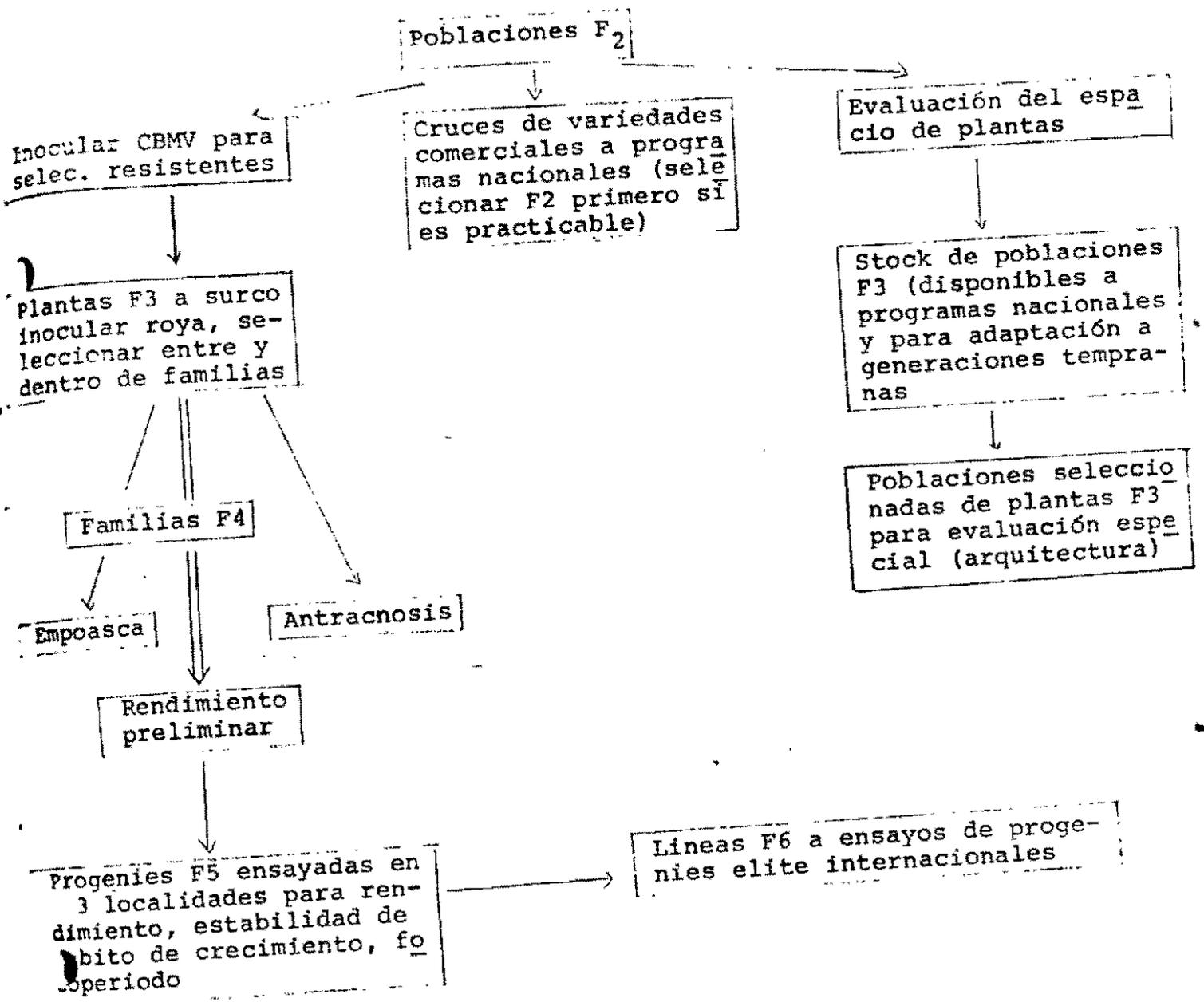


Figura 1. Selección masal progresiva utilizada por CIAT en el programa de mejoramiento.

- b. Ensayos de variedades uniformes. Seleccionar las mismas 40 variedades en diferentes localidades, tratando de identificar líneas con amplia adaptación. Cuatro de estos ensayos fueron sembrados en 1975 y 7 en 1976.
- c. Ensayos internacionales de rendimiento. Destinados como una actividad colaborativa en la cual se evalúan materiales promisorios de CIAT y otros programas nacionales en varias localidades. Normalmente se evalúan 25 variedades, 20 de ellas en todas las localidades siendo 5 variedades testigos locales. En 1976 se recibieron 128 solicitudes para este ensayo y ya se han despachado 76 envíos de este ensayo.

Se iniciará en 1977 un cuarto tipo de ensayo para materiales elite del programa de mejoramiento.

Solo en 1976 se inició una evaluación extensiva de rendimiento de frijol trepador, pero muchos materiales promisorios ya han sido identificados. La experimentación con densidades de planta de maíz y frijol y con diseño de siembra ha permitido rendimientos en CIAT de 2.1 toneladas de frijol seco y 4.93 toneladas de maíz en el mismo campo y tiempo.

4. Protección de plantas

Mientras que el énfasis de CIAT se hace en el uso de resistencia para aumentar los rendimientos de plantas, se ha hecho una investigación considerable de medios culturales y químicos para obtener un control de enfermedades y pestes.

La producción de semilla libre de enfermedades ha tenido una alta prioridad, siendo limpiados por ejemplo 442 materiales en 1976; 875 materiales multiplicados en el campo y producidas más de 4 toneladas de semilla limpia. La evaluación de la inci-

dencia de enfermedades transmisibles por la semilla fue un aspecto de la encuesta económica llevada a cabo en el Huila y Nariño en 1975. La semilla de los agricultores en estas áreas estaba contaminada casi en un 100% y tenía una germinación tan baja como el 18%. En contraste, en un área de Guatemala se introdujo semilla limpia en 1974 y los rendimientos se triplicaron.

Los estudios entomológicos tienen énfasis en el control cultural de Empoasca definiendo niveles de infección necesarios para causar pérdidas en rendimiento, evaluando prácticas culturales que probablemente limiten el desarrollo de pestes y combinando estas con un mínimo de control químico.

5. Microbiología y Ciencia del Suelo

Enfatizando de nuevo un bajo costo en la producción de frijol, estudios microbiológicos han examinado contribuciones de razas y varietales para fijación de nitrógeno simbiótica. Las diferencias varietales en la fijación han tenido gran significado con algunos cultivares teniendo 40 kg N/ha/ciclo de crecimiento. Esto ha sido correlacionado con el hábito de crecimiento de la planta y con el patrón de almacenamiento de carbohidratos en la planta. Se están llevando a cabo estudios para determinar si es posible un mejoramiento de fijación mejorada de nitrógeno.

El estudio de requerimientos de fósforo similarmente tienen que ver con la reducción del insumo de fertilizante requerido para este cultivo.

6. Economía

Para asegurar que las prioridades del programa establecidas en 1974-75 estaban cerca a las necesidades de la producción de frijol en América Latina, el grupo de economía ha estado llevando a cabo extensas encuestas de las cuatro áreas de crecimiento de frijol en Colombia. Estas prioridades del programa confirmadas a largo alcance, a pesar de creer que ciertas enfermedades eran relativamente insignificantes, fueron de mayor importancia en las áreas encuestadas. Como otro chequeo de mejoramientos técnicos generados por el programa, se llevarán a cabo en 1977 una serie de ensayos tecnológicos, los cuales serán evaluados por Economía.

7. Fisiología

Estudios detallados del crecimiento de los principales grupos de hábito de crecimiento, llevados a cabo por fisiología, han servido como base para identificar y eliminar factores limitantes del rendimiento, tanto en relación a enfermedades y a factores fisiológicos. Con la identificación de aborción de flores y vainas como una restricción en el rendimiento, se ha dado especial énfasis a tratamientos que modifiquen el balance de fuente y distribución. Varios de estos, incluyendo fertilización de CO_2 y extensión fotoperiódica del período de crecimiento, han resultado en un rendimiento marcadamente aumentado en variedades existentes y han señalado soluciones a límites actuales de rendimiento.

Investigación en Frijol en América Latina

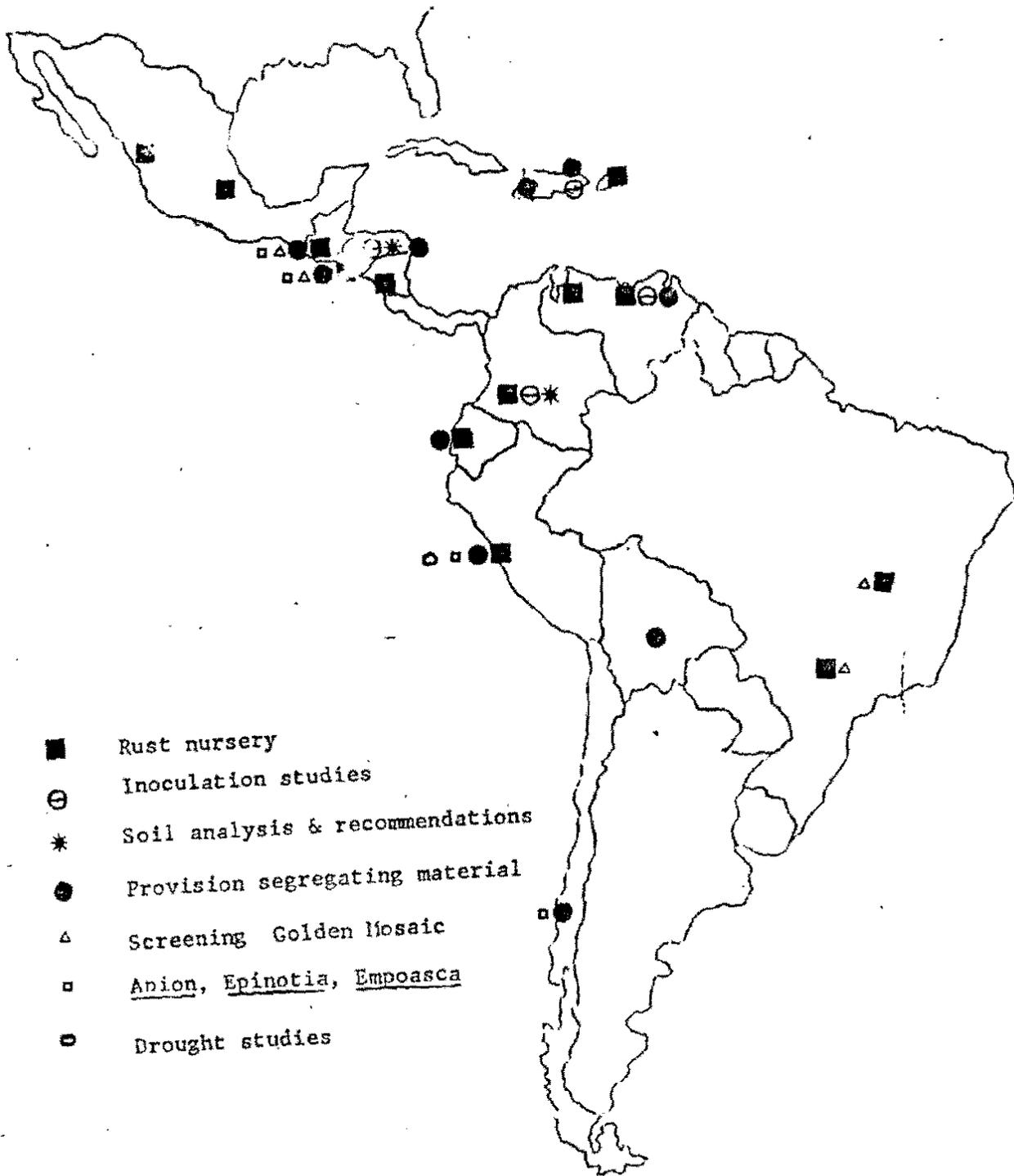
En 1976 se solicitó al Programa de Frijol coordinar una cadena de investigación en frijol en América Latina. Pensando que cada programa nacional presentaba una situación única a ser tratada diferentemente de acuerdo a grado de desarrollo, necesidades locales prioridades y un interés en colaborar con CIAT, los científicos del programa acordaron dividir la tarea de mantener contacto con sus contrapartes nacionales, aceptando cada científico una responsabilidad de colaboración con dos o tres países, tal como se muestra en la Figura 2.

El personal del CIAT visitó los programas nacionales e invitó a CIAT a líderes en la investigación del frijol de programas nacionales. Se aumentaron los servicios de adiestramiento y documentación proporcionando a 38 científicos graduados un adiestramiento orientado, y enviando tarjetas de documentación a 417 científicos en 43 países.

Más concretamente, CIAT pudo acélerar la asistencia técnica y el germoplasma a aquellos programas interesados. Se han suministrado detalles de envíos de germoplasma y ensayos internacionales de variedades. Otras actividades importantes se observan en la Figura 3. Se considera de particular importancia la decisión de apoyar los requerimientos de mejoramiento de programas nacionales. Más de 20 de los 155 padres en el bloque de cruzamientos fueron incluidos a pedido de programas nacionales y se han devuelto materiales segregantes a varios países.



COUNTRY RESPONSIBILITIES BEAN TEAM, 1976



- Rust nursery
- ⊖ Inoculation studies
- * Soil analysis & recommendations
- Provision segregating material
- △ Screening Golden Mosaic
- ◻ Anion, Epinotia, Empoasca
- Drought studies

LOCATION AND TYPE OF COLLABORATIVE ACTIVITIES UNDERTAKEN BY THE BEAN PROGRAM IN 1976.

8255

BOTANICA DE Phaseolus spp.

Robert Burns R.

POSICION TAXONOMICA

- Familia : Leguminosae
- sub-familia : Papilionatae
- género : Phaseolus;
- sp. : Numerosas de origen americano
- especies cultivadas : vulgaris, coccineus, acutifolius, lunatus
- silvestres relacionadas: ritensis, formosus, phyllanthus, polystachius, adenanthus, leucanthus, polyanthus, dumosus, obvallatus.

Descripción general:

Plantas anuales o perennes, arbustivas o trepadoras, regularmente pubescentes. Raíz principal claramente distinguible en los primeros estados de desarrollo y numerosas raíces secundarias y terciarias que en su mayor parte se localizan cerca de la superficie del suelo. En algunos casos constituyen verdaderos órganos de reserva. También presentan raíces adventicias que nacen de la parte inferior del hipocotilo. Como en otras leguminosas, presentan nódulos bacterianos, generalmente esféricos en número y distribución variable.

Tallos herbáceos mas o menos verticales ó enrollados helicoidalmente cuanto están sobre tutores naturales o artificiales. Aristados y de sección cuadrangular o cilíndrica. A menudo pigmentados, de altura muy variable, llegando a sobre pasar los dos metros. El diámetro de los tallos es pequeño, aunque puede ser mayor en las perennes. Nudos y entrenudos en número y longitud variables, siendo menor en los arbusitivos que en los trepadores. Presentan ramificación alterna secundaria y a veces terciaria.

El hábito de crecimiento, de considerable importancia agronómica se divide para fines prácticos en la forma siguiente:

1.- Arbustivo o determinado, de porte bajo, cuyo crecimiento se detiene con la formación de una inflorescencia terminal en el tallo principal.

2.- Arbustivo indeterminado, poco ramificado de guía corta; continúa desarrollando luego de la floración.

3.- Postrado, de guía larga y numerosas ramas laterales. No tiene aptitud para envolverse y subir sobre tutores.

4.- Trepador, indeterminado que sube bien sobre tutores.

Hojas pinnatitripladas a excepción de los dos primeros pares que son simples. Son generalmente subglabras, con estípulas estriadas y estípelas: dos en la base de los folíolos inferiores y dos en el folíolo central. Los primeros son asimétricos y sentados y el central peciolado y simétrico. El pecíolo acanalado en su parte superior presenta en su base un pulvino engrosado. Los folíolos ligeramente pubescentes tienen diversas formas siendo más frecuentes las ovales auminadas, su coloración es también diversa.

Inflorescencias racimosas axilares o terminales más o menos largas que las hojas. El número de flores por racimo variable-generalmente hay dos flores pediceladas en cada nudo. Las flores amariposadas pueden ser blancas, rosadas, rojas ó más frecuentemente de distintos tonos de morados. Presentan bracteas y bracteolas más o menos conspicuas.

Las flores son pentameras con el cáliz gamosépalo excepto en los extremos en forma de dientes. Cinco pétalos forman la corola de simetría bilateral, el exterior más vistoso: estandarte; dos ovales: alas; y dos unidos en la parte inferior y enrollados en espiral: quilla o carena, formando un tubo que encierra al androceo y gineceo.

Los estambres son diez, nueve unidos y uno libre, de anteras redondeadas. El ovario, basal es un disco cilíndrico; estilo largo y delgado y el estigama subterminal o terminal en el interior del tubo constituido por los estambres. El fruto llamado vaina, es una cavidad alargada y cerrada mediante dos suturas: dorsal y ventral respectivamente. La última constituida por dos haces fibrosos sobre los que se implantan en forma alterna los óvulos. Los frutos son dehiscentes por enrollamiento de sus tejidos fibrosos aunque este carácter no se presenta en los cultivares modernos. De colores muy variados y conteniendo variado número de semillas.

La semilla típica de las leguminosas está constituida básicamente por el episperma o testa y el embrión. El endosperma es vetigial, constituyendo los órganos de reserva las hojas primarias del embrión o cotiledones.

El color de la testa es muy variado al igual que el tamaño y forma de la semilla. Sus partes son: testa, en la que existen las siguientes partes: hilio o cicatriz con la cual el grano o semilla permanecía unido mediante el fu-

nículo a la vaina; la carúncula o anillo del hilio, el estrófilo de forma variada y un pequeño orificio en la parte superior del hilio: la micrópila.

El embrión constituido por el eje embrionario o plántula que a su vez tiene las siguientes partes distinguibles: la radícula, el hipocotilo y el epicotilo y los cotiledones.

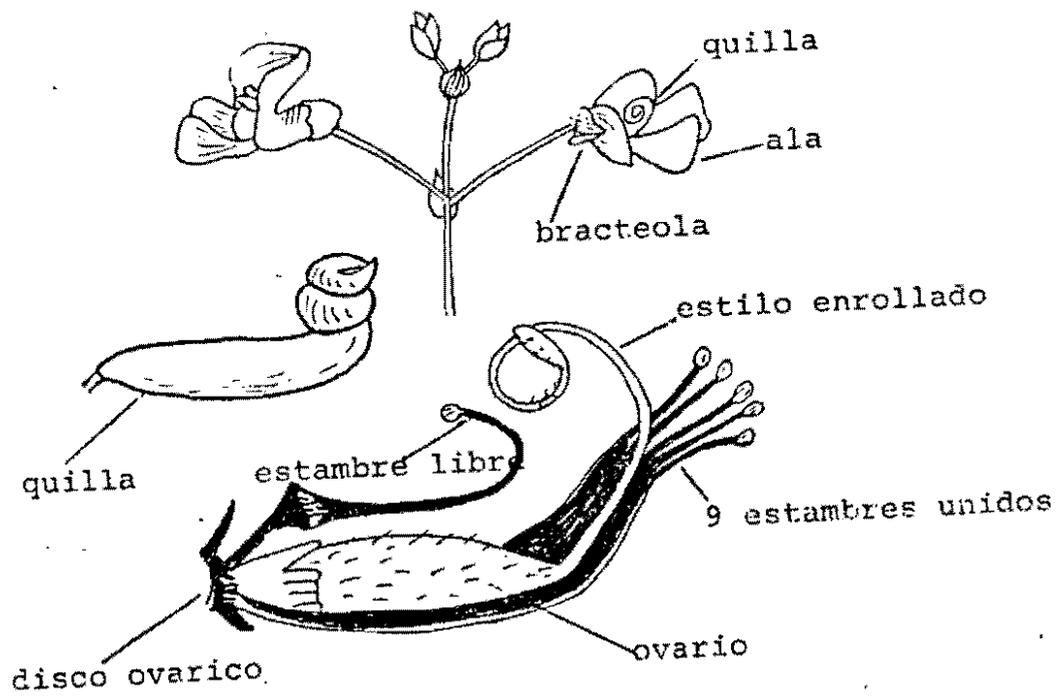
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- CHOPINET, R. et al (1950). Essai de classification et D'identification des principales varietes de haricots cultivees en France. Revue Horticole. Paris. 69 pp.
- 2.- DE FREITAS LEITAO FILHO, HERMOGENES (1971). Botánica do Feijoeiro. En Anais do I Simposio Brasileiro de Feijao. Campinas pp. 145-154.
- 3.- HENDRICKS, U.P. (1931). Beans of New York. In vegetables of New York. J.B. Lyon Co. Albany N.Y.
- 4.- IVANOV, N.R. (1928). Peculiarities in the formation of Phaseolus L. species in the old and the new world. Translated from Russian INSDOC. Delhi. 26 pp.
- 5.- JARVIS, C.D. (1908). American varieties of Beans. Vulletin 260. Cornell University. Ithaca, N.Y. 255 pp.
- 6.- LEON, J. (1968). Fundamentos botánicos de los cult vos tropicales. Ed. IICA. Lima. 487 pp.
- 7.- MATEO BOX, J.M. (1961). Leguminosas de grano. Salvat Ed. S.A. Barcelona. 550 pp.
- 8.- MIRANDA C., SALVADOR. (1959). Estudio Biosistemático para definir el fenómeno de infiltración genética entre Phaseolus coccineus L., y Phaseolus vulgaris L. Ined. Tesis Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 89 pp.
- 9.- MIRANDA C., SALVADOR. (1966). Mejoramiento del Frijol en México. Folleto miscelaneo No. 13. SAG - INIA. México 36 pp.
- 10.- DE OLIVEIRA, AUGUSTO J. (1943). Subsídios para o Estudo de algumas formas cultivadas de Feijao vulgar. Revista Agronómica. Lisboa, Vol. 31 43-75

- 11.- PUERTA ROMERO, José (1961). Variedades de Judías cultivadas en España. Monografías No. 11. Ministerio de Agricultura. Madrid 798 pp.
- 12.- PURSEGLOVE, J.W. (1968). Tropical Crops Dycotiledons 1. John Wiley and Sons. Inc. 332 pp.

A P E N D I C E

F L O R - Partes



ESTIGMA - FORMAS

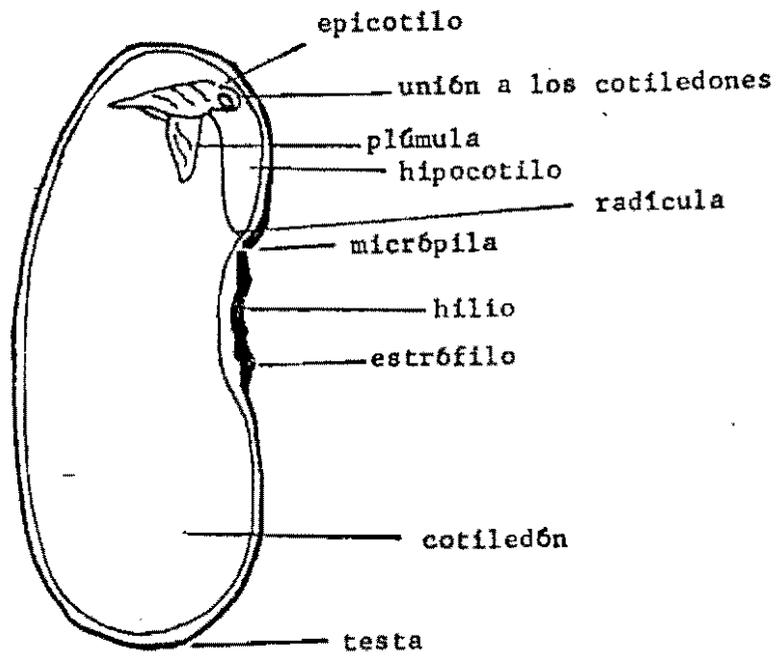
A - coccineus



B - vulgaris



SEMILLA 7 Partes



ESPECIES DE Phaseolus spp. CULTIVADAS Y SILVESTRES

Robert Burns

RELACIONES TAXONOMICAS

Género Phaseolus

Con aproximadamente 150 especies aunque probablemente muchas sean solo sinónimos.

Grupos:

- 1) Euphaseolus, de semillas grandes
- 2) Macroptilium, de semillas muy pequeñas (nuevo género)
- 3) Azukia, formas asiáticas de semilla pequeña (ahora dentro de Vigna spp)
- 4) Caracallae, flores semejantes a caracoles

Euphaseolus

número cromosómico 2n = 22

Especies cultivadas y silvestres

Cultivadas: vulgaris, coccineus, acutifolius, lunatus

Silvestres: polystachyus, dumosus, phyllantus, ritensis, formosus, flavescens, speciosus, adenanthus

Origen de las especies cultivadas

	<u>vulgaris</u>	<u>coccineus</u>	<u>acutifolius</u>	<u>lunatus</u>
Región geográfica	MEX - GUA COL-PER-ARG	México- Guatemala	México	México - Centro América
Evidencia arqueológica + antigua	7500 AC Perú	7500 AC México	5000 AC México	5300 AC Perú
Ecología	Templada-caliente 500-1500 m.	Frio-húmedo 1700-2400 m	Arido - Caliente 300-500 m.	Tropical y árido 200 - 1500 m.

Se ha indicado, aunque es poco probable, que han tenido un antecesor común P. macrolepis que supuestamente se encuentra en Guatemala.

Ejemplares creciendo en forma espontánea se han reportado de las cuatro especies cultivadas.

Características de los tipos primitivos

Ciclo vegetativo	:	Perennes y anuales tardíos
Hábito de crecimiento	:	Indeterminado, ramificación profusa
Dimensiones de los órganos:	:	reducido
Frutos	:	dehiscentes
Semillas	:	grisáceas moteadas de negro, testa casi impermeable

Posibilidades de Hibridación

La presencia de barreras de incompatibilidad es una regla general en el género Phaseolus. No se han encontrado anfidiplóides naturales. Los únicos híbridos interespecíficos realmente obtenidos son los de especies muy cercanas. El cruce entre P. vulgaris x P. ritensis es el único efectuado entre especies distantes dentro del mismo género mediante el cultivo de embriones. A pesar de la afinidad cromosómica solo híbridos intragenéricos se han obtenido y a menudo con grandes dificultades.

Cruces amplios entre Phaseolus y Vigna, por ejemplo, resultan muy irrealizables.

Algunos señalan las posibilidades de introgresión entre dos especies incompatibles mediante el uso de especies puentes relacionadas:

Ejemplos: (vulgaris x flavescens) X coccineus

(vulgaris x formosus) X coccineus

Otra posibilidad de obviar las dificultades en los cruces (incompatibilidades) utilizando poblaciones silvestres, debido a que es posible que estas barreras hayan surgido bajo la domesticación.

De varios reportes mencionando éxito en la hibridación interespecífica se puede concluir:

P. vulgaris (♀) x P. coccineus (♂) viable, el recíproco es remoto

P. vulgaris (♀) x P. acutifolius (♂) escasas posibilidades

P. vulgaris (♀) x P. lunatus (♂) sin éxito

P. acutifolius (♀) x P. coccineus (♂) sin éxito

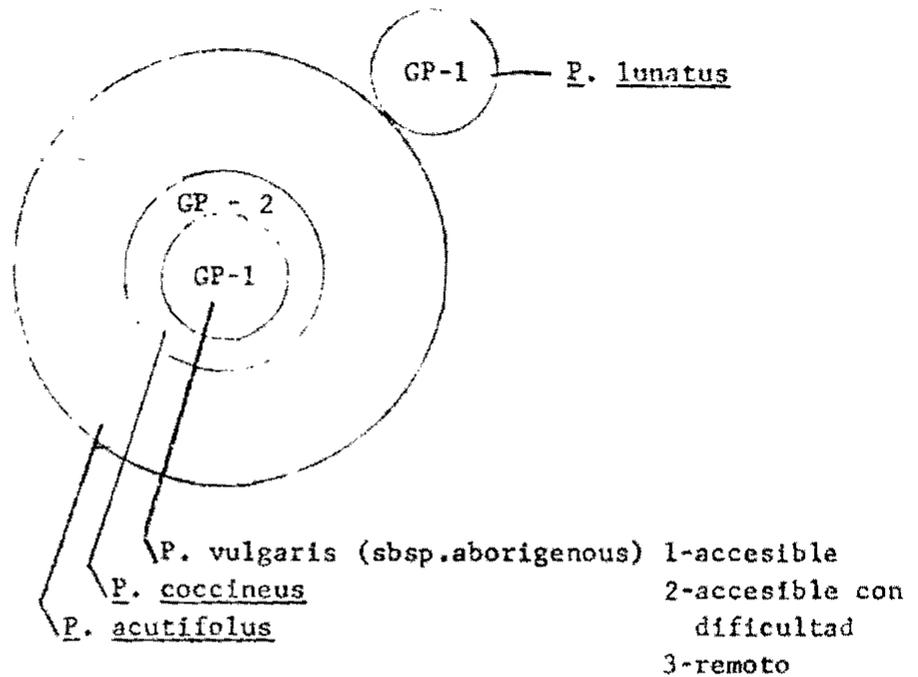
Esto confirmaría la existencia de P. coccineus var. darwinianus de características intermedias entre coccineus y vulgaris que se encuentra en México ("acalete") y en Colombia ("cacha").

Todas estas especies son autofértiles, aún cuando coccineus dependa de la visita de abejas para producir frutos, debido a que presenta estigma extrorso.

Las posibilidades de doblar el número cromosómico, luego de los cruces, para producir híbridos fértiles, parece que no ha sido suficientemente explorada.

Es cuestionable la puesta en práctica de proyectos de mejoramiento mediante cruzamientos interespecíficos, sin explorar las mas reales posibilidades del examen de colecciones con amplia variación genética.

Disponibilidad de Genes en Phaseolus spp.



Propuesta para una nueva clasificación

Pool de Genes 1

Phaseolus vulgaris L. (definición biológica de especie)
espontáneas : silvestres mexicanos, aborigenos
cultivadas : razas

Pool de Genes 2

La transferencia de genes es posible pero difícil

P. darwinianus

P. coccineus (formosus)

Pool de Genes 3

La transferencia de genes no es posible o requiere de técnicas radicales

P. acutifolius

P. ritensis

Separada claramente se ubicaría

P. lunatus

De todas formas, queda mucho por hacer para clasificar la taxonomía de este género.

BIBLIOGRAFIA

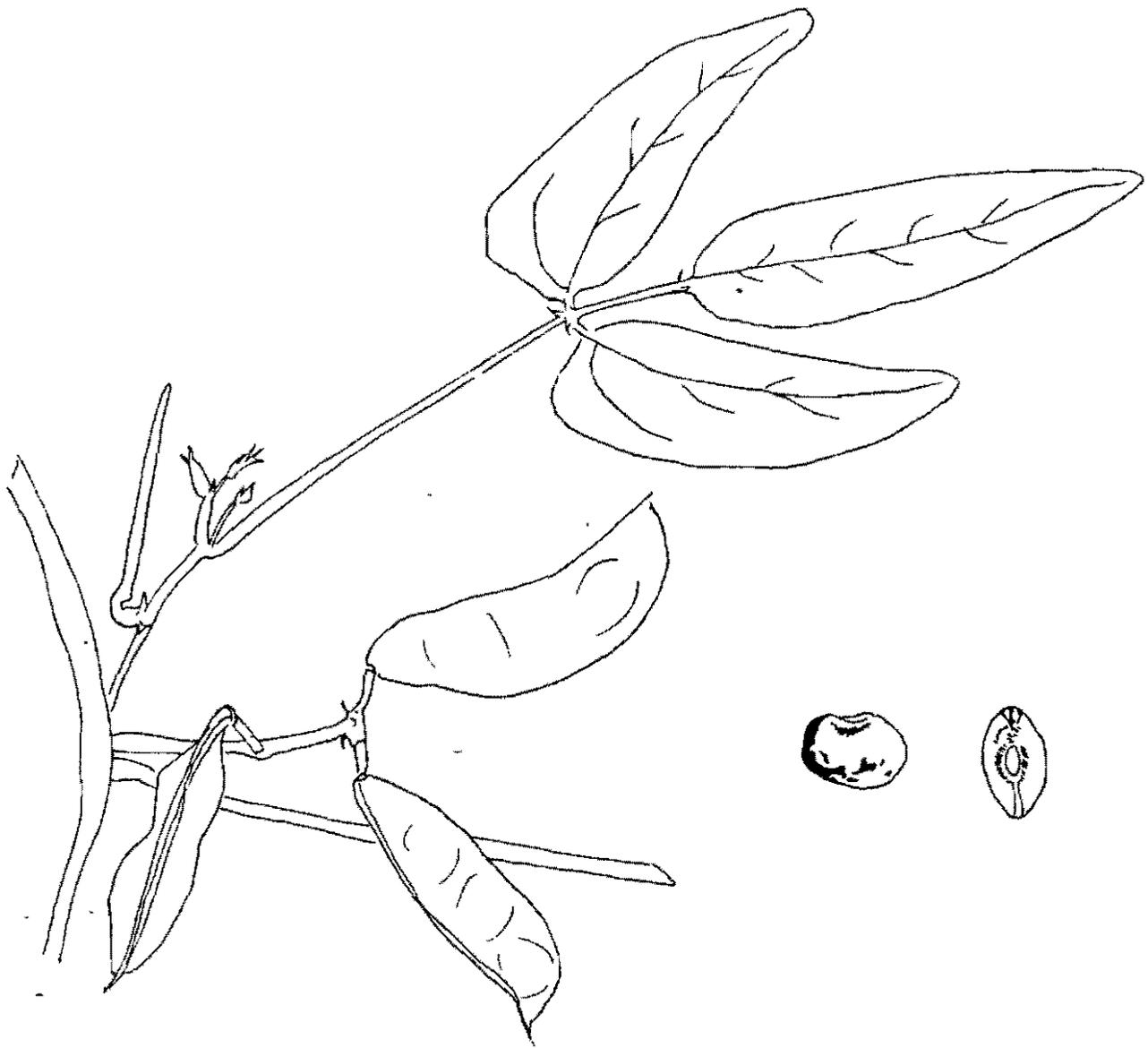
- 1.- BERGLUND-BRUCHER, O y H. BRUCHER (1974). Murutungo, eine semi-domestizierte wildbohne (Phaseolus flavescens Piper) aus den tropischen Gebirgen Sudamerikas. *Angew Botanik* 48: 209-220.
- 2.- BERGLUND-BRUCHER, O y H. BRUCHER (1976). The south American wild bean (Phaseolus aborigineus Burk.) as ancestor of the common bean. *Econ. Botany* 30: 257-272.
- 3.- BRAAK, J.P. y E. KOEHLER (1975). A successful cross between Phaseolus vulgaris L. and Phaseolus ritensis Jones with the aid of embryo culture. *Euphytica*. 24: 669-679.
- 4.- BUKASOV, S.M. (1931). Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Anotado por J. León. IICA-Lima. Publicación Miscelanea No. 20.
- 5.- CARDENAS, F. (1964). Importancia de las colecciones e introducciones en el mejoramiento del frijol. En *Mejoramiento del Frijol*. Pub. Misc. No. 22. PCCMCA. pp. 28-34.
- 6.- DERBYSHIRE, J.N. et al (1976). Seed proteins of Phaseolus and Vigna. *New Phytol.* 76: 283-288.
- 7.- EVANS, A.M. (1976). Beans. En *Evolution of crop plants*. Longman. 339pp.
- 8.- FELGER, R.S. y G.P. NABHAN (1976). Una aridez engañadora. *Ceres*, Marzo Abril: 34-39.
- 9.- HARLAND, J.R. (1976). *Crops and Man*. ASA 295pp.
- 10.- IVANOV, N.R. (1928). Peculiarities in the formation of Phaseolus L. species in the old and the new world. Transl. from Russian INSDOC, Delhi. 26pp
- 11.- KAPLAN, L. (1965). Archeology and domestication in American Phaseolus (Beans) *Economic Botany*, Vol. 19. No. 4: 358-368.

- 12.- KAPLAN, L. et al (1973). Early cultivated beans (Phaseolus vulgaris) from an intermontane peruvian valley. Science Vol 179: 76-77.
- 13.- MARECHAL, R. (1975). Studies in Phaseolinae. En Proceedings of IITA collaborators meeting on grain legume improvement. Nigeria 1975.
- 14.- MIRANDA, C.S. (1959), Estudio biosistemático para definir el fenómeno de introgresión genética entre P. coccineus L. y P. vulgaris L. Tesis Ingeniero Agrónomo. SAG-ENA, México 89pp. (ined.)
- 15.- MIRANDA C., S. (1966). Identificación de las especies mexicanas y cultivadas del género Phaseolus. Serie de Investigación No. 8. ENA-CP, Chapingo-México. 15pp.
- 16.- MIRANDA, C. S. (1968). Origen de Phaseolus vulgaris L. (Frijol común) Agronomía Tropical 18 (2): 191-205.
- 17.- PATIÑO, V.M. (1964). Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. 1a. ed. Tomo II plntas alimenticas. Cali.
- 18.- SMARTT, J. (1969). Evolution of American Phaseolus beans under domestication. En The Domestication and exploitation of plant and animals. Veko, P.J. and Dimbley, G.W. (eds.) London 581.pp.
- 19.- SMARTT, J. (1970). Interspecific hybridization between cultivated american species of the genus Phaseolus. Euphytica 19: 480-489
- 20.- SMARTT, J. (1976). Comparative evolution of pulse crops. Euphytica. 25: 139-143.
- 21.- YARNELL, S.H. (1965). Cytogenetics of the vegetable crops. IV legumes Botanical Review. 31: 250-330.
- 22.- ZUKOVSKIJ, P. M. (1950). Cultivated plantas and their wild relatives. Abridged translation. CAB. England 1962. 107pp.

APENDICE

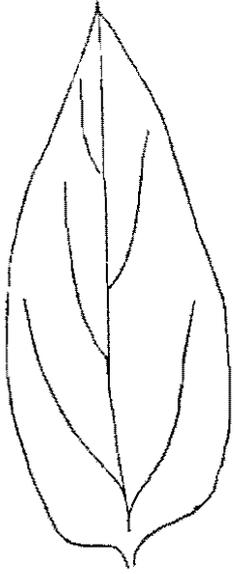
MORFOLOGIA COMPARATIVA DE LAS ESPECIES CULTIVADAS

	<u>vulgaris</u>	<u>coccineus</u>	<u>acutifolius</u>	<u>lunatus</u>
Germinación	Epigea	Hipogea	Epigea	Epigea
Hoja primaria	Cordada	Cordada	Truncada	Cordada
Tamaño hojas	Variable	Grande	Pequeño	Variable
Long. racimo	< que las hojas	> que las hojas	< que las hojas	< que las hojas
Hábito crecim.	Arbustivo- postrado	Arbustivo- postrado	Postrado	Arbustivo- postrado
Tamaño de tríceolas	Grande	Grande	Pequeño	Pequeño
Color de flor	Blanco, rosa morada -	Blanco, rojo morado	Blanco morado	Blanco morado
Color estandarte	Blanco, rosa morado	Blanco, rojo morado	Blanco morado	Blanco morado
Fibra en la vainá	Presente o ausente	Presente	Presente	Presente
Ancho en vaina	Variado	Grande	Pequeño	Grande
Largo en vaina	Variado	Grande	Pequeño	Pequeño
Tamaño semilla	Variado	Grande	Pequeño	Variado
Stría radiales del hilio	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes

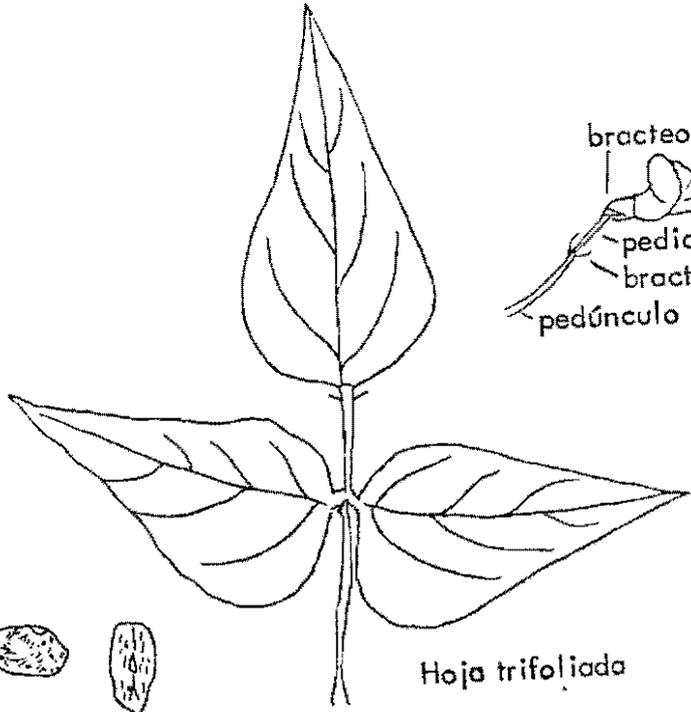


Phaseolus lunatus L.

Phaseolus acutifolius Asa Gray



Hoja primaria



Hoja trifoliada



Semilla

RECLASIFICACION EN EL GENERO Phaseolus spp.

(Verdeourt, 1970)

<u>NUEVA</u>	<u>ANTERIOR</u>
Vigna radiata	Phaseolus radiatus (= mungo)
Vigna angularis	Phaseolus angularis
Vigna umbellata	Phaseolus calcaratus
Vigna aconitifolius	Phaseolus aconitifolius
Vigna lasiocarpa	Phaseolus pilosus
Vigna longifolia	Phaseolus longifolius

(Hutchinson, 1964)

Macroptilium atropurpurens	Phaseolus purpurens
Macroptilium lathyroides	Phaseolus lathyroides
Macroptilium erythroloma	Phaseolus erythroloma

HIBRIDACION INTERESPECIFICA EN Phaseolus spp.

Consideraciones

- Genotipos parentales, compatibilidad diferencial
 - Condiciones en que se realizan los cruces:
 - ambiente frio-húmedo
 - sin mucha luz o sombra
 - adecuada ventilación
 - exclusión de vectores de polen
 - Como verificar los cruces, caracteres marcadores:
 - hipocotilo
 - posición de los cotiledones
 - largo del peciolo
 - color de flor
 - Causas de falla en cruces:
 - polen no germina en el estigma madre
 - polen no penetra en el estilo
 - polen incapaz de fertilizar
 - zigote no desarrolla o aborta el embrión
 - semilla no germina
 - Como reconocer la fertilidad del óvulo
 - no fertilizados son hialinos (translúcidos)
 - abortados, de color marrón
-

CRUZAMIENTOS INTERESPECIFICOS REPORTADOS

<u>Parentales</u>		<u>Ejecutor/año</u>		<u>Notas</u>
♀	♂			
acutifolius	x coccineus	Coyne	1964	F1 esteril, no RC
vulgaris	x acutifolius	Honma	1956	F1 cultivo de embriones F3 obtenida
vulgaris	x coccineus	Muchos		F1 variable, esterilidad parcial
vulgaris	x glabellus	Lorz	1957	F1 variable, esterilidad parcial
vulgaris	x lunatus	Honma y Heeckt	1959	F3 y retrocruces, tipos pro- genitores no recuperados
vulgaris	x polyanthus	Lorz	1957	F1 y RC alrededor de 50% fér- til, vigorosa
coccineus	x lunatus	Honma y Heeckt	1958	F1 incompatible, no RC F2 informada
coccineus	x polyanthus	Lorz	1968	F1 50% a 100% fértil
vulgaris	x ritensis	Braak y Koistra	1975	F1 cultivo de embriones

PROPUESTA PARA NUEVA CLASIFICACION (adaptado de Harlan, 1975)

Phaseolus spp.

POOL DE GENES 1

sp. Phaseolus vulgaris L.

subsp A- Razas espontáneas: silvestres mexicanos, aborigineus

subsp B- Razas cultivadas: arbustivos determinados
arbustivos indeterminados
postrados
trepadores

POOL DE GENES 2

sp. Phaseolus coccineus L.

subsp A- Espontáneas: formosus, dumosus, obvalatus,
polyanthus, flavescens

subsp B- Cultivadas: arbustivas
trepadoras

POOL DE GENES 3

sp. Phaseolus acutifolius A. Gray

subsp A- Espontáneas: ritensis

subsp B- cultivadas: postradas

GENE POOL 1

sp. Phaseolus lunatus L.

subsp. A- Espontáneas: polystachius, silvestres México,
Perú

subsp. B- cultivadas: determinadas
indeterminadas

FUENTES DE VARIABILIDAD GENÉTICA

R. BURNS F.

INTRODUCCION

Las fuerzas que determinan la variación en las plantas cultivadas se deben a factores naturales: mutaciones, poliploidía, hibridación, y a factores culturales, es decir, a la acción del hombre.

En caso de los Phaseolus, el factor más importante parece haber sido las mutaciones, ya que no se han encontrado poliploides naturales y solo se ha reportado el caso de introgresión entre vulgaris y coccineus en ciertas zonas montañosas de México en donde comparten similares medios ecológicos. Se ha sugerido así mismo una posible introgresión entre acutifolius y vulgaris que se encontraría en la costa Pacífica de México.

La intervención del hombre, seleccionando las variantes más útiles a sus necesidades es palpable si se comparan los ejemplares silvestres a los de actual cultivo y aún con los tipos que aún se observan en zonas de agricultura poco desarrolladas. Los cambios mas notorios pueden resumirse a lo siguiente:

	<u>silvestres</u>	<u>cultivadas</u>
Hábito de crecimiento	Indeterminado con numerosas ramas	Determinado, indeterminado poco ramificado
Tamaño de las partes vegetativas	Hojas pequeñas y tallos delgados	Hojas en menor # pero + grandes, tallos más gruesos
Cambios en partes rep.	Vainas y semillas pequeñas	Vainas y semillas más grandes
Permeabilidad semillas	Reducida	Aumentada
Cambios constitución vainas	Muy fibrosas	Sin fibra en variedades para consumo en verde

ambios en el ciclo de vida de la planta	Perennes o anuales	Anuales
respuestas fisiológicas. Reacción a fotoperíodo	Días cortos o neutrales	Neutrales sobre todo aquellas cultivadas en zonas templadas
abundancia	Común	Inexistencia

Centros de Variabilidad en Phaseolus spp.

Centros primarios de variabilidad

Los Phaseolus constituyen un claro ejemplo de especies que no tienen una zona geográfica específica en donde se concentre la variabilidad genética. Resacas arqueológicas distantes a más de 5000 Km. (México-Perú) y la presencia de formas silvestres desde Tucumán hasta el desierto de Arizona, así lo confirman. Los lugares en donde todavía se encuentra formas silvestres no es tan amplia actualmente y van siendo menores a medida que se van alternando los ambientes ecológicos. Algunos ejemplos en donde es factible hallar formas silvestres se dan a continuación:

Phaseolus vulgaris L. sub sp. aborigineus

- provincias de Salta y Tucumán en Argentina
- provincias de Cochabamba en Bolivia
- valles de Apurímac y Urubamba, Perú
- provincias de Pamplona, Colombia
- Caracas, Venezuela
- Tegucigalpa, Honduras

Phaseolus vulgaris L. silvestres mexicanos

localidades cercanas a Guerrero y Morelos en México.

Phaseolus coccineus L. y sub sp.

Zonas altas entre Guatemala y México
Cordillera central entre Ibarra-Ecuador y Mérida-Venezuela

Phaseolus lunatus L.

Cercanías de Chiapas, México
Cercanía de Abancay, Perú

Centros secundarios de variabilidad

Zonas en donde las migraciones han originado la aparición de nuevos genotipos en centros de cultura diferentes a los originales. Los siguientes son claros ejemplos de tales sucesos:

- Tipos prostrados tolerantes a sequía y suelos salinos de las costas áridas del Perú.
- Formas de grano esférica utilizadas en juegos de niños o para tostar de los valles interandinos entre Perú y Ecuador.
- Formas arbustivas de porte alto con órganos y granos sustancialmente más grandes, del Valle del Cauca en Colombia.
- Formas prostradas con notable capacidad compensatoria ante situaciones adversas, Honduras.
- Formas arbustivas indeterminadas con muchos nudos del este Mexicano, Veracruz.
- Cultivares determinados con muchos nudos de grano pequeño y blanco en los Valles de Michigan.
- Cultivares con reducida cantidad de fibra en las vainas y granos muy delgados, Francia.

- Tipos cerosos (WAX) observados por primera vez en China.

Variabilidad inducida

Provocada por el hombre generalmente en centros experimentales con programas de Fitomejoramiento ya sea mediante hibridaciones o mediante el empleo de agentes mutagénicos.

Como reunir una variabilidad genética?

Colección en los centros de variabilidad

Exploraciones dirigidas en forma sistemática para mejorar la diversidad de cultivos específicos y realizada por especialistas en tales cultivos. Deben coincidir con el tiempo en que maduren las semillas, lo cual está gobernado por el rango altitudinal o latitudinal. Generalmente la maduración coincide con las épocas secas.

Las formas silvestres deben colectarse en el momento y sitio preciso. Los cultivares primitivos, de otro lado, pueden encontrarse en mercados locales, lejos de los centros poblados.

Intercambios de materiales

Obtención de materiales solicitados por correspondencia, de otros centros que mantienen germoplasma. Es la transferencia ordenada de germoplasma a una nueva área.

Materiales derivados de programas de mejoramiento

Cuando se hace en forma ordenada ofrece la oportunidad de ir acumulando con factores favorables crecientes.

FACTIBILIDAD DE UTILIZACION DE LOS RECURSOS GENETICOS

Posibilidades de uso directo menor \longrightarrow mayor

Categorías de germoplasma sp. relacionadas \rightarrow formas silvestres \rightarrow cv. primitivos \rightarrow variedades modernas.

Consideraciones a tenerse en cuenta antes de usar formas silvestres relacionadas:

- que grado de urgencia hay para producir nuevas variedades?
- están disponibles las formas silvestres?
- qué dificultades ofrece el uso de silvestres?
- están interesados los fitomejoradores en usar silvestres?

Posibles usos de las silvestres:

- resistencia a plagas y enfermedades
- mayor adaptación
- mayor calidad nutritiva
- Cambio de forma de reproducción
- Aumento de compatibilidad en cruces.

- Resistencia a factores adversos
- Aumento de rendimiento
- Caracteres impredecibles

Uso de información climatológica en la transferencia de germoplasma ofrece grandes posibilidades para la resolución rápida de problemas el uso del concepto de paralelos climatológicos.

Ejemplo: introducción exitosa de lunstus peruanos en California
introduccion de variedades colombianas de frijol en Uganda.

CENTROS DE RECURSOS GENETICOS DE Phaseolus SPP.

Definiciones.-

Germoplasma, conjunto de plantas (semillas) organizadas ó no, que sirven como base para el mejoramiento de plantas o investigaciones relacionadas. Su principal característica es la de constituir un reservorio de genes que satisfacen las necesidades de los fitomejoradores. El rango de materiales puede ser estrecho o específico ó amplio para reunir los objetivos del usuario. Implica a menudo documentación de sus componentes y la continuidad de los materiales.

Las colecciones de germoplasma pueden incluirse en las siguientes categorías:

-Colecciones activas de trabajo, adecuadamente almacenadas, documentadas y disponibles para uso inmediato. A menudo son cultivos específicos y que pueden adquirir el título de colección mundial cuando el número y el origen geográfico de sus entradas alcanza tal magnitud que resulta siendo requerida mundialmente por semillas. A menudo implica una colección amplia y bien representada sin que distribuya muestras.

-Stocks de conservación, son amplios segmentos del germoplasma mantenido en centros nacionales o internacionales para su conservación por largos períodos de tiempo. Generalmente son réplicas de las colecciones activas de trabajo que se liberan cuando las últimas se han agotado. El flujo de ger-

plasma es de los encargados de las colecciones de trabajo hacia las de conservación por largo tiempo. Estos centros de Conservación aceptan todas las categorías de germoplasma (variedades, líneas experimentales, mutantes), tienen políticas precisas para su aceptación y para proveer condiciones óptimas de temperatura y humedad para mantener la viabilidad por largos períodos de tiempo.

Centro de Recursos Genéticos

Requisitos.-

- Facilidades para conservación por largo tiempo
- Operado por un grupo profesional
- Facilidades para propagar y distribución de germoplasma

Responsabilidades.-

- Organizar el incremento de los materiales y hacer los arreglos para transferirlos para su conservación por largo tiempo.
- Desarrollar un sistema de documentación y acumulación de información eficiente.

Externa Mundial de Recursos Genéticos de Phaseolus spp.

Antecedentes.-

En 1972 un grupo de expertos reunidos por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norte América analizaron los riesgos en que estaban

envueltos los cultivos de mayor importancia para la alimentación humana. En el caso del frijol (Phaseolus vulgaris L.) se encontró que el 70 por ciento del área cultivada se basaba en cinco tipos únicamente.

Paralelamente y desde 1967 en coordinación con FAO, otro grupo de especialistas (IBPGR) en reuniones periódicas revisaron todos los aspectos relacionados con germoplasma, llegando a establecer para las leguminosas de grano en 1976 como prioridad a los Phaseolus spp. Para esto se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- importancia socio-económica de estos cultivos
- riesgo de pérdida de materiales valiosos en un futuro cercano
- los requerimientos necesarios para los fitomejoradores
- el tamaño y calidad de las presentes colecciones, incluyendo su documentación.

Inventario de Recursos Genéticos mantenidos en Instituciones Agrícolas

Norte América

-Canadá, sin información precisa, posiblemente más de 1000 colecciones a cargo del Dept. of Agriculture, soil sub-station Woodslee, Ontario.

-Estados Unidos de N.A., 7000-8000 entradas de las cuales 600-700 provienen de los Balcanes, y 1300 de Turquía. Adicionalmente 195 coccineus, 423 lunatus y 17 acutifolius. Reunidas por el USDA en Pullman, Washington. Los materiales colectados por el Dr. Norwell están siendo transferidos a CIAT para su incremento.

Geneva, en New York y las casas de semillas comerciales mantienen pequeñas colecciones, importantes desde el punto de vista hortícola.

La Universidad de Harvard y el museo arqueológico de Arizona mantienen a su vez un reducido número de materiales silvestres.

El mantenimiento por largo tiempo está a cargo del National Seed Storage Laboratory en Fort Collins, Colorado.

Centro América

-México, más de 5000 colecciones en dos instituciones: el INIA y el Colegio de Post-graduados de Chapingo. Muchas de estas colecciones han sido transferidas a diversas instituciones fuera de México.

-Guatemala, alrededor de 1000 colecciones de todo el país a cargo de ICTA.

-Honduras, cerca de 4000 colecciones de diversos países en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano.

-El Salvador, cuenta con variedades locales y líneas experimentales desarrolladas por el Dr. Fatiño, en CENTA, Santa Tecla.

-Costa Rica, colección internacional depositada en CATIE, Turrialba. Alrededor de 3000 entradas.

El Caribe

-Puerto Rico, réplica de lo mantenido en Pullman y algunas líneas experimentales, en Mayaguez.

-República Dominicana, pocas muestras de probable origen colombiano.

-Haití, reducido número de poblaciones locales.

Sud América

-Venezuela, con alrededor de 300 materiales nativos y el resto internacional hasta llegar a aproximadamente 1500 entradas en CIA, Maracay.

Brasil, variada colección, estando la más grande en Vicosa de aproximadamente 1400 entradas. Se están haciendo arreglos para transferir todos los recursos genéticos a CENARGEN en Goias.

-Argentina, situación desconocida. Posiblemente algunas colecciones valiosas en la Universidad de Tucumán

-Chile, alrededor de 700 entradas locales y variedades norteamericanas, en la EEA, La Platina.

-Bolivia, alrededor de 100 colecciones locales, en Cochabamba, Fundación Pro-Bolivia.

-Perú, alrededor de 1500 colecciones. 500 aproximadamente de origen local. En EEA-La Molina, Lima.

-Ecuador, variedades locales reuniéndose por INIAP en Santa Catalina, Quito.

-Colombia, aproximadamente 1500 colecciones nacionales y extranjeras en tres centros: Palmira, Tulio Ospina y Tibaitatá.

En CIAT, nominado Centro Mundial de Recursos Genéticos de Phaseolus spp., 12000 colecciones de diferentes partes del mundo, obtenidas a través de donaciones.

(Cuadro adjunto).

Europa

-Reino Unido, 5000 colecciones: 1200 de Fullman, 2000 de Irán y también de Turquía, Afganistán, Uganda, Tanzania y Sudamérica y México. En Cambridge University.

En NIAB, Cambridge cerca de 1100 variedades comerciales modernas y obsoletas de Europa y EEUU de Norte América.

-Francia, alrededor de 1000 colecciones con numerosas variedades hortícolas, en INRA, Versailles.

-Holanda, 500 colecciones mayormente de uso hortícola en Wageningen.

-Bélgica, reducido pero valioso número de especies relacionadas y stocks genéticos. En Gembloux.

-Alemania, república democrática de, 500 variedades, algunas muy antiguas, en Göttersleben.

-Bulgaria, mayormente variedades de granos blancos y algunos tipos de enorme interés. En Sofía, Inst. of Genetics and Plant Breeding.

-Grecia, 200 entradas de grano blanco, en Larissa.

-Rusia, número desconocido en Leningrado.

Asia y Oceanía

-Turquía, 600 colecciones en Izmir Seed Laboratory.

-Japón, algunos tipos de grano muy grande, Hokkaido.

-Australia, mayormente variedades americanas en NSW Dep. of Agriculture.

-Nueva Zelanda, pocas variedades de grano blanco DSIR, Crop Branch,

Christchurch.

Africa

-Uganda, aproximadamente 500 colecciones en Kampala.

-Kenya, reducido número de variedades de grano blanco.

-Sud Africa, posiblemente valiosos acutifolius en las zonas desérticas.

-Madagascar, posiblemente algunos lunatus importantes.

Este inventario parcial será probablemente cubierto durante el transcurso del presente año.

Principales Centros por magnitud y diversidad de materiales

- CIAT, Cali-Colombia
- Pullman, Washington EEUU de Norte América
- Cambridge, Inglaterra
- INIA, México
- CATIE, Turrialba, Costa Rica
- La MOLINA, Lima_Perú
- CENARGEN, Goias, Brasil

Información que se requiere

Chadania
Luzon

- Hungría
Argentina

BIBLIOGRAFIA

- BURNS, R. (1976). Bean Germplasm. A status report. En First Bean Germplasm Advisory Committee Meeting. CIAT.
- BURNS, R. (1975). Genetics Resources in Beans, Phaseolus vulgaris L. and CIAT's Germplasm Bank. In workshop on Genetic Improvement of dry beans and Germplasm Resources. CIAT. Oct. 14-16/75.
- CREECH, J.L. y L.P. RUTZ. (1971). Plant Germplasm now and for tomorrow. Adv. i Agronomy No. 23: 1-49.
- HARLAN, J.R. (1976). Genetic Resources in wild relatives of crops. Crop Sciences, Vol. 16: 329-333.
- LEON, J. (1968). Fundamentos Botánicos de los cultivos tropicales. Ed. IICA-Lima. 487.pp.
- SMARTT, J. (1969). Evolution of American Phaseolus beans under domestication. En The domestication and exploitation of plants and animals. Gerald Duckworth & Co. London 581 pp.
- SMITH, H.H (1972). Broadening the base of genetic variability in plants. The Journal of Heredity. 265-276.
- Unknown (1976). Priorities among crops and Regions. IBPGR. Rome
- Unknown (1972). Genetic variability of Major Crops. NAS. Washington. 307 pp.

8252
MANEJO DEL GERMOPLASMA DE Phaseolus spp.

R. Burns R.

INTRODUCCION

De las formas conocidas de conservar germoplasma (= reservorio de genes): semillas, partes vegetativas (estacas, tubérculos, rizomas), polen y tejidos; la primera ofrece las siguientes ventajas: facilidad en el manejo, duración prolongada y posibilidad de guardarlas en gran números en un espacio relativamente reducido.

Para fines prácticos las semillas han sido divididas en dos grandes grupos:

- semillas ortodoxas, aquellas que se conservan bien en condiciones de baja humedad y temperatura.
- semillas no ortodoxas, aquellas que requieren diferentes condiciones para su mantenimiento.

Las semillas, todas, están sujetas a procesos deteriorativos irreversibles. Se conocen ahora los medios cómo minimizar la tasa de deterioración, pero no se sabe como detenerla.

Los factores que contribuyen a la deterioración de las semillas son los siguientes: daños mecánicos, alta temperatura, alta humedad y daños por patógenos e insectos. Los daños que sufren las semillas antes de almacenarse a menudo aceleran la deterioración y pérdida de vigor.

Dos alternativas pueden escogerse para mantener germoplasma. Una sería la de no contar con facilidades de almacenamiento y sembrar cada año todas

CANTIDADES DE SEMILLAS DE FRIJOL EN CIAT (1970-1976)

<u>Pais</u>	<u>No. de muestras</u>
Alemania, República Democrática de	110
Australia	13
Bélgica	43
Bolivia	41
Brasil	1531
Bulgaria	10
Chile	133
Colombia	390
Costa Rica	1010
Ecuador	19
El Salvador	109
Estados Unidos de Norte América	4169
Francia	14
Grecia	15
Guadalupe	1
Guatemala	354
Haití	26
Holanda	208
Honduras	1707
Jamaica	3
Japón	34
México	747
Nueva Zelandia	21
Nicaragua	4
Nigeria.	176
Perú	305
Puerto Rico	16
Reino Unido	1338
República Dominicana	5
Surinam	2
U.R.S.S.	10
Venezuela	313
Zambia	15
	<hr/>
TOTAL	12.892

las entradas que lo componen. La otra alternativa consiste en incrementar los materiales y luego ponerlos en un almacén acondicionado que permita conservar la germinación original por diez a veinte años.

La decisión desde el punto de vista técnico no admite discusión.

Unidad de Recursos Genéticos de Phaseolus spp. del CIAT

Constituida por más de 12,000 muestras de semillas opera como unidad de servicio a los investigadores. La unidad reúne y almacena semillas, las regenera, las prueba, cataloga y las envía los usuarios.

Objetivos.-

- 1.- Reunir todos los recursos genéticos disponibles de Phaseolus spp. necesarios para la investigación básica y aplicada que permita elevar la producción de frijol en las áreas tropicales principalmente.
- 2.- Caracterizar sistemáticamente y evaluar las características morfo-agronómicas de cada entrada, y poner dicha información al alcance de los investigadores interesados.
- 3.- Producir y preservar suficiente semilla de cada entrada para proporcionarla a los investigadores del frijol.

GERMOPLASMA FRIJOL - CIAT

Colecciones (expediciones) Introducciones (donaciones) Selecciones (lineas experimentales)

Incremento en casa de malla

Segundo incremento (opcional)

Hay suficiente semilla?

Amacenam.

no si
Popayán Registro

Evaluación preliminar (Palмира)

Es promisorio

si no

Evaluación intensiva

Agronomía
Mejoramiento

DOCUMENTACION

Otros Centros

Germoplasma
Entomología
Patología

Entomología
Patología
Microbiología
Fisiología

—————> Flujo semillas
- - - - -> Flujo información

Forma como Opera (Ver cuadro adjunto)

Incremento y evaluación del germoplasma.-

Normalmente la cantidad de semillas en las muestras que recibimos son pequeñas, requiriendo para su incremento dos ciclos: el primero en casa de malla, en macetas; y el segundo en un lote de terreno designado para el efecto.

Comprobada la factibilidad de reproducirlas en CIAT, se registran las muestras, anotando todas las características con que venían precedidas y quedan listas para la evaluación preliminar en el campo.

En estos ciclos iniciales se registran datos de algunas características estables y en especial el hábito de crecimiento.

Debido a que algunas muestras no se adaptan a las condiciones de Palmira, es necesario incrementarlas en la localidad de Popayán (materiales de zonas altas, de clima templado).

Se efectúan dos evaluaciones por año en Palmira, incluyendo aproximadamente 2000 entradas por semestre en parcelas no replicadas tal como se muestra en el cuadro adjunto.

Debido a que estas siembras tiene un doble propósito: evaluación e incremento de semillas, se conducen con una adecuada fertilización y controles sanitarios necesarios para las condiciones de Palmira.

Las disciplinas correspondientes realizan en pruebas separadas evaluaciones de resistencia a plagas, enfermedades, nodulación, fotoperíodo y otras.

Efectuada la cosecha, secado y limpieza de las semillas, se procede a confrontar la posible presencia de duplicaciones en base a diferentes criterios como sinonimia de variedades y caracteres no influenciados ambientalmente.

Evaluaciones con objetivos específicos son realizadas también en coordinación con otros centros experimentales de Colombia y del exterior. Simultáneamente se realizan incrementos de materiales de gran demanda o con stocks de semillas por agotarse.

Documentación.-

Se ha dividido en dos partes:

A. Registro Básico, consistente en información referente a las semillas como: número de registro en su centro original, identificación, pedigree, origen y procedencia, donante, institución y algunas características remarcables (alto contenido de proteína, tolerancia a sequía, etc.).

Esto tiene por objeto proveer la historia y descripción básica de cada entrada, servir de guía para chequear la autenticidad de las semillas incrementadas y proveer ciertas bases para los investigadores de materiales de su posible interés.

(Ver cuadro adjunto).

REGISTRO BASICO

1. NUMERO REGISTRO

G00001 to G99999

2. NOMBRE DEL CULTIVAR O DESIGNACION UTIL

P J Kloud
L. I. 165.426
N = 203
Hidalgo 5
Cuva 168-N
5 1 0 5 5

3. PROCEDENCIA DE LA SEMILLA

NET = Holanda
ELS = El Salvador

4. ORIGEN GENETICO

1 = mejoramiento y/o selección
2 = mutación
3 = colección

DATOS COMPLEMENTARIOS: Origen de la entrada; sinónimos; pedigree; condición genética del material (línea pura, com puesto masal, etc.); datos del donante: nombre, año, mes; número de registro local.

B. Registro de Cultivo.- Se registran un total de 52 características en forma interdisciplinaria (cuadros adjuntos). Mayormente es información de campo anotada en hojas especialmente diseñadas y que describen los atributos de cada entrada. Dicha información es codificada para conservar espacio de computadora, reducir el tiempo de retorno y para simplificar su anotación.

Sistema de cómputo.-

CIAT cuenta con una línea terminal a una computadora IBM 370 del organismo oficial colombiano DANE.

Se emplea SAS (statistical analysis system), desarrollado por la Universidad estatal de Carolina del Norte. Este constituye en su última versión un eficiente sistema de archivo-retorno de información, teniendo la especial ventaja de su diseño apropiado para toda clase de análisis estadístico convencionales.

Manejo de semillas.-

El germoplasma es manejado como una colección de libros en una biblioteca, cada entrada es mantenida en forma individual en las evaluaciones y para conservarlas. Se trata de evitar contaminaciones casuales y daños a las semillas en todos sus pasos entre la cosecha y siembra y a lo largo del ciclo de crecimiento de las plantas.

GERMOPLASMA FRÍJOL

Relación de caracteres a registrarse*

-
- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Días a emergencia | 30. Volcamiento |
| 2. Vigor de plántulas | 31. Rendimiento en ensayos repetidos |
| 3. Longitud de hipocotilo | 32. Roya (<u>Uromyces phaseoli</u>) |
| 4. Color de hipocotilo | 33. Mancha angular (<u>Isariopsis griseola</u>) |
| 5. Tamaño de folíolo | 34. Mustia hilachosa (<u>Thanatephorus cucumeris</u>) |
| 6. Índice de área de hoja | 35. Antracnosis (<u>Colletotrichum lindemuthianum</u>) |
| 7. Altura de cobertura del follaje | 36. Marchitez - varios hongos |
| 8. Número de nudos, a la floración | 37. Mosaico común (CBMV) |
| 9. Número de nudos, a la madurez | 38. Mosaico dorado (GBMV) |
| 10. Inicio de floración | 39. Moteado clorótico (Chlorotic mottle virus) |
| 11. Duración de floración | 40. Bacteriosis común (<u>Xanthomonas phaseoli</u>) |
| 12. Color de flor | 41. Cigarrita (<u>Empoasca</u> sp.) |
| 13. Sensibilidad a fotoperíodo | 42. <u>Apion</u> sp. |
| 14. Hábito de crecimiento | 43. Mosca blanca |
| 15. Altura de planta | 44. Arañita roja (<u>Tetranychus</u> sp.) |
| 16. Grosor de tallo | 45. Acaros tropicales |
| 17. Número de racimos por planta | 46. <u>Zabrotes</u> sp. |
| 18. Número de vainas por planta | 47. <u>Acanthoscelidae</u> |
| 19. Número de ramas con vainas | 48. Índice de eficiencia a <u>Rhizobium</u> |
| 20. Ángulo de ramas | 49. Referencia de otros programas |
| 21. Número de semillas por vaina | 50. Mezcla genotípica |
| 22. Forma de semillas | 51. Semilla limpia |
| 23. Color primario de semilla | 52. Especie |
| 24. Color secundario de semilla | |
| 25. Brillo de semilla | |
| 26. Peso de semilla | |
| 27. Rendimiento por planta | |
| 28. Materia seca total | |
| 29. Índice de cosecha | |
-

* Junto a estos datos se llevará un registro básico en el que se incluye:
Número de registro CIAT, nombre útil de la entrada, procedencia, origen, etc.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

	Presentes	Nuevas facilidades
Temperatura	3 - 5°C	-15°C almacenamiento por largo tiempo 15°C almacenamiento por corto tiempo
Procedimiento de secado	Secado al sol	aire deshumidificado
Contenido de humedad de semilla	10 - 12%	5% 8%
Longevidad de semilla	1 - 3 años	Más de 25 años 6 - 10 años
Envases de semillas	Potes plásticos (0.500 gr.)	Sobres de aluminio con cubierta de polietileno
Capacidad de almacenamiento	2,000	10,000 30,000
Otras facilidades	Cuarto de preparación de semillas	Cuarto de preparación de semillas Laboratorio de semillas Area de limpieza de semillas

Las plantas son cosechadas manualmente, se arrancan parcela por parcela, se identifican, se colocan en envases de cabuya o papel y se trillan individualmente.

La trilla es también manual, luego se secan y se limpian. Se descartan las semillas rotas, con hongos o insectos o cualquier clase de infección. Comprobado su secado, se comparan con los stocks originales, y enseguida se envasan en frascos plásticos de 800 grs. de capacidad. Estos son herméticos no permitiendo intercambios de humedad. En el cuadro siguiente se aprecian las condiciones actuales de almacenamiento y las condiciones con que se contará en breve.

Envases utilizados.-

Para nuestras necesidades y de acuerdo a las condiciones de almacenamiento presentes y futuras, se usan envases a prueba de humedad: tarros plásticos de doble tapa. En el futuro será necesario usar también sobres laminados con cubierta de polietileno que sean apropiados tanto para guardar semillas como para hacer despachos de las mismas. Esto en vista de la gran demanda de semillas que ya se tiene.

Problemas en la caracterización, incrementos y preservación.-

1.- Muestras de semillas no viables, muchas de las semillas que se han recibido no germinan cuando se siembran directamente. En tales casos se tra-

a a las semillas remanentes con un fungicida y se hacen germinar en placas petri o pequeños envases de papel (vasos) para luego transplantarlas al campo en caso de tener éxito.

2.- Duplicaciones: algunas entradas poseen el mismo nombre o nombres similares. Lo contrario también ocurre, o sea entradas con nombres diferentes pero con las mismas características. Los casos evidentes detectados son reunidos en una sola entrada. En ciertos casos no bastará con la comparación morfo-agronómica y se tendrá que recurrir a técnicas más precisas (electroforesis tal vez).

3.- Variabilidad dentro de las muestras, algunas entradas son en realidad mezclas de varias líneas. De momento se está manteniendo la población original, pero posiblemente sea necesario subdividirlas a fin de caracterizarlas adecuadamente.

4.- Pérdida de identidad; algunas entradas solicitadas por otras personas y por varios ciclos pierden la identificación inicial siendo muy difícil re-identificarlas.

5.- Incremento insuficiente de materiales inadaptables o susceptibles; entradas provenientes de zonas altas (mayores de 1500 m.) generalmente no cuajan frutos en las condiciones de CIAT. Igualmente variedades de invierno sue-
len (15-20°C) o los tipos perennes. Las variedades europeas y las de consumo verde (habichuelas vainitas) generalmente producen poca semilla en nuestras

condiciones. El problema no determinado aún también ha causado disminución sensible en la producción de semillas.

6.- Dormancia o latencia de tipos silvestres o primitivos. No germinan en condiciones normales, requieren debido a que absorben agua con dificultad, escarificación mediante ácido sulfúrico, hipoclorito de sodio o abrasivos (lijas) antes de sembrarlos. Otro tipo de dormancia observado es el que se presenta en P. acutifolius el cual requiere un período de maduración post-cosecha para germinar normalmente.

7.- Impedimentos a la polinización; algunas formas de P. coccineus o relacionadas requieren de una manipulación manual para que los granos de polen penetren en el estigma.

8.- Viabilidad diferencial durante el almacenamiento, hay variaciones notables que requieren ser consideradas en los ciclos de reposición o renovación de materiales.

9.- Demanda impredecible de semillas, principalmente de aquellos tipos que se reportan con algunas características favorables que agotan rápidamente los stocks disponibles.

10.- Demanda en la materia prima de semillas para los cultivos, originada por las condiciones actuales de operación, que requieren al estar abriendo los tarros y separando el número de semillas solicitadas; solicitudes con datos imprecisos y cantidades variables de semillas.

11.- Errores en el manejo de las entradas, inevitables cuando se maneja un gran número de materiales. Errores en la identificación durante la cosecha, entradas cosechadas tardíamente con semillas ya caídas.

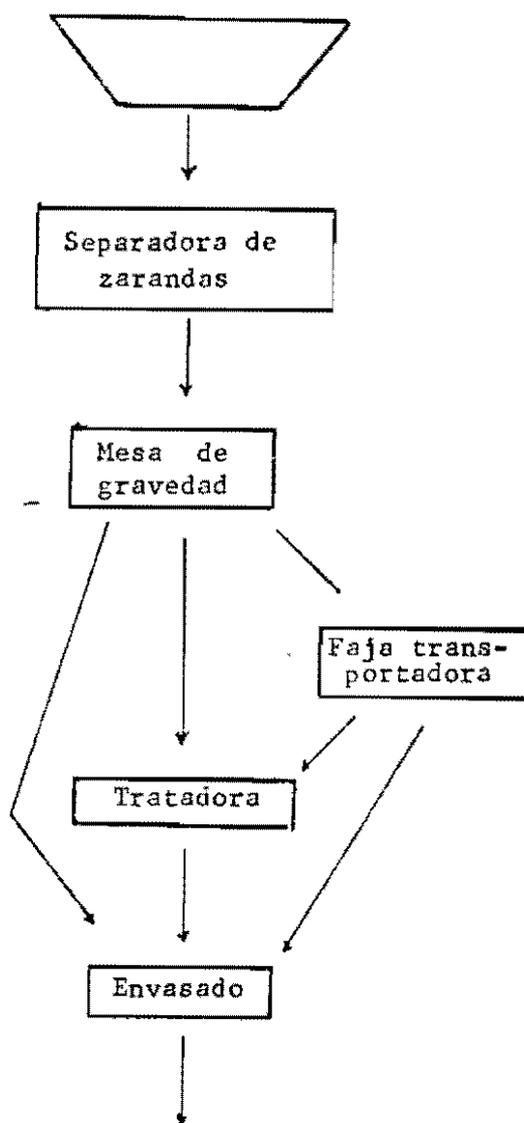
12.- Congestión en la llegada de materiales como ocurre al presente, en que se ha recibido más de 3000 muestras que están siendo examinadas para destinarlas a incrementos.

13.- Demoras en la transferencia de información, desde que se toman los datos, transferidos a hojas de cómputo, perforadas las tarjetas y obtenidos los listados. Se ha mejorado sensiblemente estos pasos pero aún requieren agilización.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BURNS, R. (1976). Bean Germplasm. A status report. First Bean Germplasm Advisory Committee Meeting. CIAT.
- 2.- HARRINGTON, J.F. (1973). Problems of seed storage. En seed ecology London Butterworths. 578 pp.
- 3.- HARRINGTON, J.F. y J.E. DOUGLAS (1970). Seed storage & Packaging applications for India. NSE in Coop. RF.; 222 pp.
- 4.- KHAN, A.A. y KAR-LING TAO (1973). Protect seeds from deterioration. NY Food and Life Sciences, vol. 6; No. 3: 3-5.
- 5.- LAING, D.R.; BURNS, R. y B. GROF. (1976). Germplasm Development Center. Report of committee appointed to consider modification to the building to house the new germplasm facility. CIAT.
- 6.- PINCHINAT, A. (1974). Grain Legumes - Beans. En Handbook of plant introductions in tropical crops. FAO Agric. Studies No. 93. Ed. J. León; 140 pp.

PROCESAMIENTO DE SEMILLAS DE FRIJOL



MANEJO DE SEMILLAS CIAT

COSECHA (20 - 22% humedad)



TRILLA, LIMPIEZA, CLASIFICACION (13-14% humedad)



PRUEBA DE GERMINACION

SECADO ARTIFICIAL (1 - 2 dias)



PRUEBA DE HUMEDAD 8y8% BH

ENVASES HERMETICOS



AMBIENTES A BAJA TEMPERATURA (-15 y 15°C)



CONTROL DE CALIDAD (anual)

PRACTICA DE CAMPO CON MAQUINARIA UTILIZADA EN LA

PREPARACION DE SUELOS PARA SIEMBRA DE FRIJOL

1. Arada: Esta operación se efectúa en CIAT con un tractor tipo mediano de 100 HP y un arado I.H. reversible de 4 discos, esta labor no es muy recomendable en suelos pesados por la tendencia a crear compactación en el límite de corte, sin embargo, es muy buena para enterrar socas de cultivos anteriores y evitar así exceso de material vegetal en la cama de siembra lo mismo que sirve como protección contra plagas del suelo excedentes del cultivo anterior.
2. Rastrillada: Esta labor tiene como objeto romper el terrón que ha dejado el arado y facilitar el paso de la niveladora, en CIAT se utiliza un rastrillo Apolo de 24 discos, el cual a medida que se comienza un nuevo pase se le cierra la traba hasta dejar un suelo mullido especial para siembra en plano o para hacer camas para siembra.
3. Emparejamiento: Para esta operación se utiliza un cuadro nivelador Eversman, este implemento efectúa una micronivelación del terreno corrigiendo las huellas dejadas por el arado y las zanjas de riego del cultivo anterior, este implemento además de efectuar una buena nivelación también rompe los terrones que ha dejado el rastrillo.
4. Roturación: Esta labor debe efectuarse especialmente en suelos pesados y después del paso del cuadro nivelador, el implemento utilizado es un arado cincel o chisel que se encarga de romper el piso de arado o suelo duro para permitir aflojar el terreno y darle mayor aireación. Esta operación se puede efectuar con una cultivadora de campo de dientes.

5. a) Pulida: Si la siembra va a efectuarse en plano o en camas o surcos se le debe dar una pulida final al suelo después del arado cincel, esta puede efectuarse con un rototiller o con un rastrillo pesado.
- b) Rayada: Si se van a utilizar camas hechas con rototiller y camadora este implemento efectua la pulida, pero primero deben hacerse unas guías o rayas que van a ser los surcos de riego, en CIAT estas rayas se hacen a 1.80 m de distancia.
6. Acamada:
- a) Después del suelo pulido se pueden hacer camas de distintos tipos y distancias en CIAT se hacen de 1,0; 0,60 ; y 0,75 m en caso de estar muy pulido el suelo basta con surcar con palas y estas fabrican la cama.
- b) Se utiliza también una camadora acoplada a un rototiller que deja una cama para varios surcos de frijol.
7. Siembra: La siembra se puede efectuar a mano o con sembradora, en CIAT se utilizó una sembradora abonadora J.D.
8. Zanjas: El último proceso es el de adecuar el lote para el riego por gravedad para lo cual se hacen las zanjas necesarias para esta futura labor.
9. Acamadora Sembradora: En cultivos de tipo comercial se utiliza la sembradora acoplada a la camadora para efectuar las dos operaciones a la vez.
10. Cultivada: La cultivada mecánica se efectua con una serie de cultivadores de varios tipos como o diablitos, palas, cuchillas etc.

ING. RAMIRO MARVAEZ
Asistente del Superintendente de la
Estación Experimental del CIAT

5251

Douglas R. Laing, Fisiólogo

INTRODUCCION

La anterior conferencia destacó algunos aspectos del crecimiento y desarrollo de Phaseolus vulgaris en los trópicos. En esta conferencia se describirán los resultados de los experimentos que demuestran factores limitantes, así como algunas conclusiones con respecto a los límites de rendimiento potencial que han sido evaluados en la investigación llevada a cabo en CIAT en 1975 y 1976. El trabajo en esta sección se concentró más que todo en la variedad de tipo II, Porrillo Sintético (P566). Esta variedad fue seleccionada por su amplia adaptación, buen potencial de rendimiento (2.2-2.8 ton/ha) en muchos ensayos en CIAT y otras localidades en latitudes tropicales. La razón por la cual se seleccionó una variedad fue permitir llevar a cabo una extensa investigación que produjera un mejor entendimiento de los principios de formación de rendimiento antes de evaluar otras variedades en una forma similar pero con menos tratamientos y manipulaciones.

Los experimentos cubren tratamientos ya sea que aumentan o disminuyen la provisión de fotosintatos durante periodos específicos del crecimiento. De esta forma se puede evaluar el proceso del rendimiento más limitante al potencial de rendimiento. El proceso de rendimiento es definido como una formación subsiguiente de componentes de rendimiento: formación de nudos, formación, formación de vainas, llenado de semillas.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PORRILLO SINTETICO

Se llevaron a cabo dos experimentos en 1975 en los semestres A y B para estudiar el crecimiento y desarrollo de esta variedad durante dos épocas de la misma forma como fue descrita para las cuatro variedades en el informe anterior. El rendimiento final y los componentes de rendimiento para P566 se observan en la Tabla 1. El índice de rendimiento entre los dos semestres es típico de la variación del rendimiento a veces medida en esta variedad en CIAT bajo condiciones de irrigación, fertilización y protección. Sería útil considerar las razones por las cuales se exhibió esta variación en el rendimiento. Los componentes de rendimiento que muestran el cambio más grande entre épocas es granos/vaina. No hubo cambio en vainas/m² y en tamaño de grano. La población de plantas (30/m²) fue idéntica. El número de nudos medido a tiempo de madurez no fue diferente. El porcentaje de rendimiento de las ramas fue más alto en el semestre A. El crecimiento de los dos cultivos para todo el ciclo de crecimiento se observa en las Figuras 1 y 2. El índice de área foliar fue muy similar a pesar de que la producción total de materia seca y el crecimiento de grano fueron más altos en el semestre B. La producción de nudos y la producción final de vainas fueron similares a pesar de que el Semestre B mantuvo su número de nudos un poco más alto que el máximo antes de disminuir al mismo valor a la cosecha.

El verdadero factor asociado con la variación en el rendimiento en este trabajo parece ser volcamiento, lo cual ocurrió en el Semestre A pero en ningún caso en el B. El volcamiento justo después de floración no redujo el número de vainas en A pero afectó el número de granos que se colocó en las vainas. Granos por vaina es el próximo componente de rendimiento en las series seguidas después de que se han formado las vainas. Por lo tanto, la efi-

Tabla 1. Parámetros de rendimiento y cosecha final asociada para cv. de Porrillo Sintético en experimento de análisis de crecimiento en dos semestres en CIAT

Parámetro	A	B	
Rendimiento, t/ha, (14% humedad)	2.28	2.71	(119) ¹
Rendimiento, g/m ² , (peso seco)	195.85	232.89	(119)
Tamaño grano, mg/grano	191.00	191.00	(100)
Índice de cosecha, (%)	0.57	0.62	(109)
² Materia seca total, g/m ²	342.60	376.70	(119)
Peso tallo, g/m ²	81.70	82.20	(101)
Peso vaina vacía, g/m ²	65.08	61.50	(94)
Número nudos/m ²	410.00	421.70	(103)
Número Racimos/m ²	111.80	118.30	(106)
Número vainas /m ²	210.40	205.50	(98)
Altura tallo, cm ²	71.86	87.18	(121)
Peso raíz, g/m ²	17.95	16.66	(93)
Número granos/vaina	4.87	5.93	(122)
Rendimiento granos/vaina, g	0.93	1.13	(122)
Porcentaje rendimiento en ramas, %	22.60	12.0	

¹ Porcentage de 1975A

² Materia seca por encima del suelo al momento de madurez, sin incluir peciolo ni hojas

Experimento 7503-Porrillo Sintético

● Semestre A

○ Semestre B

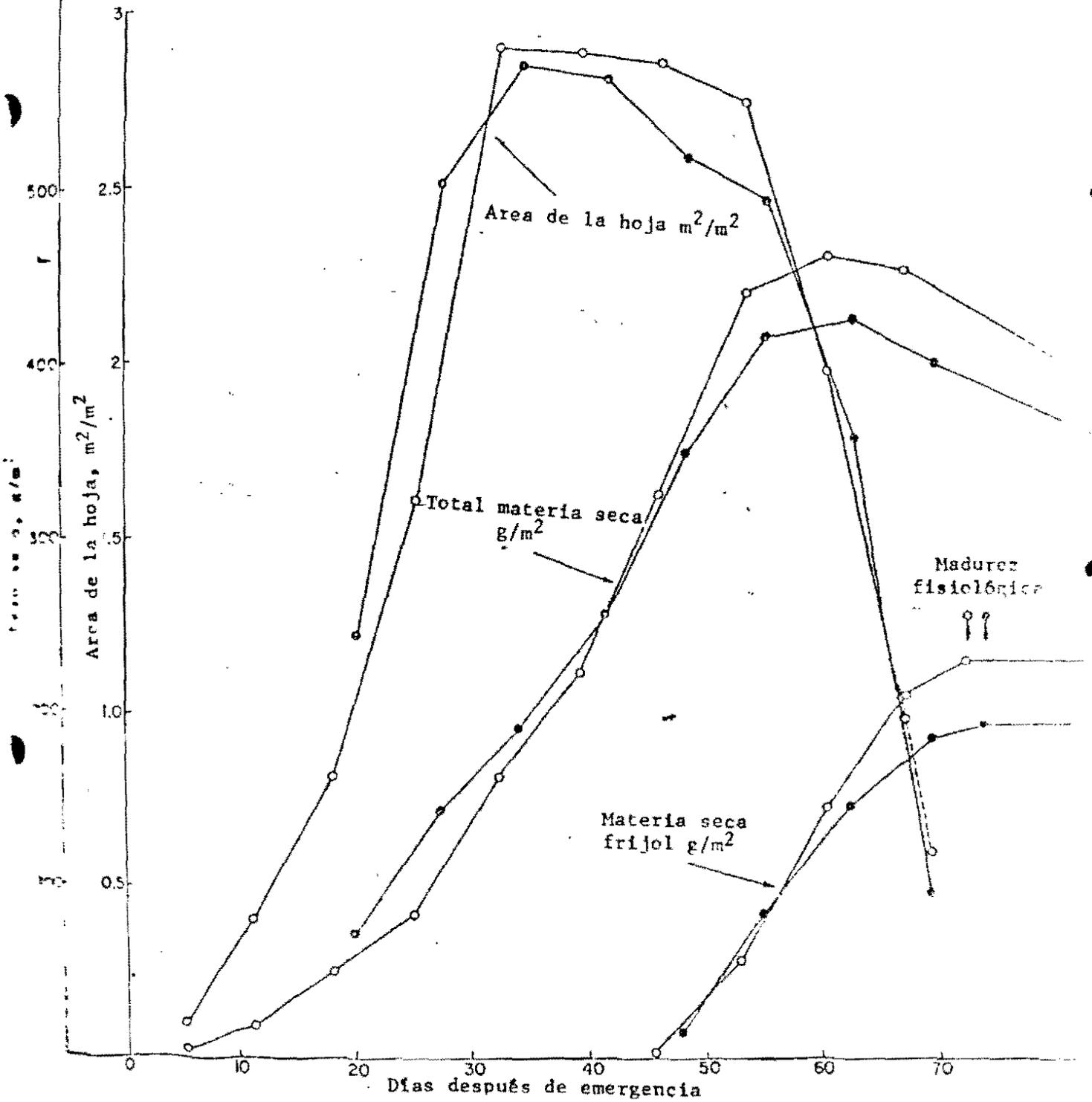


Figura 1. Parámetros claves para Porrillo Sintético en experimentos de análisis de crecimiento, 1975A y B.

Experimento 7503: Porrillo Sintético

● Semestre A

○ Semestre B

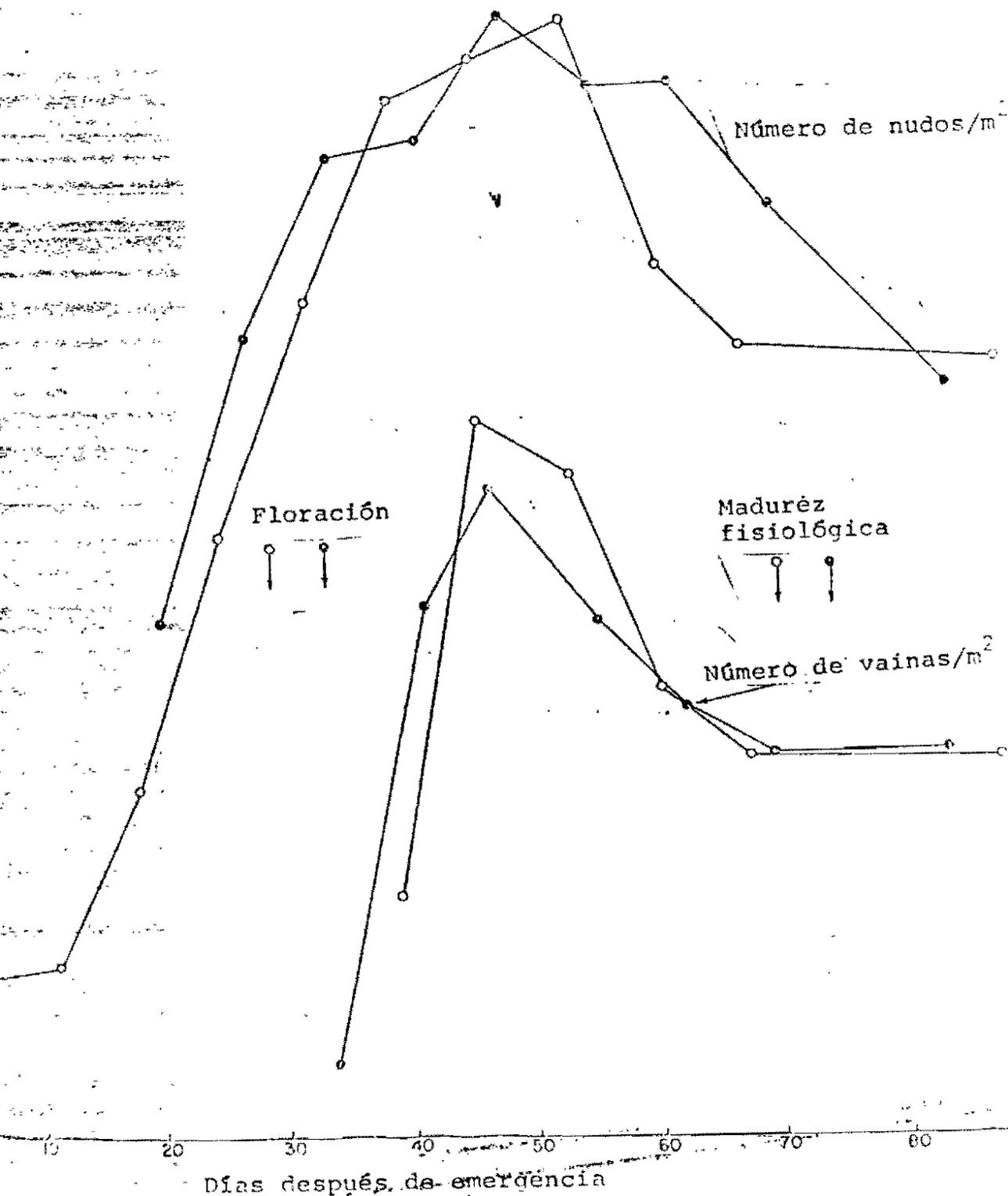


Figura 2. Parámetros claves para Porrillo Sintético en experimentos de análisis de crecimiento en 1975A y B.

reducida de la copa debido a volcamiento, lo cual causa disminución de la penetración de la luz, resultó en una disminución de fotosintatos durante el período cuando el número de granos por vaina estaba siendo determinado. Debido a esto, la habilidad de un cultivo para resistir el volcamiento es un carácter de gran importancia en la influencia de niveles de rendimiento.

Se llevó a cabo un experimento para ensayar el efecto del volcamiento en 1975B. El cultivo se le colocó soportes con alambre hasta el día en el cual se creó artificialmente el volcamiento; volcando las plantas suavemente con un poste de guadua. El volcamiento se llevó a cabo a intervalos semanales comenzando nueve días antes de floración. Los resultados del rendimiento se observan en la Figura 3. Las parcelas de control con soportes artificiales rindieron 2.65 ton/ha mientras que las que volcaron en forma natural rindieron 2.42 ton/ha. La depresión en rendimiento para el tratamiento con volcamiento artificial dependió de la etapa de desarrollo. El volcamiento 12 días después de la floración redujo el rendimiento a 2.18 ton/ha. Los datos sugieren que el período de pos-floración es el más crítico con respecto a volcamiento particularmente cuando el número final de vainas y granos por vaina están siendo determinados. La resistencia al volcamiento por lo menos hasta el período de 20 días después de floración parece ser crítico al determinar el rendimiento de frijol en esta variedad erecta en el grupo de tipo II. Esta conclusión también se aplica probablemente a otros tipos erectos. Ya que las variedades postradas de tipo III no exhiben volcamiento repentino, puede ser razonable asumir que la resistencia al volcamiento por lo menos no se aplica en estos tipos.

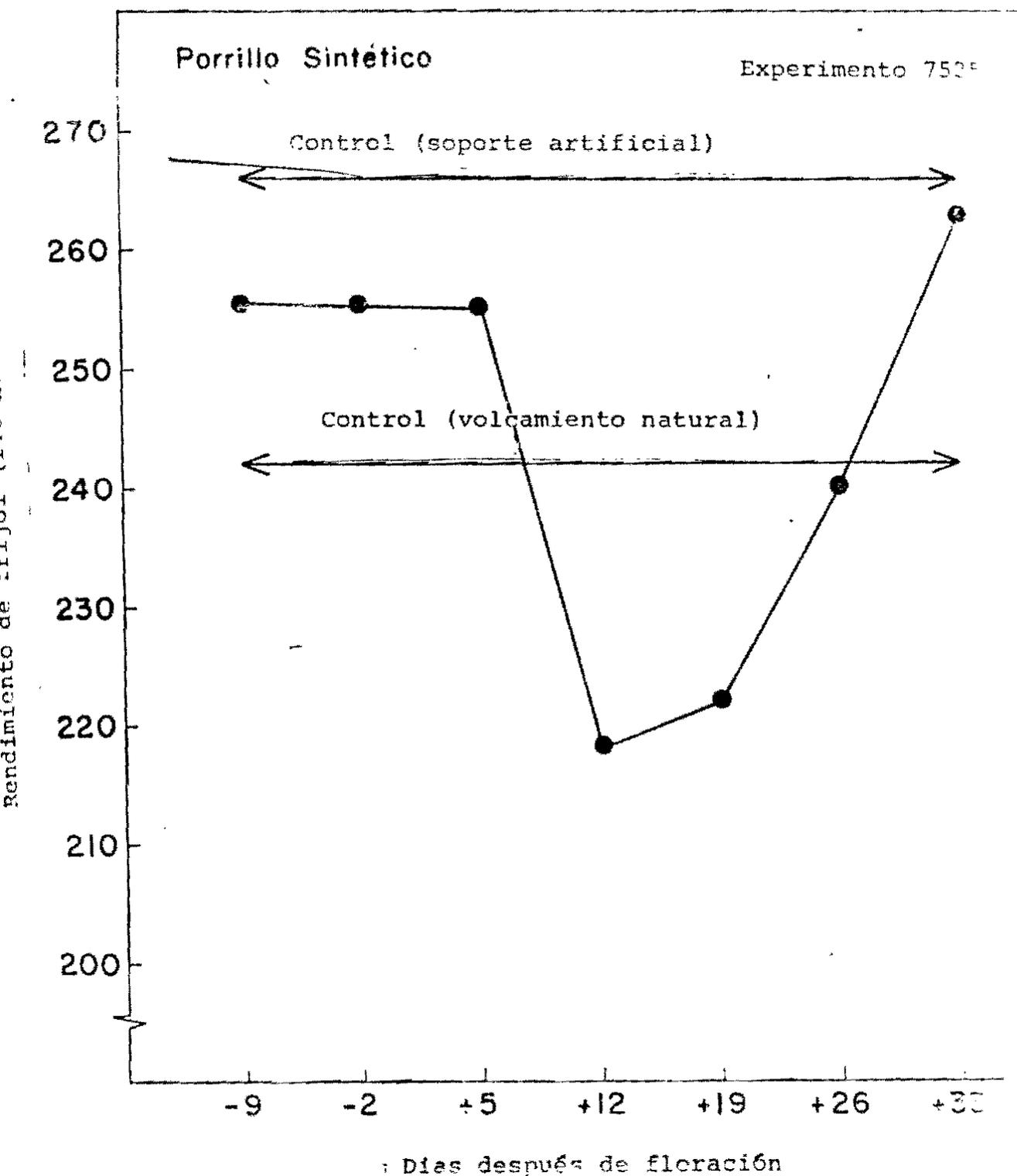


Figura 3. Efecto del volcamiento artificial sobre el rendimiento de Porrillo Sintético en relación al volcamiento natural con soportes artificiales.

EFFECTO DE LAS SOMBRAS EN EL RENDIMIENTO

Un experimento diseñado para disminuir la disponibilidad de fotosintatos en la planta durante etapas específicas de crecimiento fue llevado a cabo en 1976A con 1306. Sombras hechas de lana de vidrio (mallas para insectos (2 capas), dando aproximadamente 66% de intercepción de radiación solar, fueron colocadas sobre el cultivo a intervalos semanales comenzando 20 días antes de la floración. Los resultados son presentados en la Figura 4. Los datos de rendimiento (columna A en la tabla) muestran un aumento significativo en rendimiento comenzando un día después de floración. Las vainas/m² se redujeron en esta etapa de crecimiento. 15 días después de floración el rendimiento también se redujo pero en este caso el componente de rendimiento primario más afectado fue el número de granos maduros por vaina. 22 días después de floración la aplicación de sombra durante una semana redujo el tamaño de grano (mg/grano) y hasta cierto punto el rendimiento. Por lo tanto, una disminución de fotosintatos en cada etapa afectó el componente de rendimiento que se estaba formando en esa etapa. De nuevo, podemos observar una ilustración de formación subsiguiente de componentes de rendimiento.

También se llevó a cabo un experimento para evaluar este efecto en otras variedades de hábitos de crecimiento I, II y III. Las sombras (37% de intercepción) fueron aplicadas durante intervalos de dos semanas comenzando 28 días antes de la floración. Los resultados del rendimiento se observan en la Figura 5. Todas las variedades se redujeron en rendimiento al efectuar sombras a partir del día 0 (floración). Los porcentajes de reducción en rendimiento fueron mayores en algunas variedades sugiriendo que existe variación en este material para resistencia a abscisión de vainas cuando falta el suministro de fotosintatos. Esto podría ser de suma importancia en cultivos asociados donde el maíz pr

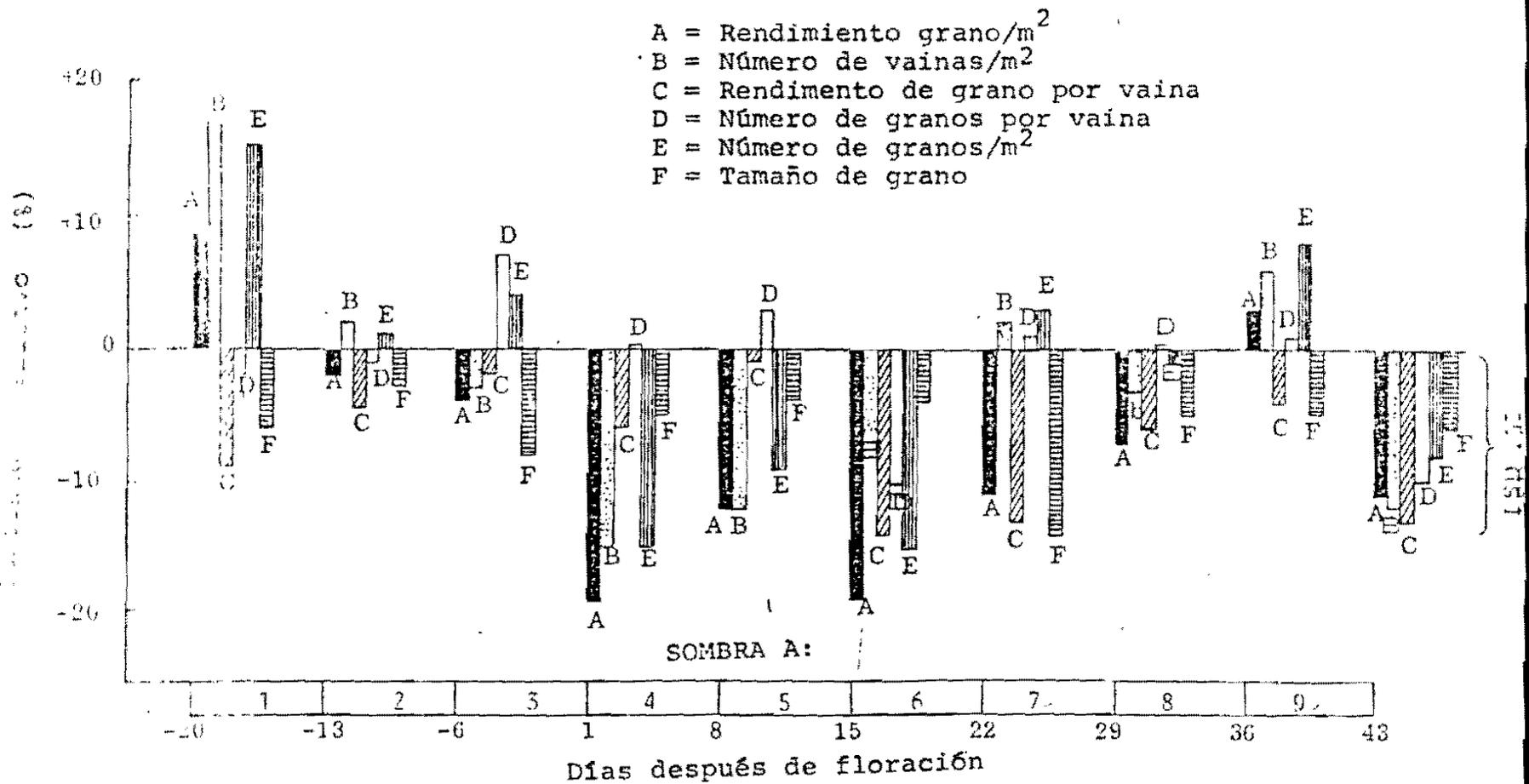


Figura 4. Efecto de las sombras en diferentes etapas del rendimiento y componentes de rendimiento de Porrillo Sintetico; los datos expresados como valores relativos (lote de control: 100%).

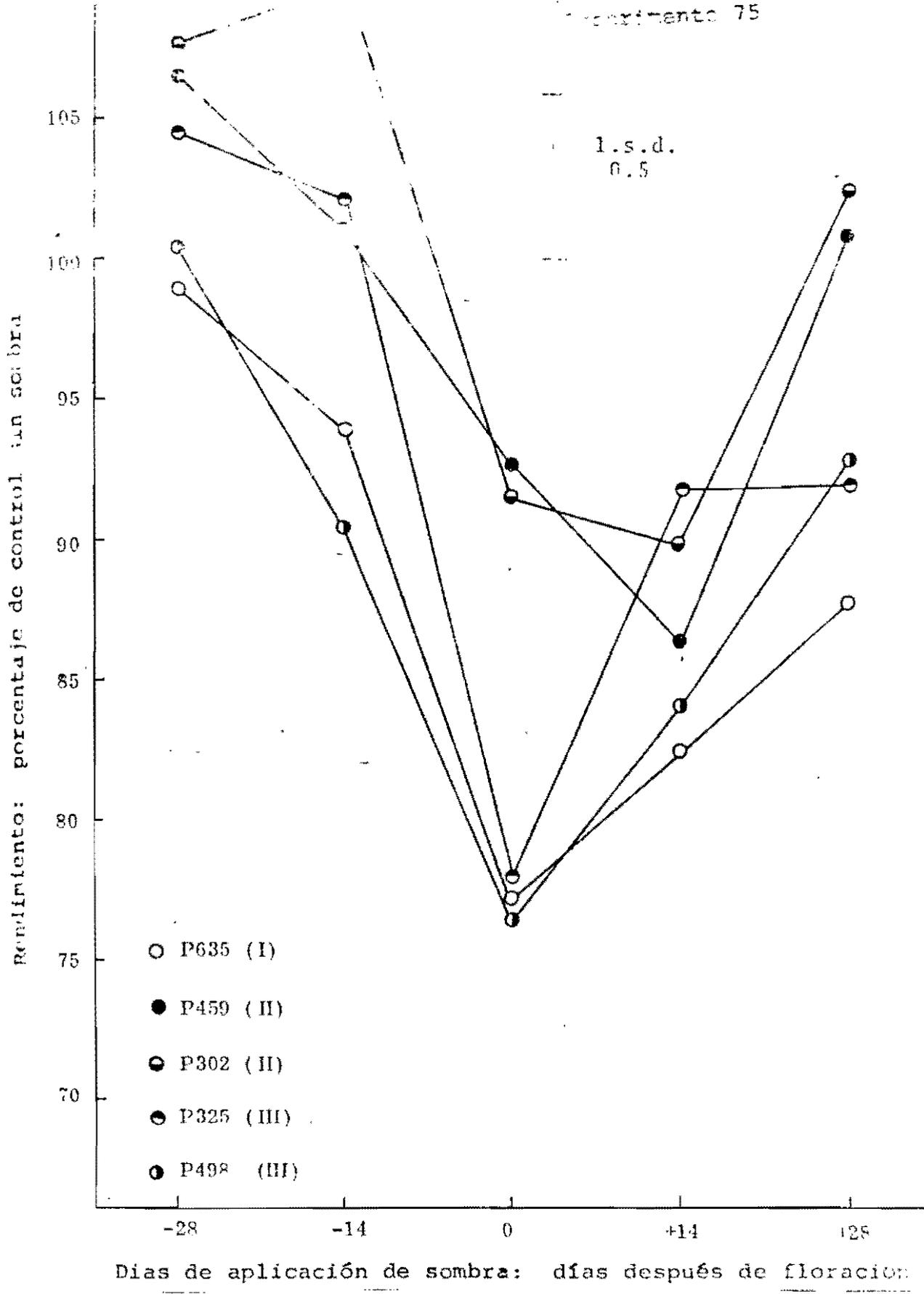


Figura 5. Efecto de sombra en cinco etapas de crecimiento de cinco variedades en 1975.

de gran consideración. En todos los casos la reducción en rendimiento se debió en gran parte con la reducción de formación de vainas, o sea, aumentó en abscisión de flores y pequeñas vainas.

EFFECTO DE BIOXIDO DE CARBONO EN LA FERTILIZACION DEL AIRE

La fertilización del bioxido de carbono del aire provee un instrumento experimental muy útil para aumentar la cantidad de fotosintatos en la planta en etapas específicas de crecimiento. La concentración mayor de CO₂ (1200 ppm comparado a 300 ppm que es lo normal) permite que la planta fotosintetice a un índice mayor. Esto se logró al proporcionar CO₂ al aire en cámaras (1m x 1m), las cuales fueron ventiladas con aire utilizando un ventilador. El rendimiento de las cámaras con CO₂ se comparó con las cámaras que solo recibieron niveles normales de CO₂. Los resultados de un experimento, donde se agregó CO₂ por períodos de 10 días comenzando dos días antes de floración, se observan en la Tabla 2. El mayor aumento en rendimiento ocurrió a -2 a +8 días y esto se asoció con un aumento similar en formación de vainas. Por lo tanto, un suministro de fotosintatos aumentados en períodos cortos reduce el número de flores y pequeñas vainas las cuales abortan.

El control de abscisión de flores parece estar relacionado directamente ya sea para aumentar (fertilización de CO₂) o disminuir (sombras) el suministro de fotosintatos.

Tabla 2. Respuesta³ a fertilización con dióxido de carbono a cuatro etapas de crecimiento en Forrillo Sintético, 1976A

Etapa de crecimiento	Rendimiento, g/m ²		No. vainas/m ²	
	Control	CO ₂	Control	CO ₂
-2 - +9	330	363 (110) ²	267	297 (111) ²
+9 - +18	297	310 (104) ⁴	268	282 (105)
+18 - +28	272	286 (105)	253	264 (104)
+28 - +38	288	298 (103)	265	271 (102)
L.S.D. .05	31.4		23.3	

¹ Promedio de 5 cámaras en control y tratamientos de CO₂ en cada etapa

² CO₂ como % de tratamiento control

³ Días después de floración

⁴ Promedio de solo tres replicaciones

EFFECTO DEL AUMENTO DE LA DURACION DEL CICLO DE CRECIMIENTO

En la primera conferencia se mostró que variedades de ciclo largo tienen un potencial de rendimiento más alto. Se corrió un experimento en 1976A para estudiar el efecto del aumento de la longitud de la fase de prefloración en Porrillo Sintético. La variedad es sensitiva al fotoperiodo, lo cual significa, una planta de día corto, que días más largos causan una demora en la floración. Se sembró P566 en parcelas normales y se aumentó la duración del día a lo largo del centro del campo con bombillos incandescentes de 300W a una altura de 3.5 m y espaciadas 7 m colocadas sobre postes. La influencia de las luces en el tiempo de floración disminuye a cero a aprox. 12-15 de las luces. El fotoperiodo provee un instrumento útil para aumentar la longitud de la fase de crecimiento. De esta forma se puede realizar un estudio sobre los efectos de la fase de crecimiento aumentada dentro del mismo antecedente genético.

Se midió el rendimiento a varias distancias de la fuente de luz. Los resultados se observan en la Tabla 3. El período de prefloración aumentó de 36 días en las parcelas de control (0-20 m de la luz) a 51 días en las parcelas a una distancia de 2 m de la luz. El rendimiento aumentó en un 48% de 2.77 ton/ha a 4.12 ton/ha. El componente de rendimiento primario que más se afectó fue el número de vainas/m², lo cual a su vez se asoció con un aumento de nudos vegetativos. Un aumento en la producción de nudos antes de floración significa que estos son más lugares para la producción de vainas cuando la floración tardía comienza. Se produjeron nuevas ramas pequeñas en los nudos superiores del tallo principal y estas causaron un dramático aumento en la formación de las vainas ya que había más lugar disponible para las flores. La abscisión de flores también se redujo en un 9% cerca a las luces indicando que los fotosintatos disponibles aumentaron. Este par-

Tabla 3. Parámetros de cultivos para un Porrillo Sintético medidos a diferentes distancias desde una fuente de luz artificial con un fotoperíodo de 15h 30 min.

Parametro	Distancia de la fuente de luz, -			
	1-2	7-8	13-14	19-20
¹ Rend. grano, g/m ² (14%)	412	347	298	277
² Vainas/m ²	314	255	214	208
Granos/vaina	5.73	5.78	5.65	5.49
Peso grano, mg/grano	197	201	210	207
³ Nudos en tallo ppal./m ²	520	460	407	370
³ Nudos en ramas/m ²	268	272	147	179
⁴ Materia seca total, g/m ²	778	646	614	532
⁵ Indice de cosecha, %	40	50	51	54
Area foliar maxima, m ² /m ²	3.96	3.76	3.01	2.66
⁶ Dias a floración	51	43	36	36
⁶ Dias madurez fisiologica	95	84	71	69
⁷ Rend. grano/dia, g/dia	4.04	3.81	3.92	3.64
Porcentaje rend. ramas, %	82	39	18	14
⁸ Porcentaje absición total	59	-	-	68

¹ Promedio 4 replicaciones, area lote 8 m² por replicación

² Todos los componentes de rendimiento derivados de area submuestra

³ Nudos contados a madurez

⁴ Menos hojas y peciolo a madurez, submuestra 1 m²

⁵ Determinado en submuestra de 1 m²

⁶ Dias de emergencia planta (siembra a emergencia 7 dias)

Siembra a madurez fisiológica

⁸ Porcentaje total de flores en 8 plantas por tratamiento

parece deberse al aumento del índice de área foliar de 2.66 m²/m² a 3.96 cerca a la luz. El índice de cosecha se redujo un poco cerca a la luz sugiriendo que el cultivo produjo un crecimiento vegetativo excesivo en el tiempo extra disponible.

Este experimento muestra por lo tanto una evidencia muy importante que sugiere que un aumento en la longitud del ciclo vegetativo puede aumentar en gran parte el rendimiento.

En algunos sistemas agropecuarios un periodo más largo no fue posible debido a la disminución de lluvias al final de la época de crecimiento, o sea las siembras de frijol de octubre en América Central. Sin embargo, muchas áreas de producción no utilizan toda la época de lluvias disponible. En esos casos, una variedad tardía de frijol parece ser la forma más apropiada para aumentar el potencial de rendimiento. La resistencia al volcamiento será crítica en esta situación ya que las plantas serán más grandes y por lo tanto más susceptibles al volcamiento.

EFEECTO DEL SOPORTE DE COPAS EN PORRILLO SINTETICO

La necesidad de tener un tallo principal más fuerte parece ser crítica para aumentos en rendimiento para mejoramiento en el futuro. Se llevó a cabo un experimento en 1976A para demostrar el efecto de sembrar P566 en un sistema de soportes. Se utilizaron tres tratamientos:

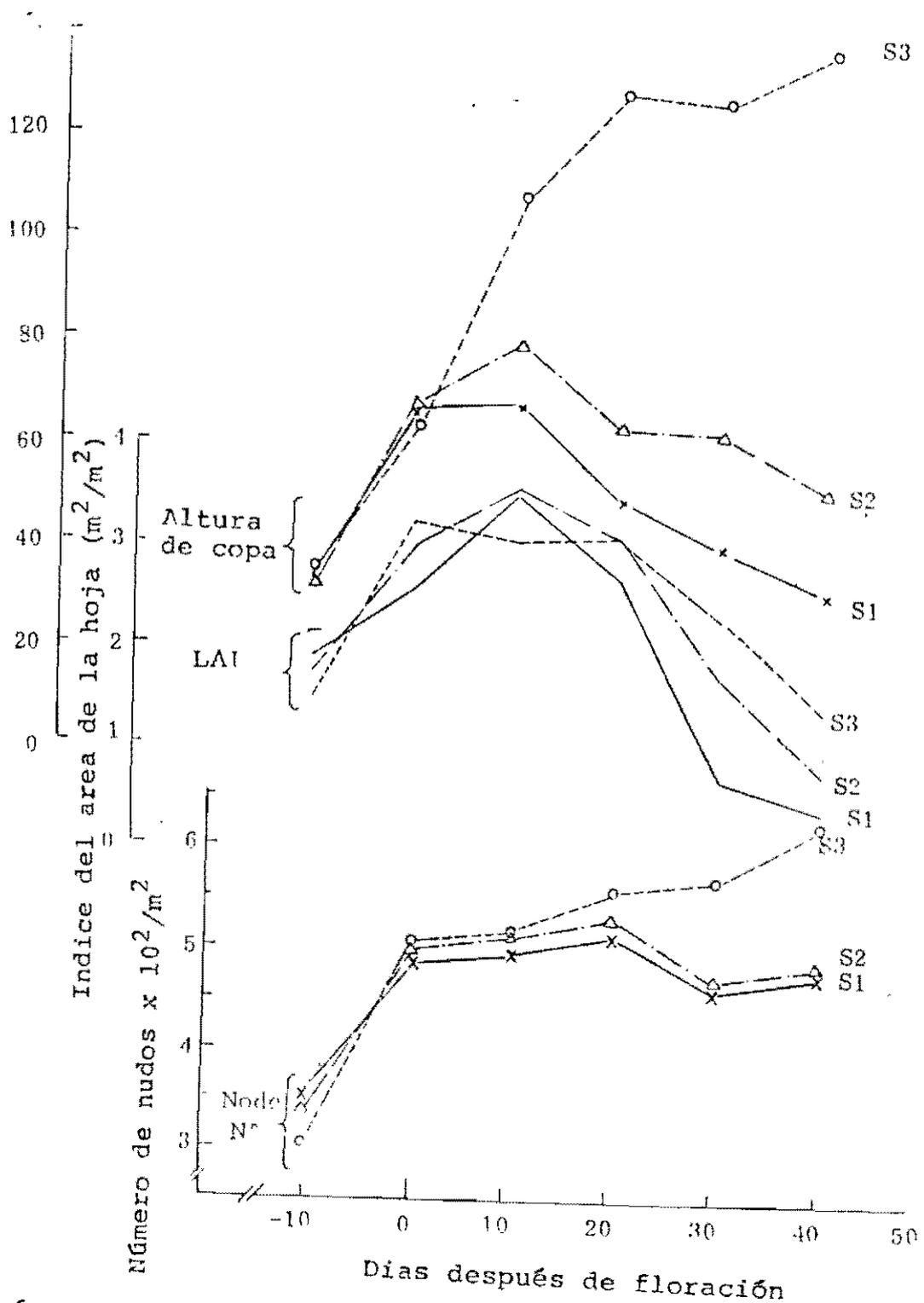
- 1) Cultivo normal con volcamiento normal
- 2) Cultivo sostenido por dos alambres horizontales
- 3) Cultivo sostenido por un enrejado vertical de cuerda

P566 muestra una gran capacidad para trepar en los soportes. El cultivo fue permitido a crecer más alto por medio de soporte artificial. Se aumentó el rendimiento en un 28%, de 2.77 ton/ha a 3.55 ton/ha (cultivo normal 1) y cultivo sostenido, respectivamente). Una comparación de rasgos de este experimento se observan en la Figura 6.

El cultivo creció 140 cm en soportes comparado con una altura máxima prevolcamiento de 63 cm en las parcelas de control. El área foliar máxima no cambió. Se produjeron nuevas hojas en los nudos superiores del tallo principal y mantuvieron un área foliar más alto durante el periodo de pos-floración. El número de nudos también aumentó. Los resultados sugieren que un aumento considerable podría ser alcanzado simplemente desarrollando tipos de frijol con una capacidad de mantener erecto el tallo a través del periodo de pos-floración.

RESPUESTA A LA DENSIDAD DE PLANTA

Se llevó a cabo un experimento para estudiar el efecto de aumentar la densidad de plantas en variedades de los tres grupos de habito (I, II, III). Los resultados se presentan en la Figura 7. P498, tipo III y con extensa formación de ramas virtualmente no mostró respuesta del rendimiento a la densidad. Las ramas compensaron la baja densidad de 6 plantas/m² el cultivo logró un rendimiento de más de 3 ton/ha. Las variedades en el tipo II mostraron una gran respuesta a la densidad aumentada, lo cual parece deberse al bajo grado de desarrollo de ramas. P498 tiene aproximadamente el 80-90% de su rendimiento localizado en las ramas a densidades bajas de planta. Esto disminuye a altas densidades de planta debido a competencia lo cual reduce el tamaño



5. Altura de copa, LAI y número total de nudos en tres sistemas de soporte (S1, S2, S3) en diferentes etapas de desarrollo de Porrillo Sintético.

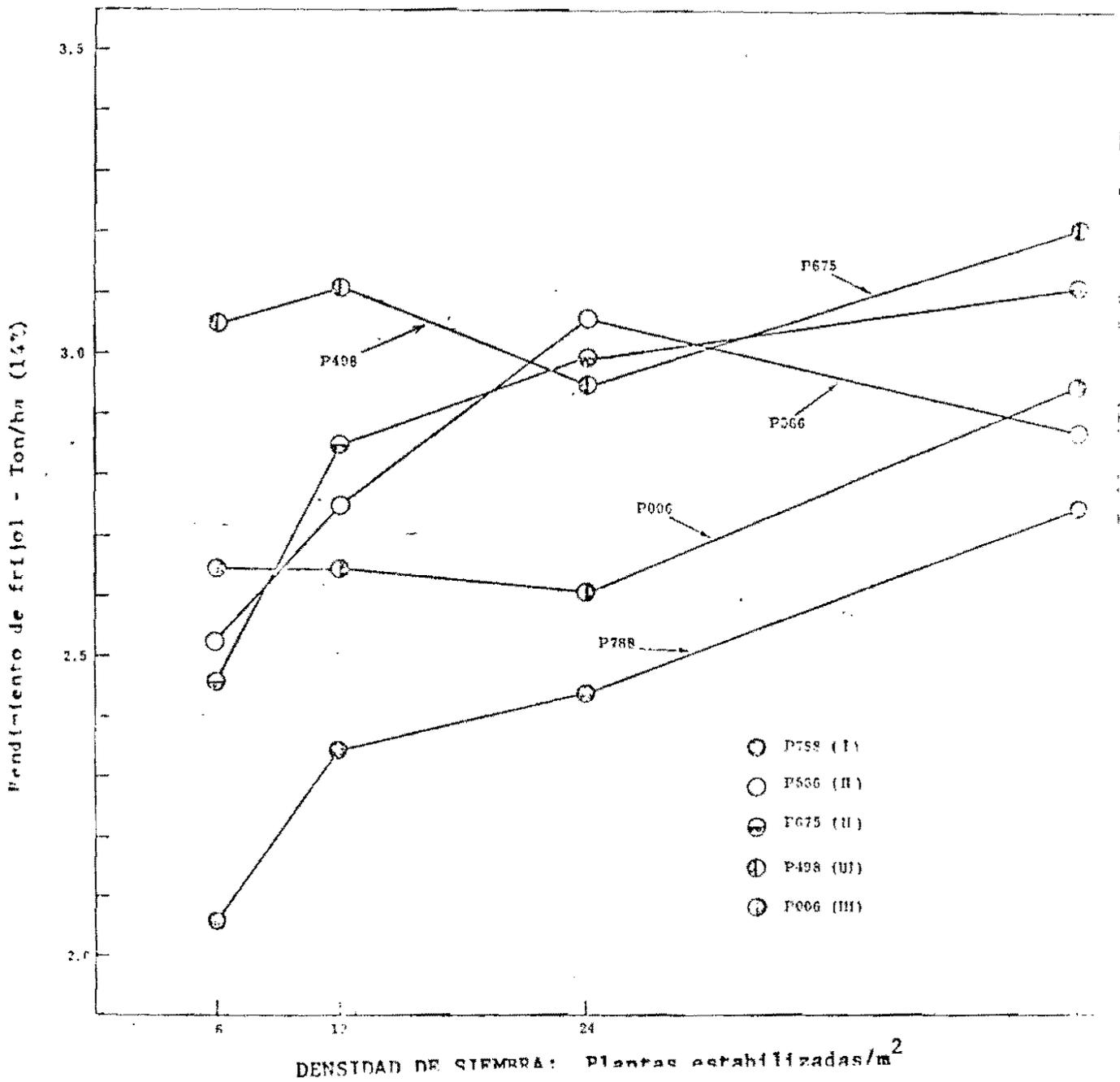


Figura 7. Respuesta de rendimiento a densidad de planta en cinco variedades de frijol de hábitos de crecimiento I-III.

las ramas y conductos secundarios en el tallo principal. La
altura que tiene una planta para compensar su baja densidad al
cultivo en condiciones agropecuarias donde densidades bajas e irregulares de planta son comunes.
Muchas variedades locales o criollas en la producción comercial
en América Latina son de este hábito de crecimiento en las ramas.
Los agricultores obviamente han seleccionado un tipo que mejor se
acomoda a las condiciones de cultivo.

CONCLUSIONES

En este informe se han demostrado varios factores que controlan el potencial de rendimiento. En condiciones sub-óptimas de producción, donde la falta de agua es común o donde la fertilidad del suelo es baja, obviamente otros efectos limitarían el rendimiento. Estos efectos se están estudiando actualmente.

Los resultados sugieren formas por las cuales el rendimiento puede ser aumentado efectivamente en Phaseolus vulgaris por medio de mejoramiento. En el informe final de este curso discutiremos los aspectos del mejoramiento del cultivo, particularmente con respecto al desarrollo de ideotipos apropiados para los diversos sistemas de cultivo bajo los cuales se siembran los frijoles. La necesidad de mejorar variedades para todos los sistemas de cultivo es muy importante si logra aumentos significativos en el rendimiento.

LEMBAYANA

Reporte Anual, CIAT. 1975 y 1976. Sistemas de Producción de
Frijol: Fisiología Frijol.

Evans, L.T. 1970. Crop Physiology: Some case Histories.
Cambridge University Press, U.K.

Milthorpe, F.L. and Moorby, J. 1974.. An introduction to crop
physiology, Cambridge University Press, U.K.

Douglas R. Laing, Fisiólogo

INTRODUCCION

OK.

El propósito de esta conferencia es dar a los estudiantes en el curso de producción de frijol un conocimiento del crecimiento y desarrollo de Phaseolus vulgaris al ser medido bajo condiciones del trópico. Este informe está dividido en cuatro partes, las cuales mostrarán aspectos de importancia fisiológica. El último informe de esta serie, presenta algunas implicaciones de este trabajo relacionados con un programa de mejoramiento. Finalmente, la investigación fisiológica solo puede ser valiosa si los principios son aplicados en un programa avanzado de mejoramiento.

El crecimiento es definido como el aumento del tejido de la planta al ser medido por el peso aumentado de las partes de la planta o área foliar. El desarrollo es definido como el proceso de diferenciación que a la postre convierte la planta de una etapa vegetativa a reproductiva. En este informe, se describirán el crecimiento y desarrollo de cuatro genotipos de Phaseolus vulgaris. Las variedades son representativas de los cuatro hábitos de crecimiento, los cuales han sido definidos dentro del banco de germoplasma de CIAT. Los hábitos de crecimiento son los siguientes:

- I Arbustivo determinado
- II Arbustivo erecto indeterminado
- III Arbustivo postrado indeterminado
- IV Frijol trepador indeterminado

Los experimentos descritos fueron conducidos bajo condiciones de irrigación y fertilización en CIAT en 1975 y 1976. La investigación fue parte de un programa general de investigación en fisiología de frijol.

Experimental

Las variedades utilizadas en los experimentos fueron:

- P788 - Swedish Brown (Suecia, I)
- P566 - Porrillo Sintetico (Honduras, II)
- P498 - Puebla 152 (Mexico, III)
- P589 - PI 313-624 (Colombia, IV)

El número P se refiere al número de la variedad promisoría de CIAT. Las fuentes dadas son las de la semilla en CIAT y no necesariamente se refieren al país primario de origen.

Los cultivos fueron sembrados en un sistema de camas de 1m con dos surcos por cama con espacios entre surcos de 65cm:35cm:65cm. La población de plantas despues del raleo fue de 30 plantas/m². En el caso de la variedad trepadora de tipo IV el cultivo fue sembrado en un enrejado de alambre y cuerda de 2m de altura y 1m de ancho. Los experimentos fueron fertilizados con 200 kg/ha de 15:15:15, fertilizante comercial, y microelementos (Zn, Mg, S, Fe, B). Los análisis de crecimiento fueron determinados en áreas de cosecha de 1 m² tomados una vez por semana a través del ciclo vegetativo. Siempre se utilizaron cuatro replicaciones. Se hicieron observaciones de abscisión de flores y formación de vainas en plantas seleccionadas con una copa normal. Los cultivos fueron cosechados al momento de madurez y se determinó el rendimiento y componentes de rendimiento. Generalmente se cosechó a 10 m² de la parcela por rendimiento final y 1 m² para componentes de rendimiento final, vainas/m², y peso promedio de frijol (mg/frijol.)

CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Rendimiento y Estructura de Rendimiento

En la Tabla 1 se muestran los resultados de un experimento conducido en 1976A. La tabla muestra rendimientos que fluctúan entre 2.65 ton/ha y 4.54 ton/ha. Este es el rango normal de rendimiento para los experimentos de CIAT. El rendimiento más bajo de P566 (Porrillo Sintético) comparado con P788 no es una situación normal ya que en la mayoría de los experimentos P566 sobresale en rendimiento a la mayoría de las variedades de tipo I. El rendimiento de P788 es excelente en este ensayo ilustrando el potencial eficiente de rendimiento de variedades determinadas para el corto período de crecimiento que ellas tienen. El rendimiento en $g/m^2/día$ es bastante alto en esta variedad de tipo I y es más alto que las otras dos variedades arbustivas indeterminadas. P498, tipo III, tuvo un rendimiento de 3 ton/ha en 90 días a partir de la siembra, pero este rendimiento fue alcanzado debido a una tasa más baja por día. Por lo tanto, para las variedades de tipo III el alto rendimiento estuvo asociado con un período más largo de crecimiento con un máximo índice de área foliar más alto. Por consiguiente, un ciclo vegetativo resulta en un área foliar más alto o fuente de fotosíntatos, los cuales a su vez permiten un potencial de rendimiento más alto.

El alto rendimiento de 4.54 ton/ha del frijol trepador (P589) en enrejados es un resultado común bajo condiciones de monocultivo en CIAT. El rendimiento fue alcanzado a un nivel alto de eficiencia por día ($4.73 g/m^2/día$) y esto a su vez parece estar asociado con un índice de área foliar muy alto de $6.7 m^2/m^2$. El índice de cosecha fue más alto sugiriendo que el cultivo fue eficiente al convertir la producción total de materia seca en ren

Tabla 1. Comparación de cuatro variedades de P. vulgaris utilizadas en estudios de análisis de crecimiento. 1976A

Variedad	P788	P566	P498	P589
Habito Crecimiento	I	II	III	IV
¹ Rendim. frijol g/m ² (ton/ha 14%)	2.85	2.65	3.05	4.54
² Rendim. frijol g/m ² (peso seco)	262	282	296	393
Vainas/m ²	311	255	294	315
Granos/vaina	2.65	2.97	4.07	6.22
Peso grano, mg/frijol	317	186	247	200
Porcentaje rendimiento ramas	76	16	80	5
³ Dias a floración	31	39	40	47
³ Dias madurez fisiológica	77	82	90	96
⁴ Rendimiento frijol/día, g/día	3.70	3.23	3.39	4.73
⁵ Total materia seca (g/m ²)	454	494	475	583
Indice cosecha %	57.8	57.5	62.5	67.4
⁶ Porcentaje absición, vainas 3cm	65	52	59	55
⁶ Porcentaje absición, vainas 3cm	10	17	17	18
⁶ Porcentaje absición total	75	69	76	73

¹ Rendimiento de 10 m² area de muestra para rendimiento

² Rendimiento de submuestra (1 m²) utilizada para perfil de rendimiento en la Figura 10

³ Dias de siembra

⁴ Siembra a madurez fisiológica

⁵ Menos hojas y peciolas a la madurez

⁶ Porcentaje de flores totales/m²

dimiento económico. La copa del tipo IV fue muy alta (2m) y la penetración de la luz es excelente bajo esas condiciones.

El rendimiento de las cuatro variedades está adherido a la planta de una forma diferente dependiendo del hábito de crecimiento. Los perfiles de rendimiento por nudo de tallo principal en base a metros cuadrados se muestran en la Figura 1. La variedad I tiene solo 7 nudos en el tallo principal y un alto rendimiento en ramas (75% del total). La variedad de tipo II tiene un número máximo de nudos de 16 con el rendimiento principal adherido a los nudos 5-10. Esta variedad tiene ramas pequeñas (16% del rendimiento) colocadas cerca al tallo principal y las ramas en los nudos inferiores (3-5). El rendimiento es más alto que el tipo I ya que esta variedad continúa produciendo nudos en el tallo principal después de floración (10 nudos a la floración, 16 nudos al máximo número de nudos). La variedad de tipo III es en contraste un tipo de planta que posee ramas postradas grandes en los nudos inferiores (3-6). Esta variedad contiene el 80% de su rendimiento en las ramas en contraste a P566 (II). El tallo principal es más largo y tiene en promedio 22 nudos, sin embargo, los nudos de la parte superior tienen pocas vainas. La variedad de tipo IV P589 muestra un hábito de crecimiento completamente diferente con 30 nudos en el tallo principal (a tiempo de cosecha) con muy poco rendimiento en los nudos inferiores (2-12) y solo el 4% de su rendimiento total en las ramas inferiores. Normalmente, hay poca emisión de ramas en las variedades de tipo IV cuando son sembradas a densidades de planta razonables (200×10^3 /ha).

Las variedades seleccionadas son razonablemente representativas de las otras variedades en el mismo hábito de crecimiento. Variación dentro del hábito de crecimiento existe para emisión de ramas particularmente en los tipos I y II. El porcentaje de rendimiento en las ramas es una buena indicación del rendimiento.

Posición del nudo en el tallo principal

P788 (I)

Rendim. σ : 262 g/m²
 Vainas/m²: 111
 Rendim. ramas: 76

P566 (II)

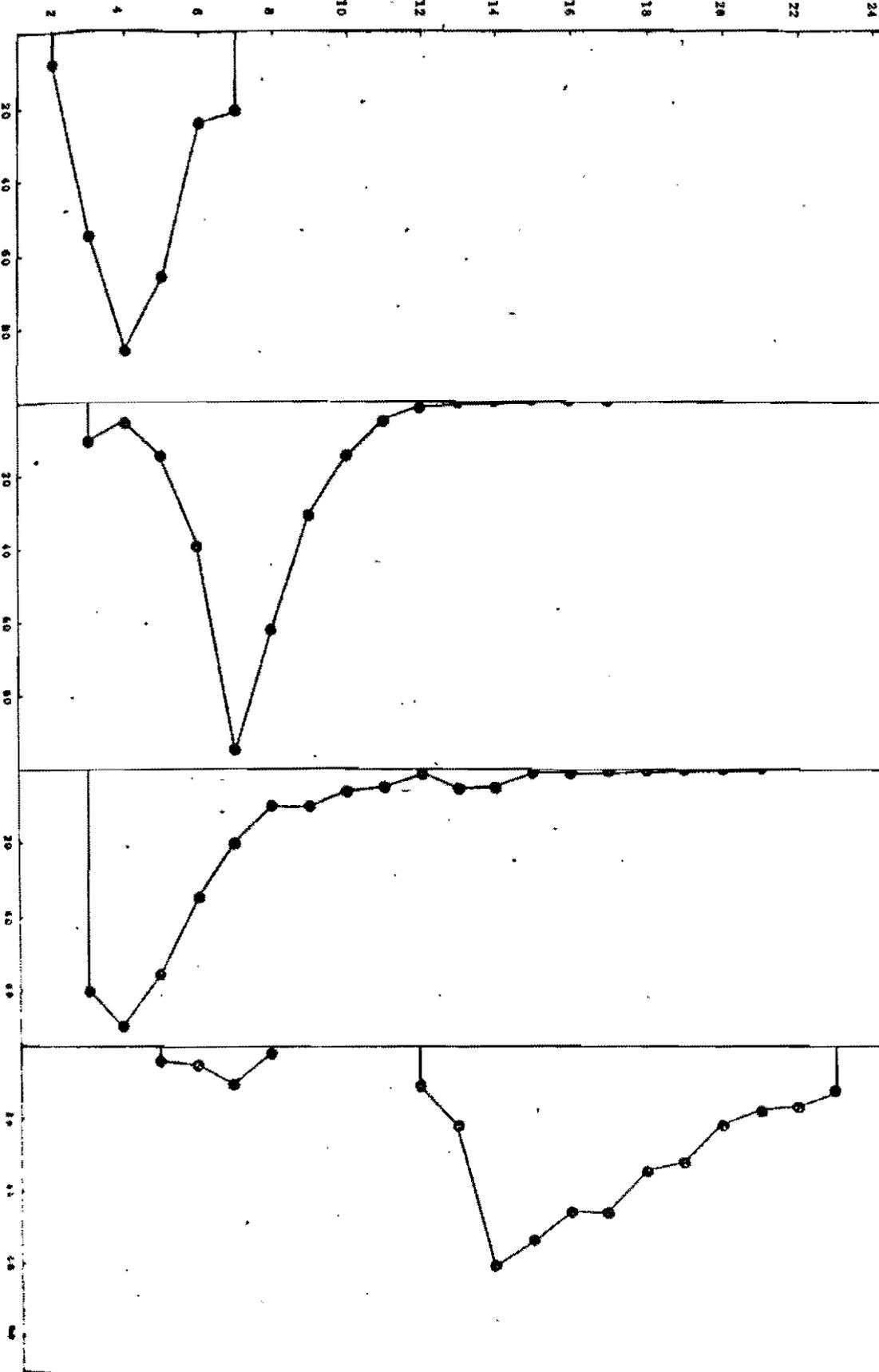
Rendim. σ : 282 g/m²
 Vainas/m²: 255
 Rendim. ramas: 16

P498 (III)

Rend. σ : 296 g/m²
 Vainas/m²: 294
 Rend. ramas: 80

P559 (IV)

Rend. σ : 393 g/m²
 Vainas/m²: 315
 Rend. ramas: 4



Mediciones de fibra: a por cada cm² de superficie

DESARROLLO DEL AREA FOLIAR

El desarrollo del area foliar de las cuatro variedades se observa en la Figura 2. Los datos muestran un area foliar verde y alto para P589 ($6.7 \text{ m}^2/\text{m}^2$). Las variedades arbustivas tienen valores maximos diferentes pero las variedades tardías muestran una cuspide más tardía y una tasa de declive muy similar despues de que se ha alcanzado el area foliar maximo. La caída rápida en area foliar coincide con el aumento rapido de peso de grano. Las vainas en desarrollo atraen todo el material del resto de la planta causando una senescencia en las hojas. Si las vainas son removidas de una planta las hojas permanecen verdes durante un periodo más largo antes de envejecer finalmente. El alto rendimiento del tipo IV y hasta cierto punto del tipo III está asociado con la más larga duración del area foliar.

APARICION DE HOJAS

La frecuencia de aparición de hojas en el tallo principal es una buena indicación del desarrollo de las plantas. Los datos en la Figura 3 muestran la aparición de hojas (día del despliegue de las hojas) para las cuatro variedades mencionadas anteriormente. El tipo I detiene el desarrollo de la hoja en el tallo principal en el nudo 8 aproximadamente 25 dias despues de la emergencia de la planta. Todos los indeterminados continuan produciendo nudos y hojas en el tallo principal despues de floración. Los indices de producción de hojas (o producción de nudos) difieren : P589 y P498 tienen un indice alto. P498 se separa del indice alto y es sucedido por P589 de aprox, 32 dias despues de emergencia.

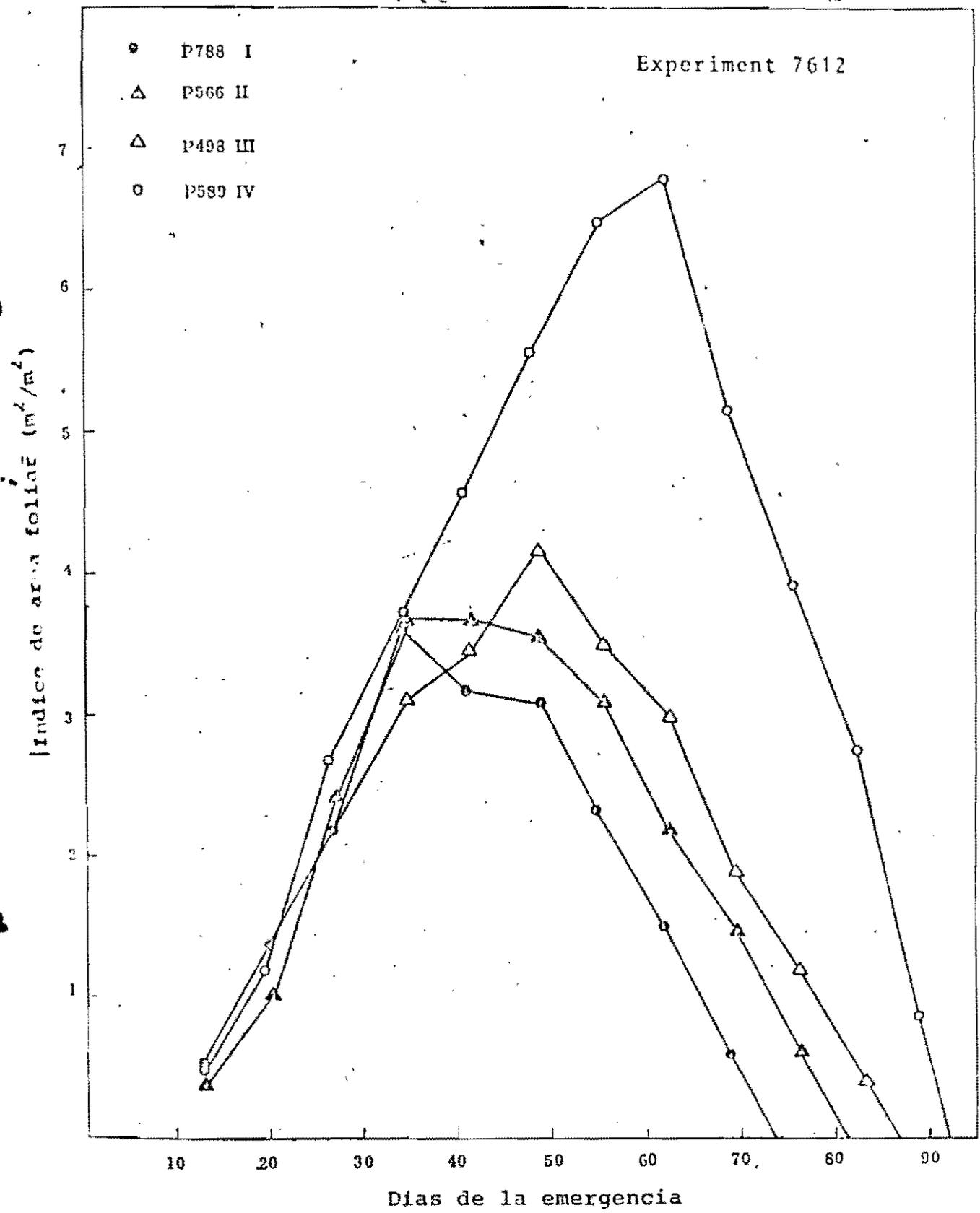


Figura 2. Índice de area foliar para 4 variedades contrastantes en un experimento de analisis de crecimiento en 1976A

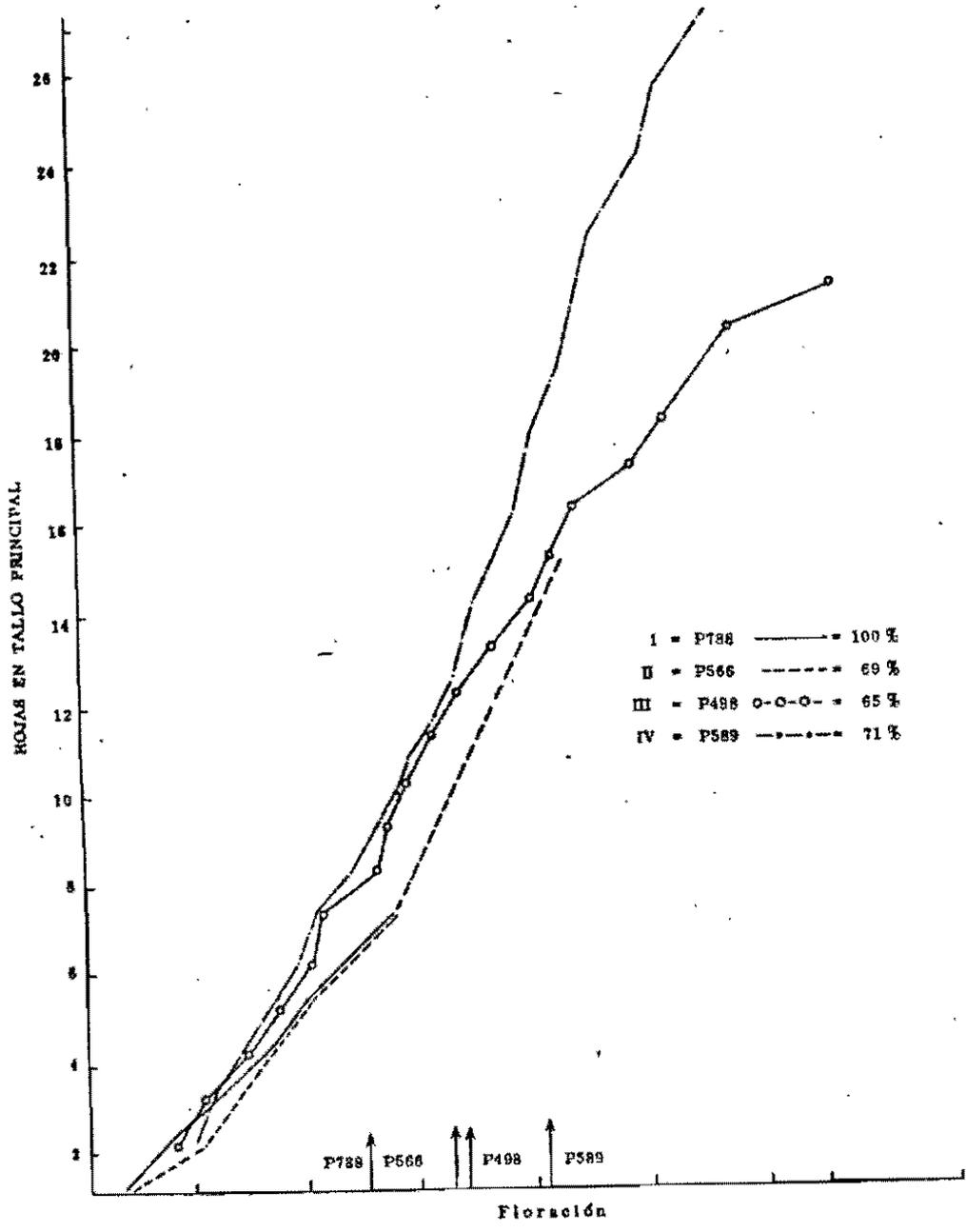


Figura 3. Tasa de aparición de hojas en el tallo principal de cuatro variedades de Phascolus vulgaris.

PRODUCCION DE MATERIA SECA

Los indices de producción de materia seca o indices de crecimiento del cultivo (ICC) (g/m^2 area de tierra/día) se observan a continuación para el periodo lineal de crecimiento en cada variedad:

P488	I	10.94	$\text{g/m}^2/\text{día}$	(ICC)
P566	II	11.15	"	"
P498	III	9.19	"	"
P589	IV	12.06	"	"

El periodo de crecimiento fue de 20 a 55 días en todas las variedades. P589 con un despliegue más eficiente de hojas e índice de area foliar más alto tuvo un índice de 31% más alto que la variedad más baja P498. Las otras dos fueron muy similares.

CRECIMIENTO REPRODUCTIVO VS. VEGETATIVO

Las partes de la planta en cada cosecha fueron divididas en partes vegetativas (hojas, tallos, peciolo, ramas) y reproductivas (vainas y granos)- Se comparan dos variedades en la Figura 4 para los patrones relativos de crecimiento del organo vegetativo (COV) y crecimiento de organo reproductivo (COR) observados para P788 (I) y P589 (IV). El alto rendimiento del frijol es ilustrado por el COR mucho más alto en la parte tardía de la época en el trepador. El tipo I produjo 50% de COV después de floración (en las ramas) mientras que el tipo IV produjo solo el 36%. Después del máximo COV en cada caso, el peso de los organos vegetativos disminuyó rápidamente al comenzar el crecimiento significativo del organo. La importancia de esta

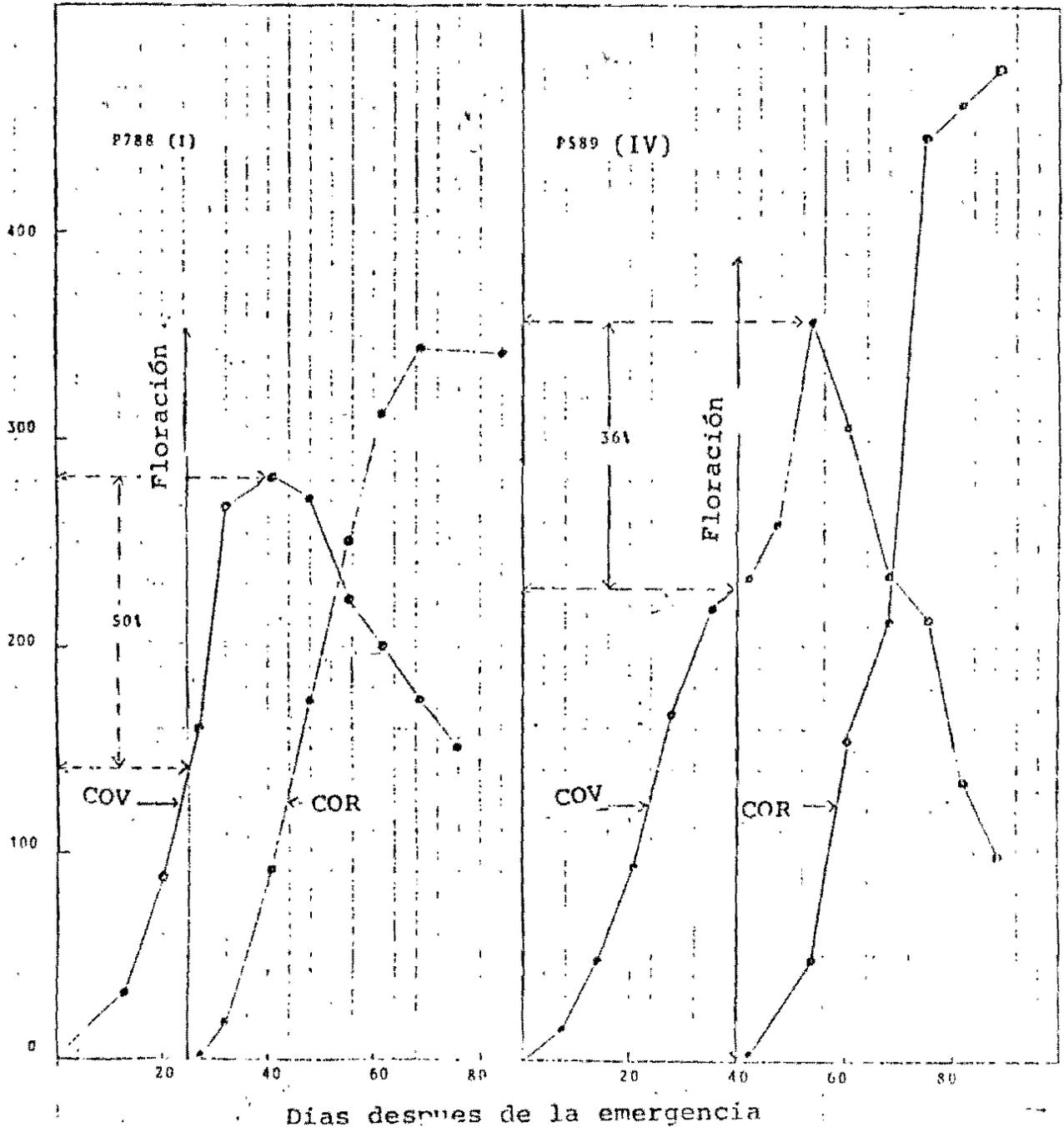


Figura 4. Crecimientos de organos vegetativos y reproductivos en dos variedades contrastantes en 1976A en experimentos de analisis de crecimiento.

comparación es la demostración que a pesar que las variedades de tipo I no muestran mayor crecimiento en tamaño de tallo principal, hay un aumento significativo en materia seca en las ramas después de floración (observar rendimiento alto en las ramas del tipo I).

DESARROLLO FENOLOGICO

La etapa de floración (definida aquí como 50% de las plantas en una población que tienen por lo menos 1 flor/planta) tiene vital importancia en el crecimiento del frijol. La iniciación de flores ocurre antes, pero el mayor cambio en desarrollo ocurre cuando comienza la floración (flores abiertas). Los datos de la Tabla 1 muestran los periodos fenológicos comparativos para las cuatro variedades. Las variedades de tipo I generalmente florecen y maduran temprano en CIAT.

Los otros hábitos de crecimiento tienen más amplia variación en floración y madurez con tipos tempranos y tardíos particularmente en los tipos II y III. El tipo IV generalmente es tardío aunque algunas variedades tempranas de tipo IV han sido identificadas en la colección. En este caso, sin embargo, el material es generalmente más tardío que la mayoría de los tipos arbustivos. Por esta razón una clasificación superficial para las condiciones de CIAT de temprano y tardío dentro de los hábitos de crecimiento sería la siguiente de acuerdo a días después de siembra a madurez fisiológica:

Habito	Precoz	Media	Tardia
I	<60	60-70	>70 *
II	<70	70-85	>85
III	<70	70-85	>85
IV	<85	85-95	>95

*.Días a madurez fisiológica del tiempo de siembra

Por lo tanto, P788 podría ser considerado como un tipo I temprano, P566 como un tipo II medio, P498 como un tipo III tardío y P39 como un tipo IV medio a tardío. La temperatura afecta en gran parte la duración de la época de crecimiento del frijol, y las temperaturas bajas retardan la duración del ciclo vegetativo. La respuesta al fotoperiodo de variedades también influye en la duración del ciclo vegetativo. Esto será discutido más adelante en esta serie de conferencias.

DESARROLLO DE LAS FLORES

Las observaciones de las flores fueron tomadas diariamente en plantas seleccionadas y se tomaron datos de la localización exacta y día de abertura de flores. La fecha de abscisión de flores o abscisión de vainas y la localización de vainas maduras a cosecha también fueron anotadas. Después de corregir los datos para densidad de planta del experimento (30 plantas/m^2), el período de abscisión de flores puede ser medido en base a una unidad de área de terreno. La Figura 5 muestra los períodos de floración comenzando en la primera abertura de flor para cada variedad en una base diaria. Todas las variedades muestran una gran abscisión (Tabla 1) de flores que se forman tarde en el período de floración. La duración del período de floración varía con cada variedad. El tipo I tiene típicamente un período corto de floración (13 días) con vainas producidas de flores que abrieron en los primeros ocho días del período de floración. P498 tiene el período más largo de floración con 28 días produciendo flores tardías en el crecimiento principal de ramas de esta variedad después del comienzo de la floración. El porcentaje de abscisión es relativamente similar en todas las variedades, con abscisión de flores aproximada de 75% ya sea como flores y vainas muy pequeñas en algunos casos vainas más largas ($>3\text{cm}$ en longitud).

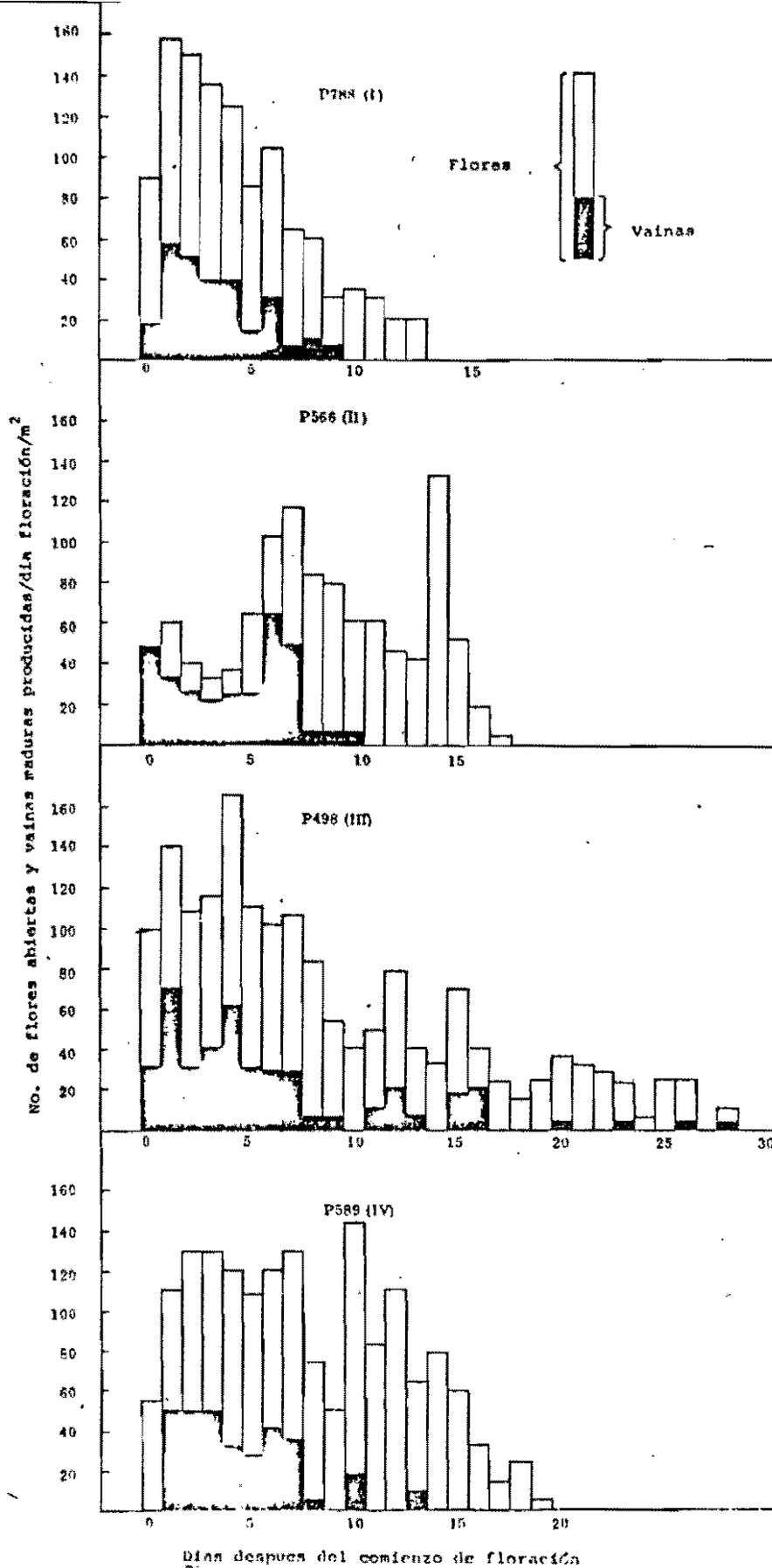


Figura 5. Producción/m² de flores y vainas con respecto a días después del comienzo de floración en 4 variedades en un experimento de análisis de crecimiento en 1976A.

El patrón de floración sugiere que el primer grupo de flores que se abre generalmente produce vainas. Evidencia en otros experimentos sugiere que estas vainas influyen en la dirección en la cual el fotosintato disponible es transportado en la planta debido a la producción de sustancias endógenas de crecimiento por el tejido joven en desarrollo. Estas flores que abortan parecen hacerlo por falta general de fotosintatos suficientes para mantener el potencial de vainas cargadas indicadas por el número de flores que se forman. En otras palabras, la planta soporta tantas vainas como puede dependiendo de la disponibilidad de fotosintatos, siempre que se dan las condiciones de buena irrigación. La abscisión de flores debida a sequía temporal es también un fenómeno muy común en frijol. La abscisión aumenta la tasa de abscisión comparada a frijoles sembrados bajo condiciones relativamente no limitantes de agua. El ataque de insectos y condiciones adversas del suelo también pueden causar abscisión de flores.

DESARROLLO DE LA VAINA

Las vainas comienzan a crecer inmediatamente después de que los óvulos han sido fertilizados. En las primeras etapas, el crecimiento es bastante lento. La Figura 6 muestra el crecimiento de la vaina para una variedad, P566. Las vainas aumentan en longitud durante 10-12 días después de floración y luego se detienen. Aproximadamente a los 15 días se puede detectar peso de grano significativo en la vaina, mientras que se alcanza madurez fisiológica a los 33 días después de floración en esta variedad. La tasa de crecimiento de la vaina varía hasta cierto punto entre variedades. El contenido de humedad del frijol gradualmente decae a aproximadamente 50% a los 33 días y luego disminuye rápidamente cuando ha pasado la madurez fisiológica. La madurez fisiológica se define aquí como el tiempo cuando aumenta el peso del grano y no puede ser de-

Peso grano/vaina, peso pared vaina/vaina, peso organo reproductivo/vaina (g/vaina)

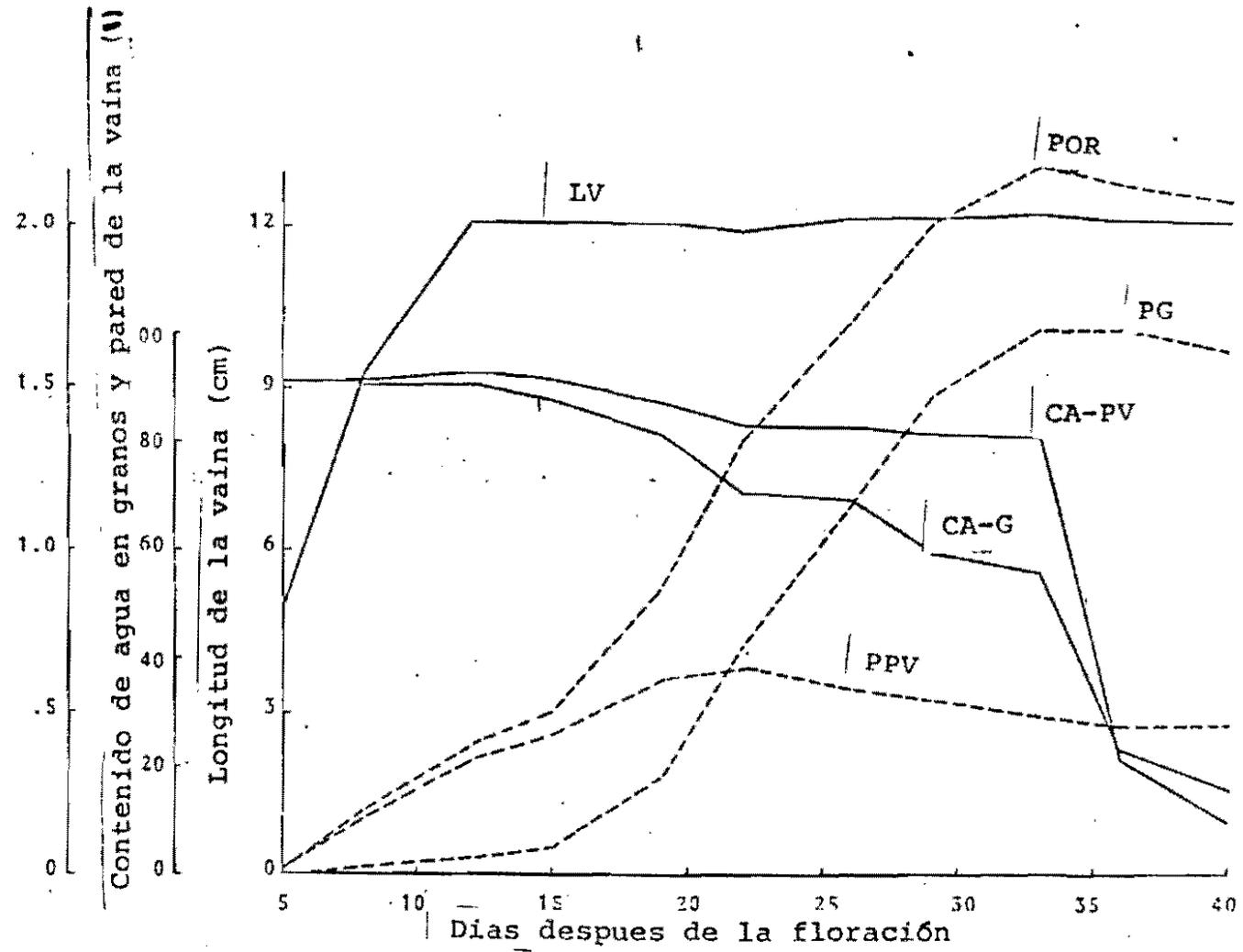


Figura 6. Longitud de la vaina (LV), peso grano/vaina (PG), peso pared de la vaina/vaina (PPV), peso organo reproductivo/vaina (POR) peso grano + peso pared vaina; contenido de agua (CA) de pared vaina (PV) y grano (G) a diferentes etapas de crecimiento despues de floración de la vaina en el 7o. nudo del tallo principal en Porrillo Sintetico.

ado en la vaina. Los datos arriba mencionados son para una vaina específica formada en el nudo 7. El período de pos-floración de todo el cultivo es un poco más largo, o sea 43 días en total ya que las vainas son producidas de flores que abren en un período de 10 días. Las flores abren por primera vez en el nudo 7. Generalmente la última vaina que madura es producida de las flores que abren 10 días después del séptimo nudo para P566.

LITERATURA COMPLEMENTARIA

Wardlaw, L.T. and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy* 28: 301-359.

Wardlaw, C.M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* 28: 361-405.

Douglas R. Laing, Fisiólogo

INTRODUCCION

En esta sección del curso se discutirán aspectos de la adaptación en el frijol. Un punto de vista del problema se puede definir a continuación: una variedad de frijol que será adaptada ampliamente debe primeramente ser capaz de rendir bien en un ambiente. La habilidad de la variedad para rendir bien a través de un amplio rango de ambientes y/o sistemas de cultivo es importante en el sentido que el libre movimiento de materiales de mejoramiento se facilita enormemente. Se puede argumentar que la amplia adaptación no es necesaria ya que adaptación local puede ser medida rápidamente y utilizar variedades que mejor se comporten en ese ambiente. Se pueden hacer argumentos en pro y en contra de amplia adaptación y llegar difícilmente a conclusiones. En la mayoría de los casos la gente argumenta sobre este problema sin especificar el componente de adaptación. Algunos componentes de adaptación son importantes en casi todos los ambientes. En esta categoría podríamos colocar tolerancia a sequía o habilidad para rendir razonablemente bien bajo condiciones sub-óptimas de suministro de agua.

COMPONENTES DE ADAPTACION

Se pueden identificar los componentes de adaptación. Los siguientes han sido elaborados para el frijol en el CIMT.

1. Insensibilidad al fotoperíodo. La habilidad de una variedad para crecer en un amplio rango de latitudes (fotoperíodos) sin un cambio marcado en el tiempo de etapas tempranas.

gicas de crecimiento, o sea floración y madurez. La predicción que una variedad se adapte a una duración especial de época de crecimiento es el aspecto más importante: (Influencia de la temperatura sobre la longitud de la época de crecimiento: bajas temperaturas aumentan la duración de la época de crecimiento en todas las variedades).

2. Estabilidad en el habito de crecimiento. Phaseolus tiene un amplio rango de hábitos de crecimientos. La habilidad de una variedad en particular para mantener su habito de crecimiento en un amplio rango de ambientes parecería ser de importancia. Frijol arbustivo que muestra características trepadoras en algunas localidades ha sido identificado en el germoplasma. Esta tendencia de trepar en frijol sin soportes causa una reducción seria en rendimiento debido al mal desarrollo de la copa.
3. Insensitividad de temperatura en la floración. Algunas variedades muestran un desarrollo anormal de flores y abscisión a temperaturas diferentes de su zona de adaptación. Esto es particularmente cierto cuando son sembrados a temperaturas mayores. Otro aspecto de la adaptación de la temperatura está relacionada con la sensibilidad de un rango diario mayor en temperatura. Ambos aspectos están bajo estudio en 1977A.
4. Tolerancia a la sequía. La habilidad que tiene una variedad para rendir relativamente bien en ambientes subóptimos de agua puede ser dividida en dos aspectos (a) la habilidad para resistir abscisión de flores directamente o (b) la habilidad para escapar déficits periódicos de agua al tener un periodo de floración largo.

5. Tolerancia a exceso de agua. La habilidad de una variedad para rendir relativamente bien bajo condiciones donde los niveles de agua del suelo son mantenidos debido a excesiva lluvia y/o mal drenaje.

Otros aspectos de amplia adaptación están siendo estudiados por otras disciplinas, tal como amplio espectro de resistencia a enfermedades para muchas razas de enfermedades; habilidad para fijación de nitrógeno Rhizobial bajo un amplio rango de condiciones de temperatura y/o condiciones de suelo; resistencia a altos niveles de sodio en el suelo en el complejo de intercambio, resistencia a altos niveles de aluminio y/o acidez de suelo intercambiable.

SENSIBILIDAD AL FOTOPERIODO

Se han llevado a cabo selecciones para sensibilidad al fotoperiodo en más de 500 genotipos promisorios en CIAT. Aproximadamente el 40% ha demostrado ser insensible al fotoperiodo y esto ocurre en todos los hábitos de crecimiento y en materiales precoces y tardíos.

Sensibilidad al fotoperiodo es probablemente menos importante cerca al trópico ya que la longitud del día no cambia de época a época. A latitudes más altas, la importancia de la insensibilidad al fotoperiodo aumenta debido a que los tipos sensitivos toman más tiempo en florecer y no maduran a tiempo antes de que las bajas temperaturas en el invierno limitan el rendimiento. En algunas situaciones, la alta sensibilidad al fotoperiodo puede ser una ventaja al adaptar variedades a condiciones de latitud. Este es un tema complejo que no discutiremos en esta conferencia. Los resultados de una selección de fotoperiodo de 278 líneas se obser

en la Tabla 1. El conocimiento de sensibilidad al fotoperíodo es útil en el programa de mejoramiento como una forma de predecir la disponibilidad de tipos insensitivos en las proyecciones.

ESTABILIDAD EN EL HABITO DE CRECIMIENTO

En una investigación en colaboración con la Universidad de Cornell se han evaluado tipos que han sido identificados en CIAT como inestables y tipos de frijol arbustivo estable para tendencias trepadoras en diferentes ambientes controlados. Los experimentos han demostrado que la reacción al fitocroma inducida por longitudes de onda rojas-rojas lejos de luz (660 nm y 730 nm, respectivamente) está controlando la tendencia a trepar en las variedades "inestables" de frijol arbustivo indeterminado. La luz roja hace que las plantas trepen aunque solo sean suministradas 15 minutos de luz durante la noche. Si este tratamiento es seguido por 15 minutos de luz roja-lejos, las plantas no trepan. Por lo tanto la reacción es fotoreversible. Se ha planeado investigación aquí en CIAT para utilizar luz roja en el campo como una forma de seleccionar material con una tendencia a trepar. Se espera que este método pueda ser usado en una base rutinaria para evaluar los padres y material de mejoramiento avanzado para tendencia a trepar.

TOLERANCIA A SEQUÍA

Se han llevado a cabo experimentos en La Molina, Perú bajo condiciones sin lluvia para seleccionar material resistente a deficiencia de agua. Este trabajo ha sido realizado en colabo-

Tabla 1. Resumen de los resultados para todos los materiales seleccionados en 1975 por clasificación a respuesta a fotoperíodo y hábito de crecimiento: los datos en la tabla expresan número de genotipos en cada grupo.

Hábito de crecimiento	Respuesta a fotoperíodo: retraso días a floración ¹					Total
	(4)	(4-10)	(11-20)	(21-30)	(30)	
I	17 (40.5%)	4 (9.5%)	13 (31.0%)	6 (14.3%)	2 (4.8%)	42 100
II	65 (51.2%)	18 (14.2%)	34 (26.8%)	7 (5.5%)	3 (2.4%)	127 100
III	23 (37.1%)	12 (19.4%)	13 (21.0%)	11 (17.7%)	3 (4.8%)	62 100
IV	5 (10.6%)	5 (10.6%)	15 (31.9%)	12 (25.5%)	10 (21.3%)	47 100
TOTAL	110 (39.6%)	39 (14.0%)	75 (17.0%)	36 (13.0%)	12 (6.5%)	272 100

¹ Retraso en días a floración en días de 18h comparado a longitud día de 12h 20 m, CIAT 3°N

ción con científicos peruanos. Los resultados preliminares
mueren que se encuentran disponibles algunas variedades que
muestran resistencia a deficiencia de agua cuando los rendimientos
de parcelas irrigadas y no irrigadas son comparadas. Se
está llevando a cabo otro trabajo para probar estos descubri-
mientos y para desarrollar una técnica de selección para resis-
tencia a la deficiencia del agua.

TOLERANCIA AL EXCESO DE AGUA

Se llevó a cabo un experimento en CIAT en 1976B para eva-
luar 25 líneas que anteriormente mostraron variación para resis-
tencia a exceso de agua. El material fue sembrado durante 15
días bajo condiciones normales y luego fueron inundadas las parcelas
a una profundidad de aprox. 5 cms bajo la cresta de las camas.
El agua fue mantenido durante toda la época de crecimiento. Las
variedades en el grupo mostraron diferencias muy grandes en cuanto
a resistencia a exceso de agua cuando los rendimientos de las
parcelas inundadas y las parcelas de control no inundadas fueron
comparadas. Los resultados se presentan en la Tabla 2. Porrillo
genético (P566) muestra una resistencia muy alta al exceso de
agua, así como ICA Pijao (P675), el cual también es del tipo de
Porrillo. Por otro lado, tres tipos de Jamapa de diferentes paí-
ses muestran niveles muy similares de reducción de rendimiento y
un nivel de resistencia mucho inferior comparado con el grupo de
Porrillo. Otras variedades muestran niveles muy bajos de rendi-
miento bajo condiciones de inundación. Las razones para esta di-
ferencia en reacción se cree están asociadas con producción de
etileno de las raíces. Se planea trabajo adicional para evaluar
20 líneas bajo esas condiciones en CIAT en 1977A.

Tabla 2. Rendimiento de 25 variedades de frijol bajo condiciones normales y con exceso de humedad. Selección por resistencia a excesos de humedad. 1976E.

Variedad	Promedio de rendimiento Kg/ha		Rábido de crecimiento (%)
	Control (C)	Húmedo (H)	
P566	240	207	86.25
P757	228	175	76.75
P675	260	190	73.03
P623	143	103	72.02
P458	243	175	72.01
P511	241	141	58.50
P755	230	132	57.39
756	250	143	57.20
P498	308	172	55.84
P226	230	128	55.65
P560	225	124	55.06
P700	238	131	55.04
P302	248	135	54.43
P322	260	139	53.46
P643	219	117	53.42
P788	216	115	53.24
P737	268	142	52.98
P459	271	141	52.02
P692	242	113	46.60
P635	242	111	45.86
P524	235	107	45.53
P381	255	116	45.40
P758	308	137	44.48
P637	252	109	43.25
P512	297	118	39.71

CONCLUSIONES

El conocimiento de la existencia de variación en el genotipo para estos y otros caracteres de adaptación es de gran importancia para el programa de mejoramiento. Si bien no será posible combinar todos estos aspectos en una variedad, es valioso saber que tipos de caracteres de adaptación podrían estar presentes en las generaciones segregantes. De un conocimiento de los padres podría ser posible evaluar el ambiente más apropiado al cual se adapte mejor el material. Este conocimiento debería ayudar mucho, en colaboración con los programas nacionales y el CIMMYT para desarrollar material con buena adaptación a sus zonas de producción.

LECTURA COMPLEMENTARIA

Price, D. 1975. Photoperiodism in Plants. McGraw Hill, London

Egg, J.E. and Turner, N.C. 1976. Crop water deficits. Advances in Agronomy 29: 161-216.

Robins, J.S. and Domingo C.E. 1956. Moisture defects in relation to the growth and yield of dry beans. Agronomy Journal 47: 67-70.

IMPLICACIONES DE LA INVESTIGACION FISIOLÓGICA PARA MEJORA-
RAMIENTO DE FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Douglas R. Laing, Fisiólogo

INTRODUCCION

En los tres informes anteriores de esta serie de discusiones, se ha hecho énfasis en rendimiento y adaptación. La meta de todos los programas de mejoramiento debería ser la producción de nuevas variedades con una habilidad superior de rendimiento y con buena adaptación a las condiciones de producción a nivel del agricultor en la zona de interés. El desarrollo de nuevos materiales con estas características también es la meta del programa de frijol del CIAT, en colaboración con programas nacionales.

SISTEMAS DE CULTIVO PARA FRIJOL

El frijol es producido en un amplio rango de condiciones de crecimiento y sistemas de cultivo. Los principales sistemas de cultivo son los siguientes:

Monocultivo

(a) Monocultivo de frijol arbustivo (Tipos I, II y III) bajo condiciones de lluvia e irrigación.

Países típicos: Honduras, Chile, Peru, Brasil, República Dominicana

(b) Monocultivo de frijol trepador (Tipo IV) con soportes

País típico: México

temas Asociados

Asociación de maíz y frijol arbustivo (I, II, III), sistemas en competencia directa; el maíz y frijol son sembrados casi al mismo tiempo

Países típicos: Colombia, Brasil, Mexico, Ecuador, Guatemala

Asociación de maíz y frijol trepador (IV) en competencia directa, el maíz y el frijol son sembrados casi al mismo tiempo

Países típicos: Colombia, Ecuador, Guatemala, Mexico, Peru

temas de Releva

Cultivo de relevo de maíz seguido por frijol arbustivo; el maíz es sembrado típicamente en la primera época seguida por la siembra del frijol cuando el maíz está casi maduro; el maíz generalmente se dobla al tiempo de madurez fisiológica.

Países típicos: El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Brasil, Nicaragua, Honduras

Cultivo de relevo de maíz seguido por frijol trepador; el frijol es muy trepador en las estacas de maíz.

Países típicos: El Salvador, Colombia

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION POR SISTEMAS

Información actualizada sobre la distribución de la producción de frijol por sistemas para todos los países no se encuentra disponible. De los datos preliminares parecería que el rango de importancia en cuanto a producción total de los diversos sistemas es el siguiente:

Rango	Sistema
1	Cultivo de relevo con frijol arbustivo (I,II,III)
2	Monocultivo con frijol arbustivo (I, II, III)
3	Asociación simultanea de cultivos con maíz y frijol arbustivo (I, II, III)
4	Asociación simultánea de cultivos de maíz y frijol trepador (IV)
5	Cultivo de relevo de maíz y frijol arbustivo (IV)
6	Monocultivo de frijol trepador con soportes artificiales (IV)
7	Asociaciones y relevos con otros cultivos tales como yuca.

Esta información se basa solamente en observaciones; información estadística al día podría alterar el rango sugerido considerablemente.

Cualquier programa de mejoramiento de cultivo nacional o internacional debe prestar mucha atención al uso final del material. La selección de progenies debe basarse en un conocimiento de los sistemas de producción y los requerimientos varietales probables de los sistemas.

IDEOTIPOS DE FRIJOL PARA TODOS LOS SISTEMAS DE CULTIVO

Basado en la investigación de dos años del programa de fisiología ha sugerido cuatro genotipos básicos diseñados para cubrir los sistemas de cultivos enumerados arriba. Los tipos sugeridos todavía están en una etapa de proposición y están sujetos a una investigación en el futuro, así como los resultados de

cuestas que podrían alterar la estrategia básica que hemos adoptado. La experiencia y sugerencias de los miembros de este curso con respecto a estas proposiciones serán apreciadas. Algunas suposiciones fueron necesarias para desarrollar estos genotipos.

Suposición 1

La primera suposición que se propuso es que existe una buena correlación entre los rendimientos de todos los hábitos de crecimiento de frijol cuando son sembrados con maíz o en monocultivo. En otras palabras, una variedad con alto rendimiento en monocultivo generalmente es una variedad con más alto rendimiento en asociación con maíz en cualquier sistema utilizado. Si bien pueden encontrarse excepciones a esta idea, fue necesario hacer esta suposición para simplificar el problema de selección de variedades en esta etapa del programa de mejoramiento. La evidencia de C. A. Francis (CIAT) que será presentada en este curso sugiere que hay una correlación consistente en rendimiento y en rango de variedades sembradas en competencia directa de sistemas asociados y en monocultivo. Estos resultados son muy importantes y han influido en la certeza con la cual fue hecha la primera suposición.

Suposición 2

Se reconoce que los cuatro tipos a sugerirse no podrían satisfacer los requerimientos de todas las variaciones del amplio sistema de cultivo presentadas anteriormente. Sin embargo, asumimos que la mayoría de la producción total está al servicio de los tipos sugeridos.

Los siguientes cuatro genotipos reflejan la variación en hábito de crecimiento disponible dentro de la colección de germoplasma de CIAT. Esta colección de más de 10.000 genotipos representa el amplio rango de tipos que son sembrados comercialmente en el mundo del frijol. Obviamente, las selecciones hechas por agricultores y científicos se hicieron por razones muy buenas. La necesidad de materiales nuevos de todos los hábitos de crecimiento se justifica simplemente en base a los tipos que existen ahora, en la producción comercial cualquiera que sea su razón.

Ideotipo A

Definición del sistema de cultivo

A través del mundo hay una necesidad de variedades de frijol precoces que puedan ser sembradas en un período relativamente corto. Generalmente, las condiciones de lluvia son razonables durante la época de siembra, pero esta época muchas veces es de muy corta duración, ya que la lluvia es a veces limitante para variedades con un tipo de duración más largo. A latitudes más altas, una variedad de época de corta duración se requiere debido a que temperaturas bajas (o a veces altas) pueden limitar el rendimiento de una variedad de época más larga. En otras situaciones una variedad de época corta se requiere para adaptarla a una rotación de cultivo específica donde el tiempo es limitante, por ejemplo la costa del Perú.

Tipo de planta para el Ideotipo A

Hábito de crecimiento: Tipo I arbustivo determinado

Floración: aprox. 25-30 días de la siembra Madurez fisiológica
aproximada de 60-65 días. Estructura de nudos: aprox. 400-500 nudos vegetativos/m² a la floración para una densidad de planta de 20-25 x 10³/ha. Aproximadamente 9-10 nudos en el tallo prin-

pal a la floración sin más producción de nudos en el tallo principal después de floración. Manejo de floración: periodo corto de floración de aprox. 10-15 días con sincronización de formación de vainas en el primer periodo de floración, o sea en los primeros 5-10 días. Habito de expansión de ramas: ramas grandes que se forman relativamente temprano pero que están erectas paralelas al tallo principal; las ramas florecen casi al mismo tiempo que el tallo principal. Resistencia al volcamiento: capaz de mantener la integridad de la copa sin volcamiento excesivo hasta por lo menos 20 días después del comienzo de la floración y la habilidad para mantener las vainas fuera del contacto del suelo durante la madurez. Vigor de la plantula: un nivel muy alto necesario para asegurar la rápida formación de nudos antes de la floración.

Ideotipo B

Definición del sistema de cultivo

Basicamente, sistemas de cultivo que tienen largas épocas de crecimiento y que tienen suministro razonable de agua a través de la época. Generalmente estos sistemas se basan en un mejor calidad de suelos y se practica a menudo la irrigación. La producción comercial de frijol a escala media a larga caería bajo esta categoría. Alguna mecanización del cultivo se practicaría generalmente en monocultivo. Habría circunstancias en las cuales este tipo de variedad sería útil en asociación de relevo o simultánea con maíz donde las épocas largas de crecimiento son disponibles. Generalmente las densidades de planta pueden ser mantenidas a niveles óptimos ($200-250 \times 10^3$ /ha)

Tipo de Planta para el Ideotipo B

Habito de crecimiento: Tipo II indeterminado arbustivo

Floración: aprox. 50-60 días después de la siembra

Madurez Fisiológica: aprox. 95-100 días después de la siembra

Estructura de nudos: aprox. 600-650 nudos vegetativos/m² a tiempo de floración aumentando a aprox. 800/m² aprox. 20 días después de floración. La mayoría de los nudos en el tallo principal con 15 nudos en el tallo principal a la floración y 10 en las ramas. Desarrollo excesivo de guías en el tallo principal después de la floración parece ser desventajoso.

Estructura del tallo principal: un tallo principal alto y erecto es esencial en este tipo, el tallo principal no debería tener cambios agudos en el ángulo del tallo en cada nudo, o sea, el tallo debería ser recto y debería sostener erecta la planta a lo largo del ciclo de crecimiento hasta por lo menos 25-30 días después de la floración.

Estabilidad del hábito de crecimiento: la planta ideal no debería mostrar tendencias a trepar en ambientes diferentes, o sea, tener un mínimo desarrollo de la guía y ser estable.

Manejo de floración: La floración comienza después de que se ha alcanzado un buen desarrollo de los nudos; el periodo de floración debería ser de 20 días y la mayoría de las vainas con formación de flores en los primeros 10-15 días del periodo de floración. La floración en las ramas está más o menos sincronizada con el tallo principal.

Hábito de extensión de ramas: el desarrollo de las ramas es aceptable siempre y cuando las ramas se formen en los nudos inferiores y sean sostenidas erectas hacia el tallo principal; las ramas son importantes en la provisión de alguna habilidad de compensación para posibles posiciones irregulares en la producción comercial.

Producción de área foliar: área foliar máxima de 3.5-4.5 m²/m² alcanzada aprox. 20 días después de floración y con un bajo grado de descenso de área foliar después del máximo. Las hojas son relativamente pequeñas en tamaño y llevan pecíolos relativamente largos.

tipo C

Descripción del sistema de cultivo

La mejor forma de describir este sistema es utilizando la palabra rústica. El sistema de producción es muy común en el cultivo del frijol donde más que todo una producción pequeña de cultivo de minifundistas requiere una producción estable de frijol con un mínimo de riesgo. Las condiciones climáticas para el sistema son altamente variables pero pueden caracterizarse generalmente como áreas donde la lluvia es variable durante la época de cultivo con una alta probabilidad de deficiencia de agua durante las etapas críticas del crecimiento y donde la duración de la época de crecimiento normalmente varía mucho. Durante períodos buenos, una época larga de crecimiento es posible. Las densidades de planta a veces son bajas (150×10^3 /ha) y el frijol frecuentemente se siembra en asociación simultánea o como un cultivo de relevo con maíz o como monocultivo. La irregularidad del arreglo de las plantas en el campo se presenta a menudo por un sistema manual de siembra. La fertilidad del suelo es muy limitada y los niveles aplicados de fertilización son muchas veces subóptimos. Los protectores de plantas se utilizan en muy pequeña escala. El sistema trata esencialmente de proveer una producción relativamente estable a través de los años, pero una buena respuesta a los años buenos ocasionales también es esencial. El sistema normalmente es conducido con labor manual y muy poca mecanización más allá del cultivo inicial (si acaso) se practica ocasionalmente.

Forma de planta para el Ideotipo C

Hábito de crecimiento: tipo III, indeterminado arbuscivo
estrado

Floración: 25-40 días después de la siembra con un rango relativamente más amplio de tipos de madurez dentro de los Ideotipos A y B.

Madurez fisiológica: 70-90 días dependiendo del grupo de madurez.

Estructura de nudos: La estructura de nudos es bastante diferente a E y P en cuanto a que la mayoría de los nudos vegetativos son producidos en las ramas grandes producidas en los nudos inferiores. La densidad de nudos/m² varía con cada grupo de madurez pero son del orden de 600-800 nudos/m² en el máximo número de nudos.

Estructura del tallo principal: El tallo principal no está bien definido ya que las ramas son grandes e igualan el tallo principal en tamaño. El tallo principal debería permanecer relativamente erecto para prevenir colapso completo de la copa durante el período de pos-floración.

Estructura de la expansión de ramas: Ramas grandes que crecen de los nudos inferiores y continúan creciendo fuertemente después de floración; ramas que tienden a cubrir el espacio entre surcos después de la floración y que no muestran una tendencia a rotura en el eje del tallo principal.

Desarrollo del área foliar: Gran producción de nuevas hojas después de floración en los nudos formados después de la misma con valores máximos de área foliar (para material de temperas largas) de 3.5-4.5 m²; una pequeña caída en área foliar después del comienzo del llenado de vainas.

Manejo de floración: La floración de un período de 25-35 días con producción de vainas en las flores producidas en los primeros 20-25 días bajo buenas condiciones. Flores tardías producidas en las ramas tienen una buena posibilidad de llegar a vainas.

Resistencia al volcamiento: La resistencia al volcamiento no se aplica a este tipo de variedad ya que es esencialmente postrada y no muestra tendencias a volcar repentinamente. La variedad sin embargo debería mostrar una capacidad para eludir el contacto de las vainas con la superficie del suelo durante la madurez, o sea, evitar el colapso completo de la copa durante el período de madurez. Ayudaría un tallo principal relativamente erecto.

Vigor de la planta: vigor de la plantula precoz es altamente necesario para asegurar una buena habilidad competitiva contra la maleza.

tipo D

Definición del sistema de cultivo

El uso del frijol trepador en el maíz no está muy difundido comparado con el uso de tipos arbustivos o poco trepadores. En este sistema se hace énfasis en la habilidad del tipo de frijol trepar vigorosamente en forma diferente a los tipos que son típicamente de tipo III y que solo trepan muy poco, si acaso. Estos sistemas generalmente comprenden maíz en asociación simultánea o en relevo y competencia del maíz puede esperarse particularmente en asociación simultánea. Está reconocido que el tipo de frijol utilizado influye en el tipo de frijol deseado. Los sistemas se conducen normalmente en fincas de tamaño pequeño a mediano con un alto grado de uso de labor manual. El frijol trepador también es producido con soporte artificial en áreas pequeñas para producción de vainas verdes o frijol seco.

Definición de planta para el Ideotipo D

Estado de crecimiento: IV, frijol trepador

Características generales: una habilidad para trepar asegurando una habilidad competitiva con la competencia del maíz y una capacidad para producir muchos nudos vegetativos en el tallo principal al tiempo de floración con una altura máxima de planta al tiempo de floración. Se están llevando a cabo investigaciones sobre factores biológicos que influyen el rendimiento de frijol trepador en asociación. Esta investigación ayudará en la aclaración de algunas características importantes que se requieren probablemente para el Ideotipo.

LECTURA COMPLIMENTARIA

PHILLIPS, C. M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403.

PHILLIPS, J. J. and PIERCE, R. B. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica* 24: 613-623.

Todos los agrónomos saben que el agua mas el CO_2 en presencia de luz y da lugar a la producción de azúcares. Esta ecuación tan simple describe el proceso de la fotosíntesis; pero si a esto además agregamos el rol que el agua juega en la absorción y transporte de nutrientes es fácil explicar por qué las plantas son tan voraces consumidoras de este líquido y por qué la falta de agua constituye el principal factor limitante para obtener altos rendimientos en cualquier cultivo.

El crecimiento de las plantas depende del ritmo de trabajo de muchos procesos fisiológicos, los cuales a su vez están muy relacionados con el balance interno de agua y la turgencia de la planta. El balance interno del agua no es una condición independiente sino que es controlada por las tasas relativas de absorción y pérdida de agua y por lo tanto todos los factores del suelo, clima y temperatura que influyen en estos procesos afectan también el crecimiento de la planta y modifican su respuesta a las condiciones de humedad del suelo.

La absorción de agua por las raíces depende del abastecimiento de agua en la zona radical, por ello donde no se reemplace frecuentemente, por riego o lluvia, la zona que las raíces extraen, es importante que el sistema radical se expanda continuamente o que éste ocupe un volumen grande de suelo para proveer a la planta suficiente agua para reemplazar las pérdidas por transpiración. Por lo tanto, los factores que afectan el crecimiento de la raíz o la ocupación por parte de la raíz de un volumen mas amplio de suelo, afectan también la absorción de agua por la planta.

La entrada del agua a las raíces depende de la extensión de la zona absorbida por las raíces, de la permeabilidad de la corteza radical al movimiento de

agua y del potencial de agua, pero el movimiento del agua a través de la raíz y los elementos conductores del xilema hacia las hojas es iniciado y en gran parte controlado por la transpiración de las hojas, en respuesta a la gradiente de potencial de agua que se extiende del agua del suelo, a través de la planta, hacia la atmósfera.

El balance interno de agua de las plantas es controlado por las tasas relativas de absorción y pérdida de agua. Cuando las condiciones son tales que la tasa de pérdida de agua excede la tasa de absorción de agua, se desarrolla en la planta un déficit de agua interno y es este déficit, a través de su influencia en los procesos fisiológicos de la planta, el responsable directo de los efectos en el crecimiento y rendimiento de las plantas, antes que el efecto indirecto de factores tales como el contenido de agua en el suelo o la tasa absoluta de absorción de agua sobre la transpiración.

Los factores que influyen en las relaciones agua-planta y por lo tanto en su crecimiento y rendimiento pueden ser agrupados de la siguiente manera:

- a) Factores del suelo: contenido de agua en el suelo, textura, estructura, profundidad, salinidad, fertilidad, aireación, temperatura, drenaje.
- b) Factores de la planta: tipo de cultivo, densidad y profundidad de enraizamiento, tasa de crecimiento de la raíz, tolerancia a la sequía, efectos varietales.
- c) Factores climáticos: brillo solar, temperatura, humedad, viento, lluvia.
- d) Otros factores: volumen del suelo y distancia de siembra, manejo del suelo y el cultivo.

Factores del suelo. El contenido de agua absoluto de un suelo da poca información de la disponibilidad de agua por las raíces a menos que se conozcan los detalles sobre las formas que asume el agua en el suelo y

s varias características de humedad del suelo.

El agua del suelo asume 3 formas diferentes, según la naturaleza de las capas que la retienen: 1) agua higroscópica, 2) agua capilar y 3) agua gravitacional.

El agua higroscópica es aquella que se halla retenida en el suelo por las fuerzas de absorción, cuyo valor está en equilibrio con la presión de vapor del aire circundante y por ello variará con la humedad relativa y la temperatura del ambiente. Esta agua se encuentra retenida en el suelo con una tensión de 13.6 atmósferas y es considerada como agua inútil por las plantas.

El agua capilar es aquella que está por encima del agua higroscópica y que el suelo retiene debido a fuerzas de tensión superficial, contra las fuerzas de gravedad. Esta es el agua considerada aprovechable.

El agua gravitacional es la que está por encima del agua capilar y que es susceptible de moverse en el suelo por la fuerza de gravedad. Esta agua está retenida en el suelo con una tensión menor de 0.5 atmósferas y suele denominarse agua superflua.

Al considerar las relaciones agua-suelo, hay que tener en cuenta además las constantes: el coeficiente de marchitez y la capacidad de campo.

El coeficiente de marchitez es una constante de origen fisiológico y representa el límite mínimo de humedad debajo del cual las plantas no pueden extraer agua del suelo para efectuar un desarrollo normal. La tensión con que esta agua es retenida en el suelo equivale a unas 13.6 atmósferas que parece estar en equilibrio con la máxima capacidad de succión de la mayoría de las plantas cultivadas. El valor del coeficiente de marchitez puede considerarse prácticamente igual para todas las plantas dentro de un mismo suelo, pues tal como se muestra en la Fig. 1 la variación del contenido de humedad en la zona que está

sobre el coeficiente de marchitez ocasiona cambios muy ligeros en la fuerza de succión, mientras que apenas un ligero cambio de humedad en la zona inferior a ese coeficiente implica un aumento considerable en dicha fuerza. Es obvio que aún existiendo diferencias entre distintas especies respecto a la verdadera relación entre su coeficiente de marchitez y el contenido de humedad en el suelo, las diferencias resultarían muy pequeñas.

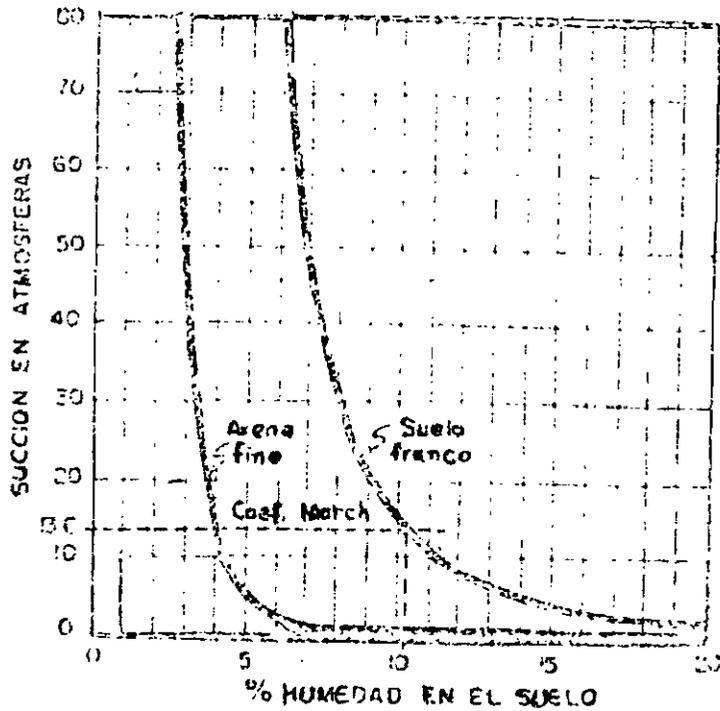


FIG. 119. Variación del contenido de humedad en relación con la fuerza de succión.

La capacidad de campo es una constante que tiene un origen físico, representa el contenido de humedad en el suelo después que el agua que éste contiene ha dejado de fluir por gravedad. Lógicamente, la capacidad de campo representa la máxima capacidad de almacenamiento de agua de un suelo. Toda el agua comprendida entre el coeficiente de marchitez y la capacidad de campo es el agua considerada aprovechable.

En la Figura 2 se resume la clasificación del agua del suelo junto con los límites correspondientes de tensión equivalente.

Mojado		Humedo			Seco		APARICIONES DEL SUELO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100	10	1	0	30	100	100	100	EF Ejidos por grado	FUNCIÓN EQUILIBRIO
100	10	1	0	30	100	100	100	Atmósferas	
en un solo caso en unidades de agua Y en otros							MAYORÍA EN LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD		
		Capacidad de retención de agua				Suelo seco		PUNOS CRÍTICOS DE LA HUMEDAD DEL SUELO	
Agua superficial		Agua disponible		Agua inutil				CLASES DE AGUA DEL SUELO	
Humedad superficial		Humedad disponible		Humedad no disponible					

2. Relaciones y constantes de la humedad del suelo

Hay bastante divergencia en las opiniones respecto al grado al cual el crecimiento de la planta es afectado por las tensiones de humedad del suelo. Los límites superior e inferior de disponibilidad de agua (capacidad de agua y coeficiente de marchitez). Una escuela sostiene que el crecimiento de la planta es muy poco afectado por las variaciones de la humedad del suelo entre dos condiciones, mientras que otra dice que el crecimiento de la planta es progresivamente afectado conforme aumenta la sequedad desde la capacidad de agua.

Sin entrar a discutir los argumentos en que se basan estas dos posiciones antagónicas, es bueno sí señalar que en el caso del frijol las variaciones de humedad, según el estado fisiológico del cultivo, sí tienen importancia, como veremos mas adelante.

Una cosa sí es importante tener en cuenta, y esto es que a medida que el suelo se va secando, pasando de su capacidad de campo hacia el porcentaje de marchitez permanente, hay un aumento en la fuerza que resiste la absorción del agua, fuerza que tiene dos componentes, la tensión de humedad del suelo y la presión osmótica de la solución del suelo. Es por esto, por ejemplo, que el contenido de sal del suelo puede alterar las relaciones de agua de los cultivos, especialmente en suelos salinos, a través de su efecto en la presión osmótica de la solución del suelo. Bajo condiciones normales, en suelos no salinos, sin embargo, la textura del suelo, su estructura y profundidad tienen una influencia mas grande, en la medida que estas características determinan no sólo la capacidad del suelo para almacenar agua disponible para las plantas, sino también la facilidad con que el agua del suelo puede ser alcanzada y absorbida por las raíces. El crecimiento de las raíces y la extensión de sus ramificaciones también son influenciadas por la textura del suelo, su estructura y profundidad, así como por la aireación, temperatura, fertilidad y manejo del suelo. Por lo tanto, la cantidad de agua accesible y disponible para las plantas es influenciada por muchos factores del suelo, que es necesario tener en cuenta.

Factores de la planta. La respuesta de las plantas a las condiciones de humedad del suelo son influenciadas por factores tales como: tipo de planta, características del sistema radical, resistencia a la sequía, etc. Tomaremos como ejemplo el caso del frijol. El frijol es una planta anual

un período vegetativo que se extiende desde los 75 hasta los 180 días, en las variedades. Su sistema radical puede alcanzar hasta 1.5 mts. de profundidad, sin embargo, la mayor cantidad del agua que requiere la obtiene de los 0.60 mts. superiores del suelo. En la Fig. 3 se muestra el desarrollo de las raíces de una planta típica de frijol.

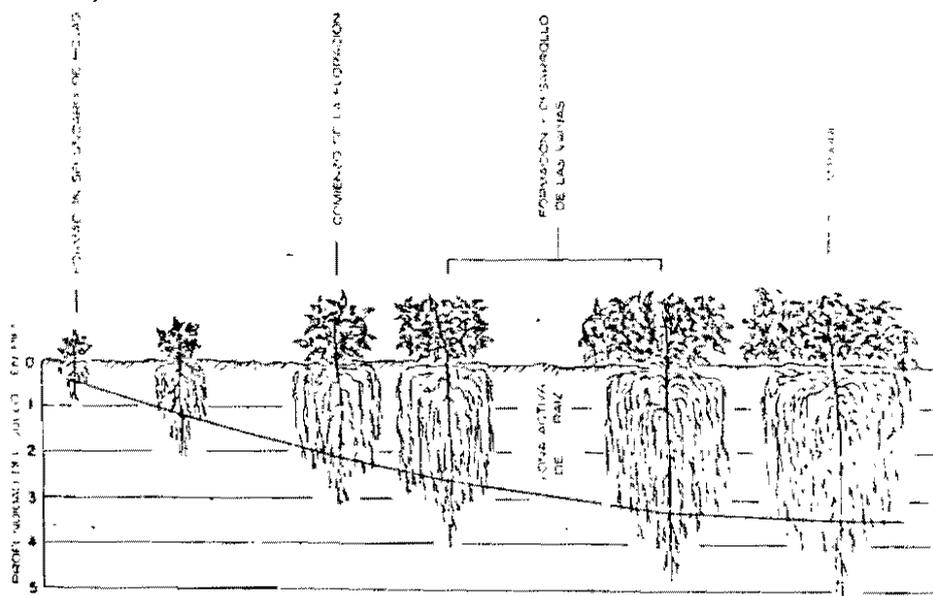


Fig. 3 - Desarrollo de las raíces del frijol

Cuando nacen las plántulas, las raíces tienen alrededor de 7.5 a 10 cm. de longitud. A medida que las raíces profundizan y penetran en el suelo, las plantas pueden utilizar mejor la humedad concentrada en las capas más profundas del suelo. Cuando la floración ocurre, las raíces ya se están desarrollando en los primeros 30 cm. de tierra e inclusive en algunos casos alcanzan los 60 cm. de profundidad. Para el momento de la maduración de las vainas, las raíces se encuentran desarrolladas a lo largo de los primeros 90 cm. de profundidad del suelo. Después de haber penetrado, extrayendo agua a profundidades de 1.2 y 1.5 metros.

Los estados fisiológicos de crecimiento de la planta tienen influencia en las relaciones de agua en la planta. El frijol, como muchas otras plantas anuales, puede tolerar períodos de sequía en ciertas porciones de su ciclo de vida sin que el rendimiento sea afectado. Por ejemplo, los requerimientos de agua antes de la floración son mas bajos, en cambio el período de desarrollo de las células sexuales sí parece ser muy sensible a la escasez de humedad.

La razón por la cual la escasez de humedad es menos crítica en la fase vegetativa podría deberse al hecho que los asimilatos acumulados durante la fase vegetativa son poco usados en la producción del cultivo (granos, vainas) en cambio, son las condiciones de asimilación al tiempo de floración y fructificación las que tienen mayor importancia. El desarrollo de las vainas y granos requiere altos niveles de nutrientes de manera que la escasez de humedad en la fase del desarrollo es crítica pues restringe la absorción de nutrientes a través del torrente respiratorio. Ensayos realizados en Estados Unidos por Robins y Domingo (Agron. J. 48: 67-70. 1956) para medir los efectos de la escasez de agua en diferentes estados de desarrollo del frijol en el campo han mostrado una reducción de rendimiento del 20% cuando los déficits de humedad se manifestaban 15 días antes de la floración, de 18 a 20 días durante la floración y mas o menos 15 días antes de la maduración de las primeras vainas. El déficit de humedad antes de la floración afecta el rendimiento a través de una reducción en el número de vainas; durante la floración, la escasez de agua tiene efecto sobre el número de vainas y número de semillas por vaina mientras que el déficit de humedad durante el proceso de maduración repercute en el peso de los granos. El desarrollo de la planta se ve retardado cuando el déficit de humedad se produce antes de la floración, pero se acelera cuando déficits similares se producen durante la floración y durante el proceso de maduración.

En Alemania, Dreibrodt (Z. Acker-u. PflBau, 95:353-359. 1952) encontró que cuando las plantas de frijol sufren sequía en sus estados tempranos de crecimiento, los rendimientos eran bajos aún cuando más tarde se les proporcionara cantidad de agua adecuada y esto sugería que algún daño irreversible era causado por una sequía antes de la floración. La sequía durante el período de establecimiento de las vainas también causaba reducción en los rendimientos. El mismo Dreibrodt (Z. Acker-u PflBau, 97:203-12. 1953) encontró que el riego al inicio de la germinación y al momento del establecimiento de las vainas aumentaba el rendimiento, pero que el riego en el momento de plena floración tenía efectos dañinos. Kriegbaum (Z. Acker-u PflBau 100:99-132. 1955) encontró que el riego aplicado durante el período desde la germinación hasta justo antes de la floración no tuvo efecto sobre el rendimiento, pero cuando el agua se proporcionaba 10 días antes y luego 10 días después de la floración, entonces se obtenían los más altos rendimientos. Esto se explicaba por un aumento en el número de semillas por vaina y el número de vainas. El riego durante la floración no afectó el peso de las semillas, pero el riego durante el crecimiento de las vainas aumentó el peso de las semillas en un 6%. Frohlich y Henkel (Hort. Abstr. 32 No. 4872. 1961) obtuvieron resultados similares: el riego antes de la floración tuvo poco efecto en el rendimiento, mientras que el riego al inicio de la floración aumentó el rendimiento en 10 kg/ha por mm. de agua aplicada.

En Holanda, Bierhuizen y de Vos (Rep. Cont. suppl. Irrig. Comm. VI Int. Conf. Soil Sci., Copenhagen, 1958, pp. 83-92) encontraron que el crecimiento vegetativo del frijol era afectado cuando la sequía en los 0.30 cm. superiores del suelo se mantenía a un pF 3.5 antes de la floración. No hubo influencia sobre el rendimiento si se vió afectado cuando la sequía se mantenía durante la floración,

principalmente debido a la abscisión de flores y vainas jóvenes. Stolp (Versf. Landbouwk. Onderz. 66.16. 1960) también encontró que el frijol es sensible a la sequía y que el riego hasta la mitad del período de floración es el que tiene los efectos mas favorables.

En Estados Unidos, Lattan y Fleming (Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:329-42. 1956) encontraron que mientras el contenido de humedad sea alto al tiempo de la siembra, un riego antes del momento de la primera antesis no tenía ningún valor aun cuando esta sequía en este período de pre-floración daba por resultado que las plantas no crecieran normalmente, siempre y cuando el riego fuera abundante en la floración y durante el establecimiento de las vainas. Un abastecimiento suficiente de agua antes de la floración asegura un buen desarrollo vegetativo pero no necesariamente aumenta el rendimiento. Los riegos durante la floración y el período de desarrollo de las vainas en cambio sí tienen una influencia decisiva en el rendimiento.

Gabelman and Williams (Res. Bull. Wis. Agric. Exp. Stat. 221. 1960) encontraron que para obtener los máximos rendimientos en frijol, deberían darse riegos frecuentes después del inicio de la floración para mantener la humedad disponible en el suelo arriba del nivel de 50%. La mayor parte del incremento en el rendimiento se debió a una reducción en el porcentaje de abscisión de flores y vainas.

En base a todas las evidencias presentadas es posible concluir que en el frijol la falta de agua durante la floración y el desarrollo de las vainas es un factor crítico que afecta seriamente los rendimientos y es precisamente en estos períodos cuando el riego tiene sus mayores efectos benéficos. Respecto a la falta de humedad entre el período de la siembra y la floración, no hay una

lancia general entre los diversos investigadores que han estudiado este tema pues mientras que los estudios en Europa han mostrado reducción del crecimiento vegetativo pero sin afectar los rendimientos en los Estados Unidos investigadores han encontrado que la falta de humedad entre la siembra y la germinación si afecta los rendimientos del frijol.

Los factores del clima tales como la radiación neta, temperatura y el viento, pueden tener una gran influencia en el balance hídrico de la planta debido a sus efectos en la tasa de transpiración.

Para efectos didácticos podríamos asumir un día típico de verano en el trópico, sin nubes, suelo con humedad suficiente y temperatura máxima en el rango de 35°C y estudiar las relaciones entre el agua y la planta, en este caso el agua, en función de algunos factores ambientales.

Antes de la salida del sol, será posible ver las hojas cubiertas de rocío, esto es debido a la condensación de humedad presente en la superficie de las hojas las cuales por la irradiación del calor se han enfriado. El aire está más fresco que las hojas y además tiene alta humedad relativa y esto impide que la planta pierda agua en forma de vapor (transpiración). En este momento, todos los tejidos de la planta se encuentran con su más elevado grado de saturación y por lo tanto por ello la absorción de agua por las raíces está en su más bajo nivel.

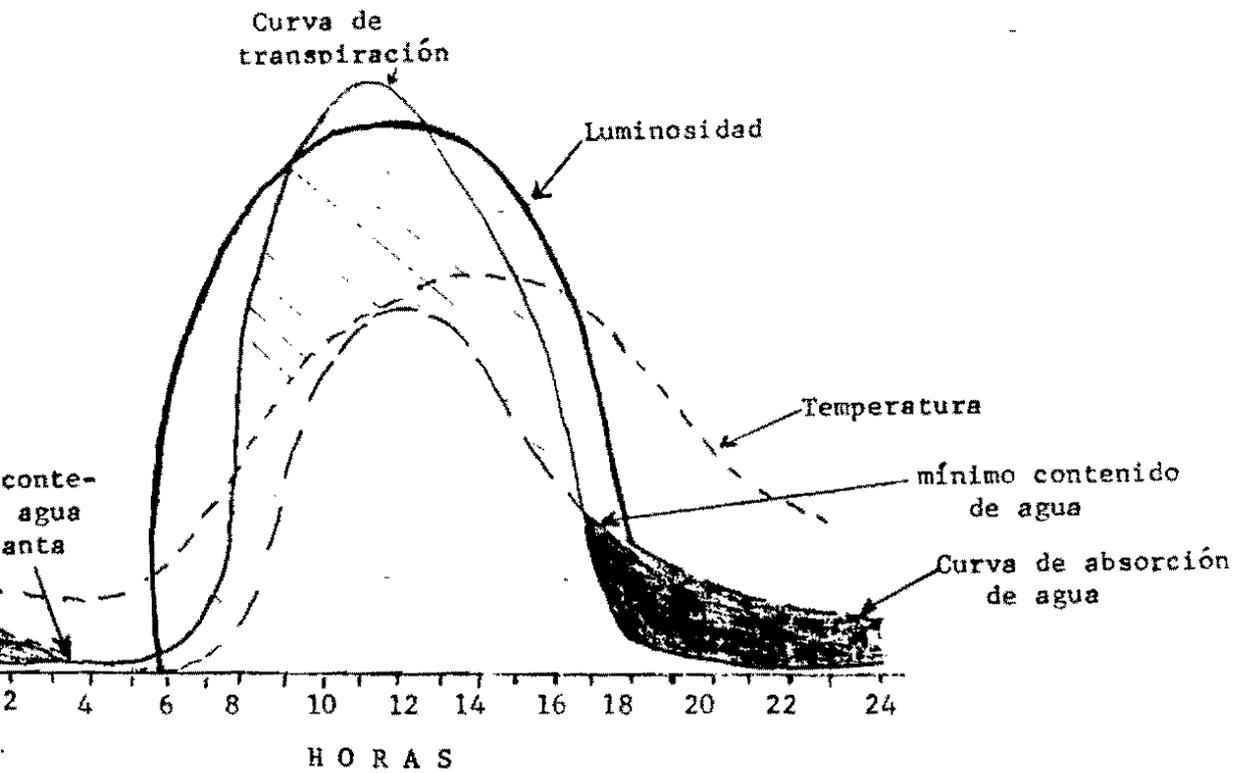
Al salir el sol empieza a producirse la pérdida de agua en la planta. El aumento de temperatura provoca primero la evaporación del rocío presente en la superficie de las hojas y luego la transpiración propiamente dicha, la cual puede producirse por los estomas o la epidermis de la hoja según haya o no luz. Como consecuencia del aumento gradual en la transpiración, la tensión hídrica en los tejidos de la hoja disminuye provocando el movimiento ascendente del agua de las raíces a las hojas. Tanto la transpiración como la absorción de la humedad del

que siguen el ciclo de la temperatura y la intensidad de luz durante el día. A medio día estos procesos de la planta son mas intensos a pesar de que la temperatura mas alta ocurre generalmente mas tarde, sin embargo, para este entonces la deshidratación de los tejidos de la hoja hace que la apertura de los estomas disminuya y con ello se restrinja la pérdida de agua.

A medida que la intensidad de la luz y la temperatura descienden, la pérdida de agua va disminuyendo gradualmente. Alrededor de las 6:00 p.m. los estomas están cerrados completamente. El valor de la transpiración durante el día siempre excede a la absorción de agua por las raíces debido a la resistencia que ofrecen los tejidos de la planta a la absorción y movimiento ascendente del agua. La menor cantidad de agua en la planta se registrará generalmente entre las 3 y 5 de la tarde, cuando el déficit de presión de difusión del agua en la planta alcanza su máximo valor. Como quiera que este déficit se prolonga hasta aún después que los estomas están cerrados y la transpiración se haya paralizado, lo que ocurre en las primeras horas de la noche, es hasta este entonces que hay absorción y movimiento de agua lo que sólo cesa cuando los tejidos de la planta se hayan saturado nuevamente, aproximadamente en horas de la madrugada.

Cuando la transpiración predomina sobre la absorción pero el porcentaje de agua en el suelo no ha llegado al "punto de marchitez", las plantas sufren de un marchitamiento temporal, así llamado pues las plantas recuperan su turgencia en la noche, sin que haya necesidad de añadir agua al suelo. Generalmente, en las horas de la tarde (2-4 p.m.) cuando el "déficit" de agua alcanza sus valores mas altos (Fig. 4), es cuando se observa este tipo de marchitamiento. Esto puede considerarse como un fenómeno normal de la planta en días de sol intenso.

El marchitamiento permanente de la planta se manifiesta cuando el porcentaje de agua en el suelo llega al punto de marchitez. En este caso sólo es posible recuperar la turgencia de la planta mediante la irrigación del suelo.



Curva de los valores relativos de la luminosidad y la temperatura y marcha probable de la transpiración y absorción de agua de la planta en un día normal de verano.

Aparte de los factores suelo y planta que influyen en las relaciones agua-planta, existen otros de índole agronómico que también afectan estas relaciones. Por ejemplo, si la superficie del suelo se encuentra húmeda se pierde agua por evaporación cuando la separación entre surcos es mas ancha debido a la exposición de una superficie de suelo mas amplia, pero cuando la superficie del suelo está seca con una separación angosta entre surcos se pierde una mayor cantidad de agua por transpiración pues se tiene así expuesta una mayor área foliar. Esto significa que la necesidad de agua no aumente en proporción al incremento de la población pues una mayor densidad de siembra asegura un mayor sombreado del suelo desde etapas tempranas del cultivo reduciendo con ello la evaporación directa, mientras la superficie del suelo permanezca húmeda. Si las plantas se sombreadan en mayor medida entre sí, la temperatura de las hojas disminuye y con ello la transpiración.

La adecuada fertilización del frijol debe resultar en un aumento del rendimiento del agua, así como del cultivo. Generalmente en los cultivos bien fertilizados el sistema radical es mas profundo y si hay la suficiente humedad, la planta la aprovecha. En cambio si las plantas por falta de una adecuada fertilización no se desarrollan bien, no habrían de rendir bien, pero igual habrían de consumir agua pues las pérdidas por transpiración de las hojas y por evaporación del suelo continuarán prácticamente al mismo ritmo que si las plantas estuvieran en óptimas condiciones.

Relación del balance hídrico con la fotosíntesis y la nutrición mineral de la planta

La cantidad de agua presente en el suelo tiene un gran efecto en los procesos fisiológicos de la planta y en consecuencia sobre la productividad de la planta. La deficiencia de agua en el suelo afecta la fotosíntesis al restringir la apertura de los estomas y disminuir la absorción de CO₂ por parte de las hojas. La fotosíntesis es una reacción fotoquímica entre el CO₂ y el H₂O, sin embargo, el efecto

falta de agua en el suelo no repercute en la cantidad de agua necesaria para satisfacer las existencias de la reacción química de la fotosíntesis, sino que indirecto, limita el aprovisionamiento de CO₂ por parte de la planta al reducir la apertura de los estomas.

Hay bastante evidencia que la tasa de difusión del CO₂ es uno de los mayores factores limitantes de la fotosíntesis. Los niveles de CO₂ no pueden ser cambiados fácilmente que el único modo práctico de mantener el ritmo de absorción de CO₂ es controlar la apertura de los estomas.

En muchos casos el rendimiento está relacionado con el desarrollo de la superficie foliar o el índice de área foliar y la falta de humedad generalmente afecta el tamaño de las hojas en relación con otras partes de la planta, lo cual resulta en el desarrollo de una superficie foliar reducida con respecto a los valores normales para el crecimiento y producción.

La deficiencia de agua en el suelo también afecta la nutrición mineral de las plantas. Un suelo seco hace que la permeabilidad de las células de las raíces disminuya y con ello afecta la absorción de los minerales; estos a su vez encuentran dificultad para disolverse por falta de humedad. Debido a que el nitrógeno generalmente es el elemento mineral del suelo que las plantas utilizan en mayor cantidad, cuando hay una sequía prolongada las plantas muestran una clorosis característica de deficiencia de nitrógeno.

Si bien es cierto que la cantidad de agua en el suelo no afecta el fenómeno de diferenciación de la planta, lo cual es más bien influenciado por la temperatura y el fotoperiodismo, las condiciones de humedad sí ejercen influencia sobre los fenómenos de crecimiento asociados con la floración y fructificación. La deficiencia de agua puede causar caída de flores y vainas y afecta el desarrollo de las semillas.

Los excesos de agua también tienen efectos fisiológicos negativos derivados principalmente de la falta de aireamiento del sistema radical lo cual causa que la respiración de las raíces se reduzca afectando la absorción de agua y minerales. Para los efectos prácticos esta falta de aireamiento motivada por el exceso de agua tiene los mismos efectos en la fisiología de la planta que la deficiencia de agua y por ello se habla también de una "sequía fisiológica" al referirse a los efectos del exceso de agua. Las raíces de la planta ubicadas en las partes anegadas por un período largo mueren; si el drenaje es inadecuado de manera que las capas inferiores del suelo se mantienen con humedad excesiva, las raíces prosperan solo en la capa superficial donde las condiciones de aireamiento son adecuadas.

Manejo de agua en fríjol. El agua es generalmente el factor limitante en la producción de fríjol. Por un lado el fríjol es muy sensible a los excesos de agua, los cuales tienen un efecto negativo en el crecimiento del cultivo y por otro las deficiencias en determinados períodos de desarrollo, o estados fisiológicos de la planta, pueden igualmente afectar seriamente el rendimiento.

Estudios hechos en los Estados Unidos para determinar los requisitos de agua del fríjol han mostrado que en la mayor parte de las regiones el fríjol consume de 28 a 45 cm. de agua durante su período vegetativo. Se han conseguido buenos rendimientos con cantidades tan elevadas como 56 cms. y tan bajas como 17 cms. Si consideramos las diferentes etapas de desarrollo de las plantas, estos mismos estudios muestran que el fríjol utiliza aproximadamente de 8 a 12 mm. de agua diarios durante las 2 ó 3 primeras semanas después de su emergencia. Durante los períodos de floración y formación de las vainas, el consumo es de 20 a 40 mms.; este ritmo puede continuar así hasta que las primeras vainas

ncen a madurar. Estudios en el Perú, con sistema de riego controlado
ostrado que el consumo de agua en un campo promedio de frijol con buenos
mientos está alrededor de los 2500 metros cúbicos por hectárea. En estos
ios se han ensayado cantidades de agua que varían entre 2000 a 5000 m³/ha,
ntervalos de riego y el efecto combinado de intervalos de riego en relación
antidad de agua aplicada en cada riego. En todos los casos estudiados el
valo de riego (frecuencia) tuvo mayor influencia sobre los rendimientos
a cantidad de agua: a menor intervalo, mayor rendimiento. La cantidad de
aplicada en cada riego (de 125 a 500 m³/ha) no tuvo mayor efecto sobre el
miento.

Es pertinente aclarar que el consumo de agua representa la cantidad mínima
ua necesaria para producir una cosecha e incluye no sólo el agua que la
a usa con su proceso fisiológico de transpiración y de formación de tejidos,
también aquella que se pierde por evaporación de la superficie del suelo
vado, en otras palabras, la evapotranspiración representa el consumo de
por la planta.

En el trópico húmedo y sub-húmedo existe una precipitación pluvial relati-
te alta, sin embargo, muy a menudo la precipitación en estas zonas no se
tribuye uniformemente durante todo el año y ello hace que los períodos de
e precipitación se alternen con los períodos secos. Generalmente la dura-
de estos períodos es variable e impredecible. Por otro lado, las plantas
umen agua de una manera continua, aunque con una intensidad variable, depen-
do de las condiciones del clima. El agua que las plantas consumen proceden
suelo, lo cual tiene una capacidad limitada para almacenarla. Si los períodos
se prolongan demasiado de modo que las plantas agoten la disponibilidad de
ésta tiene que ser repuesta y a falta de precipitación, será necesario

recurrir al riego. No es pues completamente cierto el concepto que en las zonas de alta precipitación promedio anual, el riego no es necesario.

En la práctica del riego de cualquier cultivo es necesario considerar tres aspectos principales:

- a. El momento del riego
 - b. La cantidad de agua que se aplica en cada riego
 - c. La forma en que se aplica el agua en los campos
- a. El momento del riego. Teóricamente el momento de riego oportuno es aquel en que se presenta un determinado grado de déficit de agua en las plantas, que permita obtener mayor beneficio económico, sin embargo, la dificultad de conseguir un procedimiento simple para determinar el grado de déficit de agua en los tejidos, ha motivado que la decisión sobre el momento de riego se base en el contenido de humedad del suelo, requiriéndose que aquel sea lo suficientemente alto para que el suelo pueda abastecer de agua a las plantas sin que éstas sufran de un déficit de agua en sus tejidos que afecte su crecimiento y desarrollo.

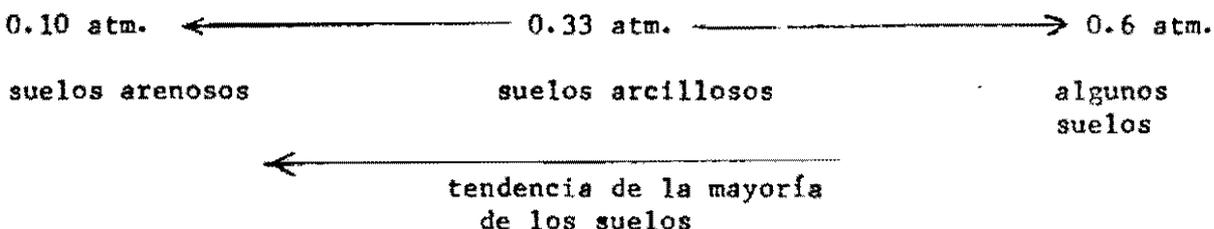
Para el caso del frijol un momento oportuno de riego estaría entre cuando la humedad del suelo se encuentre entre la capacidad de campo y el 70% de ésta.

Algunos métodos para determinar el contenido de humedad del suelo son:

Método de la estufa. Tomar una muestra de suelo de la profundidad deseada y ponerla a secar en una estufa a 105°C hasta cuando el peso de la muestra se haga constante. El porcentaje de humedad de la muestra será la relación entre el peso de agua perdido por la muestra y el peso de la muestra será multiplicado por 100. Es el método mas exacto, pero muy elaborado y caro.

Tensiómetros. Estos son aparatos que miden la tensión con que el agua es retenida por las partículas del suelo, lo cual indica el grado de disponibilidad de agua en el suelo, constituyendo una medida indirecta del contenido de humedad en el suelo.

Los tensiómetros están constituidos por una cápsula porosa que se coloca en contacto directo con el suelo, un tubo de agua que transmite la tensión del agua en el suelo y un manómetro de mercurio que registra dicha tensión. Este método sólo puede ser usado cuando la tensión de agua en el suelo se encuentra entre 0 y 1 atmósfera. Cuando la tensión es mayor, la columna de agua tiende a romperse y los resultados son erráticos. Como la capacidad de campo se encuentra entre 1/10 y 1/3 de atmósfera, este método es mas válido para contenidos de humedad cercanos a la capacidad de campo, como puede deducirse del siguiente esquema de variación:



Por otro lado el coeficiente de marchitez permanente varía entre 7 y 40 atmósferas.

Resistencia eléctrica. Este es el método comúnmente conocido como Bouyucos.

El equipo consiste en 2 electrodos embebidos en unos bloques de yeso, los cuales se colocan en contacto con el suelo. Los cables procedentes de los electrodos se conectan a un puente Wheatstone en donde se registra la resistencia que ofrece el bloque al paso de la corriente eléctrica procedente de una batería. La resistencia eléctrica es una medida

del contenido de agua del bloque, el cual se halla en equilibrio con el suelo que la rodea. Los bloques deben calibrarse, antes de su uso, para las condiciones locales del suelo que se estudia. Estos bloques permiten la determinación del contenido de agua del suelo desde el coeficiente de marchitez hasta cerca de la saturación.

Métodos prácticos de campo. Una forma práctica de estimar el contenido de humedad del suelo consiste en tomar un puñado del suelo y observar su consistencia y apariencia al presionarlo con la mano. A continuación se da una guía práctica para hacer uso de este método según la textura del suelo.

- b. La cantidad de agua que se aplica en cada riego. La capacidad de almacenamiento de agua de un suelo en la zona radical efectiva de una planta puede expresarse en la forma siguiente:

$$V_r = (CC - HP) \cdot da \cdot pr$$

V_r = Volumen de agua almacenada expresada en m de profundidad

CC = Capacidad de campo del suelo expresada en porcentaje

HP = Contenido de humedad del suelo al momento del riego, expresada en porcentaje

da = densidad aparente del suelo, expresada en gr/cm^3

pr = profundidad efectiva del sistema radical de la planta expresada en m.

El volumen de agua almacenada (da) multiplicado por el área del campo por regar (A) expresado en m^2 da el volumen teórico de agua que debe aplicarse en cada riego. Este volumen dividido por la eficiencia de riego (Efa) nos da el volumen de agua neto (V) a aplicar en la cabecera de campo, expresado en m^3/ha . La fórmula de cantidad de agua a aplicar en cada riego

suelo, aprovechable
por las plantas

Gruesa

Liviana

Media

Pesada y
muy pesada

0	Seco, suelto, granulado, se escurre a través de los dedos	Seco, suelto, se escurre a través de los dedos	Pulverulento, seco, a veces ligeramente encostrado siendo fácilmente desmenuzable	Duro, compacto, agrietado, algunas veces presenta terrones en la superficie
50% o menos	Seco, al presionarlo no forma bolas	Seco, al presionarlo no forma bolas	Algo desmenuzable, pero se une al presionarlo	Algo blando, formará bolas al presionarlo
50 hasta 75%	Seco, al presionarlo no forma bolas	Tiende a formar bola al presionarlo pero rara vez mantiene su forma	Forma una bola algo plástica; se resbala al presionarla	Forma una bola y produce una cinta al presionarlo entre los dedos pulgar e índice
75% hasta la capacidad de campo	Tiende a pegarse ligeramente, a veces forma una bola débil al presionarla	Forma una bola débil, se rompe fácilmente, no resbala entre el índice y el pulgar	Forma una bola y es muy dúctil; resbala fácilmente si tiene mucha arcilla	Fácilmente forma una cinta entre los dedos, produce una sensación resbalosa
A la capacidad de campo	Al presionarlo, el agua libre no se hace aparente en el suelo, pero queda una huella de la bola en la mano	Forma una bola débil se rompe fácilmente, no resbala entre el índice y el pulgar	Forma una bola y es muy dúctil; resbala fácilmente si tiene mucha arcilla	Fácilmente forma una cinta entre los dedos, produce una sensación resbalosa
Sobre la capacidad de campo	Aparecerá agua libre cuando el suelo es golpeado en la mano	Liberará agua al comprimirlo en la mano	Liberará agua al comprimirlo en la mano	Se enfanga y el agua libre aparecerá en la superficie

queda como sigue:

$$V = \frac{A}{Efa} (CC - HP). \text{ da. pr}$$

La eficiencia de aplicación del agua al regarse el campo (Efa) puede calibrarse mediante la siguiente fórmula:

$$Efa = \frac{Vt - (Ap + Ae)}{Vt} = \frac{Vr}{Vt}$$

donde

Vt = la cantidad de agua que se entrega al campo

Ap = Cantidad de agua que se pierde por percolación profunda

Ae = Cantidad de agua que se pierde por escorrentía

V = Cantidad de agua que se almacena en la zona de las raíces

Con un sistema de riego bien diseñado el valor Efa puede estimarse en 0.60.

- c. Forma en que se aplica agua al campo. En frijol, el método de riego más comúnmente usado es el de surcos.

Los surcos generalmente se construyen en el sentido de la inclinación del terreno, cuando las pendientes no son excesivas de modo a evitar el desbordamiento lateral. Cuando las pendientes son muy pronunciadas se emplean surcos de contorno para evitar la erosión del suelo.

Para determinar la longitud de los surcos y su espaciamento es necesario considerar la pendiente del terreno, las características físicas del suelo, el caudal de agua disponible y la clase de cultivo.

Las pendientes que pueden aplicarse al riego por surco van desde 0 hasta 15%, pero más eficiente es la de 1%.

COSECHA DE FRIJOL^{1/}

O. Voysent V.^{2/}

La cosecha del frijol es una fase crítica dentro del proceso de producción pues una gran parte de lo ganado mediante un buen manejo del cultivo puede perderse en este momento por una cosecha oportuna. La calidad y cantidad del producto son afectados por una cosecha deficiente.

momento de cosecha

Los frijoles deben cosecharse cuando la mayoría de las vainas han tornado amarillas y las vainas comienzan a secarse. Si las vainas se encuentran demasiado secas, se puede producir una excesiva dehiscencia que ocasiona pérdida de granos en el campo mismo, y al contrario si la cosecha se realiza muy temprano, cuando las vainas no han secado lo suficiente, las labores de trilla tendrán que retrasarse y además es muy probable que se obtengan muchos granos pequeños. Cuando más verde se encuentre el frijol al cosechar, las plantas tendrán que permanecer más tiempo sobre el piso y las posibilidades de que él se decolore y se llene de hongos serán mayores.

Ciertos frijoles, como los Red Kidney, pierden todo su follaje cuando se maduran. El reflejo del sol sobre las vainas desprotegidas causa que el color rojo de la semilla se altere y se obtengan coloraciones de grano que no están de acuerdo con las preferencias del consumidor, por ello en estos casos la cosecha debe realizarse

Tópico presentado en el curso intensivo de producción de frijol, CIAT.

Agrónomo, Programa de Frijol, CIAT.

arse cuando no se haya caído aún muchas hojas. En los frijoles

los cogos se cosechan cuando la mayoría de las hojas han caído.

En general puede decirse que el frijol puede cosecharse a p...

ria se cuando el contenido de humedad es del 40-50%

La mayoría de las variedades deben tener un 10-12% de sus semillas...

brillantes y en maduración cuando el grano tiene este contenido...

humedad. La trilla se hace en el momento de la cosecha...

14-17% de humedad.

El momento de la cosecha depende de las condiciones...

do que el momento de la cosecha sea de levante por las...

condiciones atmosféricas naturales (temperatura y estado de...

camiento disponible.

Métodos de cosecha

Los métodos de cosecha pueden clasificarse en dos: manual...

mecánico.

La cosecha manual es la más antigua y la que requiere...

más mano de obra. Las plantas se cortan con machetes...

bien cortadas con una herramienta. Los ramos se dejan...

el campo y luego amontonados para que se sequen. La trilla se...

pendiente los machetes y cosechadores. Los ramos se...

tor ó animales. Los ramos se cortan en pedacitos...

los. La limpieza del material se hace durante la cosecha...

re hacia arriba para que el viento levante el polvo...

ción del gatero. Los ramos se cortan en pedacitos...

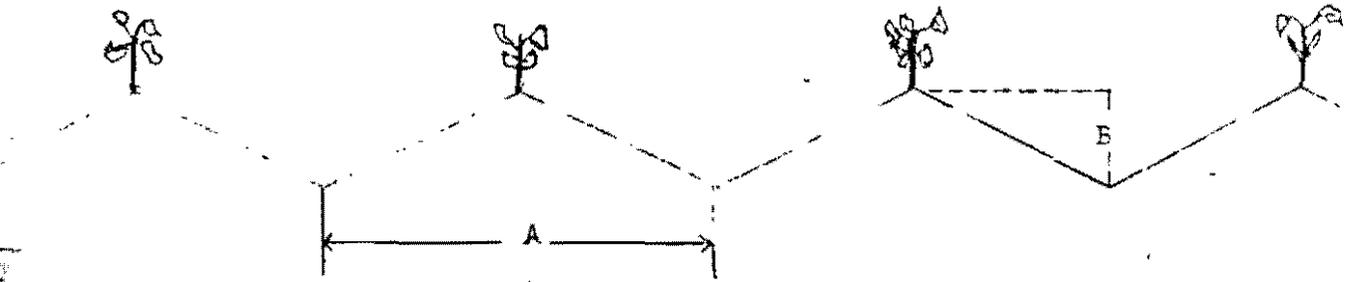
En variedades trilladoras sembradas con soportes o en asociación... muchas veces...
... mecánica...
... agavillado y trillado. En frijol no existe como
... la soya o los cereales de grano suelto, se siega o corta de
... plantas en pie, por medio de un combinado debido a que las
... frijol se arranca...
... que la base
... que cuelgan a poca
... de una parte de
... vainas, muchas variedades al momento de siega se desmenuzan
... guías y vainas tiernas...
... de la máquina.

Para el corte de frijol se usa...
... el tractor en forma de V...
... tadoras siegan las plantas...
... delante del tractor.

La cortadora puede usarse con...
... sencillas...
... cortante...
... en el sentido...
... ser...

Figura 1. Esquema de operación de una cortadora de frijoles

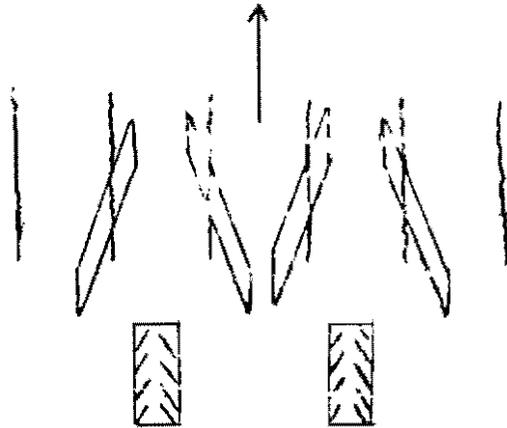
SIEMBRA EN SURCO SENCILLO



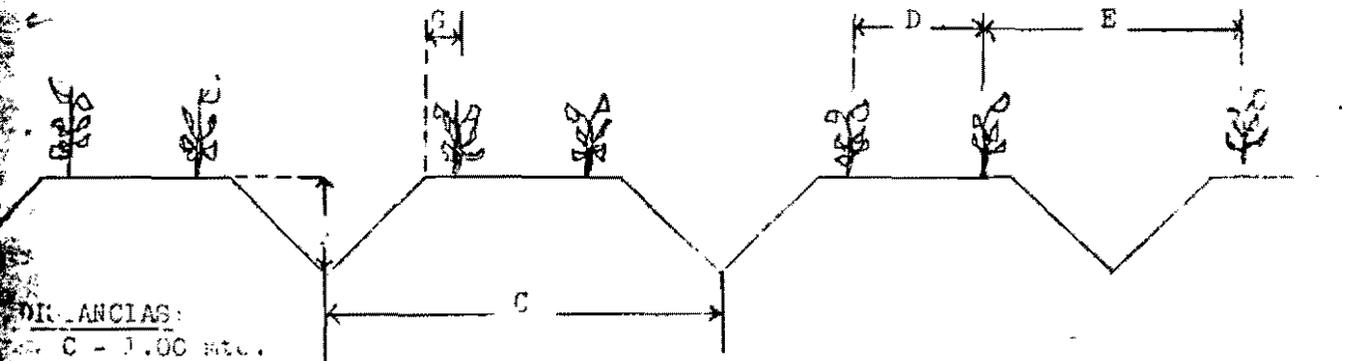
DISTANCIAS:

- A - 70 cms.
- B - De 10 a 15 cms.

POSICION DE CORTE EN LAS NAVAJAS EN SIEMBRA DE SURCO SENCILLO



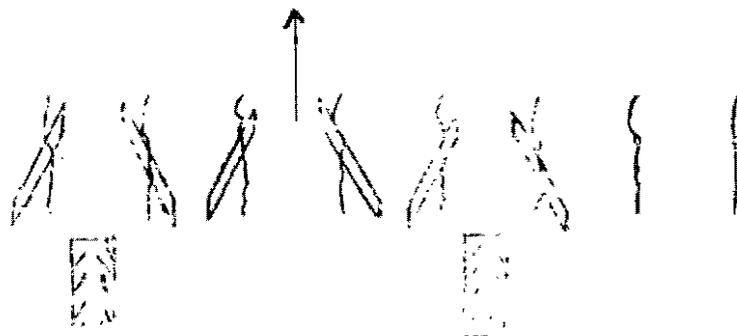
SIEMBRA EN CAMA A DOBLE HILERA



DISTANCIAS:

- C - 1.00 mts.
- D - 40 cms.
- E - 60 cms.
- F - De 10 a 15 cms.
- G - De 10 a 15 cms.

POSICION DE CORTE EN LAS NAVAJAS EN SIEMBRA A DOBLE HILERA



fríjol ya cortadas previamente y forma con ellas una hilera que queda en el campo secándose.

El engavillador trabaja con los mismos espaciamientos que sembradora y cultivadora. Una de las ventajas de este implemento es que no sólo se limita a amontonar frijol en una hilera, sino que en este proceso sacude casi toda la tierra y deja la hilera bien tendida y esponjada, de manera que el frijol se seca pronto y con ello se facilita la trilla.

La operación de cortar y engavillar puede hacerse simultáneamente cuando la cortadora va montada en el trineo del tractor y el engavillador detrás.

La operación de la trilla puede ser realizada con máquina mecánica o bien con la cosechadora-combinada. En este último caso, la máquina recoge el material previamente acomodado por la cortadora y engavilladora, utilizando una rueda con puntas retráctiles, o con un molinete de dientes. Las plantas son elevadas por medio de una faja sin fin hacia el cilindro y el concavo donde se realiza la trilla propiamente dicha. Los granos pasan luego por una criba con movimiento recíproco a través de la cual se logra la limpieza con la ayuda de un ventilador que arroja fuera el material ligero; el resto de la planta (tallos, ramas, etc.) cae al campo por un conducto especial.

En la trilla mecánica la regulación de la máquina es muy importante para evitar rotura de granos, valen con trillas y riego limpieza. Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- velocidad del cilindro de trilla: utilícese solo la velocidad necesaria para separar los frijoles de las vainas: la gama usual de velocidades varía entre 25 a 40 rpm.
- luz entre el cilindro y el concavo: debe ser lo más ancha posible, sin que esto perjudique la trilla del frijol. Entre 1 a 22 mm (3/16 a 7/8 pulgadas) aproximadamente se considera buena luz.
- luz de las cribas de limpieza: debe ser lo más amplia posible.
- velocidad del ventilador: la mayor posible para que el sople a los frijoles afuera de la máquina.

Cosechado y trillado el frijol el gran factor para obtener buenas condiciones de almacenamiento, los factores que intervienen son en este caso los principales factores a tener en cuenta, principalmente la humedad. La semilla debe almacenarse solamente cuando tiene un 12% de humedad. Para el almacenamiento a largo plazo, la semilla debe secarse lentamente hasta alcanzar un 11-12% de humedad. Si se dispone de facilidades de almacenamiento, por ejemplo ambiente controlado, la semilla puede guardarse a 10-12% de humedad relativa. La mayoría de las semillas almacenadas en estas condiciones se equilibrarán a un 11-12% de humedad.

Si hubiera necesidad de secar la semilla, la temperatura no debe exceder de 22°C. Si se debe secar frijol a más de 60°C, la temperatura no debe ser superior a 60°C.

SIEMBRA DE FRIJOL

2. Vocabulario 2'

en muchas modalidades de siembra de frijol

Con relación a la humedad del suelo

{ Sembrío en seco

{ Sembrío en húmedo

- aporcar el suelo
- cubrir el suelo
- no cubrir el suelo
- cubrir el suelo
- cubrir el suelo
- cubrir el suelo

Con relación a la ejecución de la siembra

{ - manual

- { - mecánica

- al voleo
- con sembradora
- con sembradora
- con sembradora

Con relación al sistema

{ - monocultivo

{ - cultivo asociado

- monocultivo
- monocultivo

Densidad de siembra

Uno de los requisitos básicos para un manejo exitoso de un cultivo de frijol es saber cuanta semilla ha de sembrarse por unidad de superficie. El hecho que sembremos más o menos semilla que la requerida va a afectar el potencial de rendimiento de la variedad y su hábito de crecimiento.

En la Figura 1 presentamos una relación gráfica típica del rendimiento y la población de plantas.

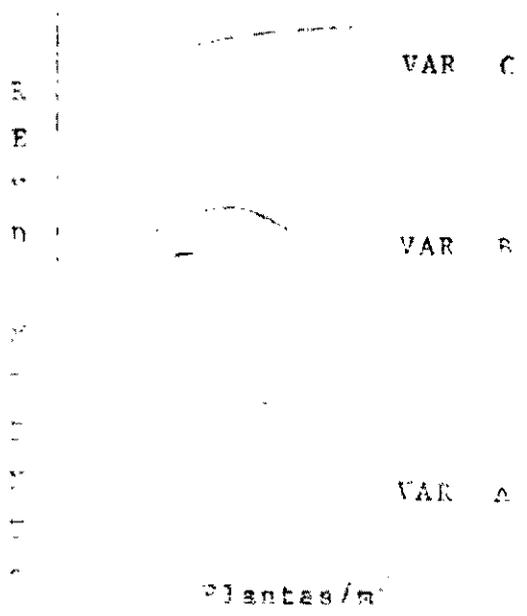


Figura 1. Efecto de la población de plantas en el rendimiento.

El rendimiento de un cultivo de frijol depende de la densidad de plantas que se establecen en el terreno. Para obtener el máximo rendimiento se debe establecer una densidad de plantas que permita a cada planta disponer de suficiente espacio y nutrientes para desarrollarse adecuadamente.

os en rendimiento por más que crezca el número de plantas; o bien, en un punto determinado en el caso de la densidad de plantas habrá de significar una gradual declinación en los rendimientos. Es muy importante conocer la forma y el grado de pendiente o curvatura de la gráfica para obtener las relaciones valor/costo y establecer la población de plantas económica-mente óptima, toda vez que el aumento en rendimiento por una mayor densidad de siembra, debe compensar el costo del uso de una cantidad extra de semilla.

La cantidad óptima de semilla que debe usarse está influida por numerosos factores, que incluyen además de la calidad de la semilla y las condiciones del suelo. Cuando la semilla es de bajo poder germinativo, lógicamente se necesita aumentar la cantidad de semilla por sembrarse; lo contrario ocurre cuando las condiciones del suelo no favorecen una buena germinación.

En CIAT la mayoría de los estudios realizados en frijol coinciden en señalar que la densidad óptima para los frijoles de hábito erecto y suberecto es de alrededor de 100 plantas por hectárea, y para el hábito I y II el límite superior es de 200 plantas por hectárea. En el caso de los frijoles de hábito I y II, la densidad óptima es de 100 plantas por hectárea, y para el hábito III el límite superior es de 200 plantas por hectárea. En el caso de los frijoles de hábito IV y V, la densidad óptima es de 100 plantas por hectárea, y para el hábito VI el límite superior es de 200 plantas por hectárea.

variedad, condiciones sanitarias y de fertilidad del suelo. También la disponibilidad de un equipo agrícola determinado influye en la decisión de usar un determinado distanciamiento entre surcos. Las variedades de tipo I pueden sembrarse en hileras distanciadas entre 0.50 y 0.60 metros; distanciamientos mayores que 0.60 metros son generalmente inconvenientes. Las variedades de tipo II pueden sembrarse entre 0.50 y 0.70 metros de separación entre hileras, aunque 0.50 metros puede en algunos casos resultar extremo. Para las variedades de tipo III los distanciamientos entre hileras podrían variar entre 0.60 y 0.70 metros; en casos especiales pueden usarse distanciamientos de 0.80 metros entre hileras que es en todo caso la separación máxima para cualquier tipo de frijol.

Los distanciamientos entre hileras menores de 0.50 metros no son recomendables porque impiden la realización de las prácticas culturales a muy temprana edad del cultivo. El crecimiento de las plantas "cierra" rápidamente las hileras, dificultando las labores de deshierba y control sanitario.

El uso de una separación de 0.50 a 0.70 metros entre hileras ha de depender mucho del equipo agrícola disponible. Si se tiene en mente mecanizar las labores de cultivo es necesario tener en cuenta el ancho de las ruedas del tractor que se tiene, el espacio ocupado por las plantas de frijol al momento de la floración y un margen razonable como espacio de seguridad. En general, 0.60

ros sería el espacio mínimo entre hileras para una explotación mecanizada de frijoles. Hay que tener en cuenta que si se usan sembradoras de maíz, el espacio mínimo sería de 0.70 metros (28 pulgadas).

Con respecto al distanciamiento entre plantas dentro de la misma hilera se ha encontrado en la mayoría de los estudios que el distanciamiento entre 5 a 7 cm es el más conveniente. Trece plantas por metro lineal ($25/m^2$) es considerado el óptimo.

En el Cuadro 1 se presenta información para determinar el número de plantas por hectáreas que se puede conseguir con diferentes distancias entre hileras y separación de plantas dentro de la misma hilera.

Para determinar la cantidad de semilla que es necesario sembrar para lograr la población de plantas deseada es necesario conocer la cantidad aproximada de semillas que hay en un kilo. En el Cuadro 2 se da la información correspondiente para los diferentes tamaños de semillas de frijol que es posible encontrar en explotación comercial en el mundo.

La información de los cuadros 1 y 2 puede usarse como una guía para escoger la población de plantas más adecuada y calcular la cantidad de semilla necesaria para determinación del área de siembra. Además, es necesario tener en cuenta el coeficiente de germinación de las semillas y también estimar un margen de pérdidas que pueden producirse en el campo por diversas razones (presencia de enfermedades radicales, drenaje deficiente, escasez

SEMIOLAS DE SEMILLAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

SEGUN LA DISTANCIA ENTRE SURCOS Y LA DISTANCIA ENTRE PLANTAS DESEADAS

DISTANCIA ENTRE PLANTAS (CMS.)	<u>D I S T A N C I A E N T R E S U R C O S</u> (CMS.)							
	40	45	50	55	60	65	70	75
2.5	1.000.000	888.889	800.000	727.273	666.667	615.385	571.429	533.333
3.0	833.333	740.741	666.667	606.061	555.556	512.821	476.190	444.444
3.5	741.286	634.921	571.429	519.481	476.190	439.560	408.163	380.952
4.0	625.000	555.556	500.000	454.545	416.667	384.615	357.143	333.333
4.5	555.556	493.827	444.444	404.040	370.370	341.880	317.460	296.296
5.0	500.000	444.444	400.000	363.636	333.333	307.692	285.714	266.667
5.5	454.545	404.040	363.636	330.579	303.030	279.729	259.740	242.424
6.0	416.667	370.370	333.333	303.030	277.778	256.410	238.095	222.222
6.5	384.615	341.880	307.692	279.720	256.410	236.686	219.780	205.128
7.0	357.143	317.460	285.714	259.740	238.095	219.780	204.082	190.476
7.5	333.333	296.296	266.667	242.424	222.222	205.128	190.476	177.778
8.0	312.500	277.778	250.000	227.273	208.333	192.308	178.571	166.667
8.5	297.118	261.438	235.294	213.004	196.078	180.995	168.067	156.863
9.0	277.778	246.914	222.222	202.020	185.185	170.940	158.730	148.148
9.5	263.158	233.918	210.526	191.388	175.439	161.943	150.376	140.351
10.0	250.000	222.222	200.000	181.818	166.667	153.846	142.857	133.333

ento del suelo, etc.). Si las condiciones del suelo son idea-
s, puede estimarse una pérdida en la población de plantas entre
10 y 15% por fallas en la germinación, daños de insectos y e-
cto de las labores culturales, por ello es recomendable siempre
cular en promedio una cantidad adicional de semilla del 15 al

%.

5200

UTILIZACION EN EL FRIJOL PHASEOLUS VULGARIS: ELEMENTOS MAYORES Y

SECUNDARIOS

R. H. Howeler, C. J. Medina.

El frijol es un cultivo exigente en cuanto a sus necesidades nutricionales, sus rendimientos son seriamente afectados si hay problemas en el suministro de algún elemento. Para una producción óptima se requiere no solo un suelo rico en todos los elementos nutricionales sino cantidades bajas de algunos de ellos, Al o Mn por ejemplo, que se encuentra muchas veces en cantidades altas en suelos ácidos. Como todas las leguminosas el frijol tiene un requerimiento de calcio.

Extracción de nutrimentos

A partir del análisis de plantas enteras que han crecido en soluciones nutritivas o en suelos ricos, se pueden determinar las necesidades nutricionales de la planta ó la cantidad de cada elemento que la planta extrae del suelo durante su ciclo de crecimiento. La tabla 1 muestra la extracción de nutrimentos de frijol en relación con los de algunos otros cultivos. Por ejemplo el frijol y la soya requieren cantidades relativamente altas de N y bajas de K. Parte de este nitrógeno se fija del aire a través del Rhizobium. Como se ve, la yuca extrae cantidades muy altas de K. La tabla 2 muestra la extracción de N, P, K, S, Ca y Mg de frijol tanto en la planta entera como en el grano. Se ve que además de N la planta requiere una alta cantidad de calcio para un buen desarrollo.

Para mantener la fertilidad del suelo es necesario aplicar al suelo por lo menos la cantidad de cada nutrimento que la planta extrae y que es removida por la

cosecha. Incorporando en el suelo los residuos de hojas, tallos y vainas se reduce mucho la pérdida de nutrimentos del suelo y por lo tanto la cantidad de abono a aplicar.

Cobra (23) calculó en un ensayo de campo que un cultivo de 250.000 plantas/ha con una producción de 1.088 kg/ha de grano extrae y exporta las siguientes cantidades de nutrimentos del suelo:

	Cultivo entero	grano
	kg/ha	
N	101.6	37.2
P	9.1	3.6
K	92.6	22.0
Ca	54.1	4.4
Mg	17.7	4.4
S	25.4	9.5

Mediante un ensayo de potes Haag (40) determinó los mismos datos para un cultivo de 250.000 plantas/ha y una producción de 1000 kg/ha:

	Cultivo entero	grano
	kg/ha	
N	201.2	28.6
P	17.5	3.3
K	200.7	20.4
Ca	116.0	3.6
Mg	36.0	2.0
S	36.0	4.4

Los datos de Haag (40) son más altos para el cultivo entero por estar basados

plantas que crecieron sin competencia en el invernadero. Los datos de (23) son un poco más altos para grano porque incluyen las vainas. Puede ver que con la cosecha de grano se exporta del campo más que nada; en cambio es muy poca la cantidad de P, Ca, Mg y S.

Todo el abono que se aplica al suelo lo aprovecha la planta. Parte del aplicado se pierde por lixiviación, denitrificación o volatilización.

El K se pierde por lixiviación o fijación, mientras que gran parte

P aplicado puede perderse por la fijación del suelo. Por lo tanto la

cantidad a aplicar de estos elementos puede sobrepasar varias veces la can-

tidad extraída por la planta. Como en todos los cultivos la determinación

de las necesidades de fertilización para algún suelo específico debe basar-

se en los análisis del suelo ó plantas, ó a través de ensayos de fertili-

zación.

Absorción y distribución de nutrimentos durante el ciclo de crecimiento

(40) determinó en un ensayo de potes que la planta de frijol tiene su absorción máxima de N, K y Ca a los 50 días, de S a los 60, y de Mg a los 70

días de germinación. La rata de absorción de P es más o menos constante du-

ra todo el ciclo vegetativo (figura 1). Según los datos de un ensayo de

potes, reportado por Cobra (23), figura 2, la producción de materia seca es

alta durante los primeros 15 días y después aumenta mucho, llegando a un

máximo a los 56 días. Después de esta época se reduce la cantidad de mate-

ria seca total, porque el aumento del peso de las vainas no compensa comple-

ta la pérdida por la caída de hojas.

Figura 3 muestra la variación en el contenido de nutrimentos en las hojas

durante el ciclo de crecimiento. Se ve que los contenidos de N, K y P bajan continuamente durante el ciclo, que el contenido de Ca aumenta y el de Mg y S se mantiene más o menos constante. El contenido de los elementos nutritivos varía según el balance entre el suministro del elemento y la demanda de los distintos órganos de la planta. El análisis foliar es un método de diagnóstico para determinar si el suministro de los elementos corresponde a las demandas de la planta. Sin embargo, por la variación de los contenidos con el estado de crecimiento es muy importante estandarizar la época de muestreo. En general se recomienda tomar la muestra al iniciarse la floración.

En las hojas, los contenidos de N, P, Ca y Mg son los más altos mientras que el de K es más alto en el tallo. Para fines de diagnóstico a través de análisis foliar se recomienda tomar como muestra las hojas superiores bien desarrolladas y sin peciolo. Para N se pueden analizar los peciolo.

Multiplicando el contenido de cada elemento en cada órgano con el peso seco del órgano en varias épocas de muestreo durante el ciclo se puede determinar la absorción y redistribución de los elementos en la planta. En la figura 4, se ve que las cantidades de todos los nutrimentos absorbidos aumentan hasta los 56 días; esto corresponde con el máximo de producción de materia seca; después disminuyen. La figura 5 muestra que después de los 56 días la cantidad de todos los elementos en las hojas disminuye aunque en las vainas aumentan debido a una redistribución de carbohidratos y nutrimentos en la planta. Siendo poco móvil el Ca no se trasloca hasta las vainas pero vuelve al suelo con la caída de las hojas. El conocimiento de las funciones de los elementos, de su absorción, de la caracterización de deficiencias y toxicidad,

asi como de las tendencias de respuesta a su aplicación, constituyen aspectos muy importantes. Por esta razón cada elemento se tratará por separado.

Deficiencia de nitrógeno

El nitrógeno es componente básico de las proteínas, de la clorofila, de enzimas, hormonas, vitaminas etc. Como se mencionó antes, las necesidades del frijol en N son muy altas. La planta absorbe el N como N-inorganico pero lo transforma en N orgánico en las raíces antes de ser translocado como amidas, ureidos y aminoácidos a la parte aérea. En las hojas estos componentes producen los aminoácidos y las proteínas. El exceso de N se almacena para posteriormente ser redistribuido a las partes deficientes de la planta.

La deficiencia de N es muy común en suelos arenosos ó en suelos muy ácidos donde los niveles tóxicos de Al y Mn reducen la descomposición microbologica de la materia orgánica. También se ha reportado deficiencia de N en suelos volcanicos que normalmente tienen alto contenido de materia orgánica (M.O.), la cual no se descompone facilmente y no contribuye mucho al suministro de N. Las plantas con deficiencia de N tienen un color verde pálido, en ocasiones amarillo. Las hojas toman un color amarillo uniforme; las de la parte inferior son más afectadas. La planta puede tener poco desarrollo y los rendimientos son bajos. Plantas con deficiencia de N tienen un contenido de N en las hojas por debajo de 3% (Ramírez, 69) (Blasco, 11) mientras que el contenido normal es aproximadamente de 5% (MacKay, 52) al inicio de la floración. Carvajal (17) mostró que el contenido de N en los peciolos es mas indicativo de deficiencia de N que el de las hojas. Este autor reporta niveles críticos de deficiencia de 600 ppm de $\text{NO}_3\text{-N}$, 200 ppm

de N-orgánico soluble y 800 ppm N total en los peciolo. Smittle (74) indicó que para rendimientos máximos de habichuelo bajo irrigación se tiene que mantener el contenido de $\text{NO}_3\text{-N}$ en peciolo por encima de 1500 ppm antes de la floración, y 1000 ppm durante la formación de vainas.

La deficiencia de N se controla con inoculación de la semilla, con la incorporación de abonos verdes, estiércol, y con abonos químicos nitrogenados.

La eficiencia de fijación de N por el frijol es muy variable porque depende de la compatibilidad entre variedad y cepa de *Rhizobium*. También depende de la temperatura del suelo, del contenido de N, Ca, P y de Al y Mn del suelo. Según Spector (75) la fijación microbiológica puede contribuir con 30 a 120 kg N/ha al cultivo. CIAT (21) reportó una fijación de 25 kg N/ha y un aumento en el rendimiento de 20% con inoculación en suelos volcánicos de Popayán. En Costa Rica se llegó a la conclusión que la inoculación no fué efectiva (Chacón, 18). Un estudio sobre la nodulación en las regiones productoras de frijol en Rio Grande do Sul reveló que la nodulación fué efectiva únicamente en suelos con un pH por encima de 6 y con niveles altos de Ca, Mg, P y K y niveles bajos de Al (Pons, 66). Niveles altos de Al (CIAT, 19) y de Mn (Dobereiner, 25) reducen la nodulación. La aplicación de cal y P aumentó la fijación de N en suelos ácidos de Colombia (CIAT, 20), reduciendo la toxicidad de Mn y Al y aumentando la cantidad de Ca disponible para las bacterias. La aplicación de 400 kg de yeso/ha como fuente de Ca aumentó la fijación de N, alcanzando un nivel equivalente a una aplicación de 80 kg N/ha como abono (Franco, 33).

En el noroeste de Brazil, estado de Amazonas y Para. se han reportado respuestas positivas principalmente a la aplicación de estiércol para caupi,

no solo como en combinación con abonos químicos (Malavolta, 54). Fuera de suministrar nutrimentos los estiércoles mejoran las condiciones físicas del suelo y pueden reducir el efecto tóxico del Al. A pesar de ser un suelo ácido (latosol amarillo de pH 5), no hubo respuesta a la aplicación de cal. Se recomienda la aplicación de 31 ton/ha de estiércol como lo más económico sin aplicar abonos químicos ni cal. En el estado de Sao Paulo, varios investigadores (Almeida,), (Miyasaka, 61, 62, 64), (Hiroce, 43), (Mascarenhas,) han encontrado una respuesta positiva consistente a la incorporación de abonos verdes antes de la siembra de frijol. Obtuvieron un aumento de producción de 85% con la incorporación de plantas enteras de Crotalaria cea (Miyasaka, 64); también obtuvieron respuestas a la incorporación de caupi. La tabla 3 resume los resultados de estos ensayos (Malavolta, 54). La incorporación de leguminosas produjo incrementos mayores que los obtenidos con la incorporación de gramíneas.

En el caso de aplicaciones de abonos químicos no se observaron diferencias significativas entre fuentes de N como urea, sulfato de amonio, nitrato de calcio ó la aplicación de urea foliar (Malavolta, 54), (Spurling, 76), (Mascarenhas, 56) y CIAT (21) no encontraron diferencias significativas entre momentos de aplicación pero Miyasaka et. al (63) obtuvieron una disminución de la producción de 820 kg hasta 500 kg/ha cuando se aplazó la aplicación de N hasta los 42 días. Por lo tanto se recomienda la aplicación de N en el momento de la siembra o inmediatamente después de la germinación.

Las respuestas a la aplicación de N varían mucho entre localidades. En Temala se reportó (ICTA, 45) una respuesta hasta niveles de 58 kg N/ha. En Costa Rica el resultado de 9 ensayos de N P K en los departamentos de Aserri y Aserri (Herrera, 41) indicó una aplicación de 50 kg N/ha, 70 kg P/ha

y nada de K. En San José, Costa Rica (Quirce,68) no se obtuvo respuesta significativa a N, pero se observó una buena correlación entre el rendimiento y el contenido de N en el suelo. En Venezuela se obtuvo buena respuesta a 80 kg N/ha en suelos de la serie Maracay (Barrios,8). En Brasil se obtuvieron respuestas muy significativas a N en Patos de Minas (Minas Gerais). De 36 ensayos hechos en este estado se obtuvieron respuestas positivas en 16 ensayos (Malavolta,54). En Sao Paulo obtuvieron una respuesta positiva al N en 17 de 54 ensayos. En Rio Grande do Sul la respuesta al N varía mucho entre tipos de suelo y también de un año al otro (Figura 6). En un ensayo en Viamao en 1974 casi no hubo respuesta al N en 10 variedades (Pons,67) mientras en el mismo suelo y año se reportó una respuesta altamente significativa a 120 kg N/ha en un ensayo de interacción de N x cal (Figura 7) (Pons,65).

A pesar de que la cal aumentó los rendimientos, ni la respuesta a la cal ni la interacción entre cal y N salieron significativas. En resumen, para Brasil, de 232 ensayos de N P K para frijol, 67 ensayos mostraron respuestas positivas a la aplicación de N (Malavolta,54).

En la Cuenca del Guayas (Bolíche) en Ecuador obtuvieron respuestas altamente significativas al N hasta 90 kg N/ha (INIAP,46). Un ensayo de altas aplicaciones de N en este suelo mostró una respuesta a niveles de 200 y 400 kg N/ha (CIAT, 21) (figura 8). También en Malawi (Edge,27) se obtuvieron respuestas positivas hasta de 200 kg N/ha con una producción promedio en dos años de 3.8 ton/ha, usando riego. El contenido y el rendimiento de proteínas/ha se aumentaron con la aplicación de N (Edge,27).

Deficiencia de fósforo

fósforo es componente de las nucleoproteínas, ácidos nucleicos (DNA, RNA) fosfolípidos, azúcares fosfatados y todas las enzimas involucradas en el transporte de energía. Además participa en los procesos de fosforilación, fotosíntesis, respiración, síntesis y descomposición de carbohidratos, proteínas y grasas (Loter, 51). A través de estos procesos afecta el crecimiento radicular, el proceso de floración y la maduración de las frutas (Hassbender, 29). A pesar de que la planta necesita el P en pequeñas cantidades, la deficiencia de P es el problema nutricional más común para el maíz en América Latina. En muchas regiones de Brasil, especialmente en el Campo Cerrado (Guazzelli, 39), en oxisoles y ultisoles de Puerto Rico (Barrón, 1) y Colombia (CIAT, 20) y en los andosoles de Colombia (CIAT, 20), la deficiencia de P es el factor más limitante en la producción de maíz. También en América Central la deficiencia de P es común en los andosoles de las partes montañosas.

La deficiencia de P afecta principalmente el desarrollo general de las plantas. Las plantas son pequeñas, con poca ramificación y las hojas bajas pueden ser amarillas con bordes necróticos. Aumentando la cantidad de P disponible en el suelo se aumenta el tamaño y el vigor de la planta. Plantas deficientes en P florecen y maduran muy tarde. En general tiene un contenido de P en las hojas a la floración por debajo de 0.2%. McKay (52) considera un 0.4% de P como un nivel óptimo en hojas superiores al inicio de la floración, mientras que Delgado (24) reporta 0.2% de P. En CIAT se calculó el nivel crítico de P como 0.35% (figura 9). Para suelos, Braga (13), determinó un nivel crítico de P de 8 ppm con el extracto de Carolina del Norte, mientras que Goepfert (37) lo fijó en 18 ppm con el mismo extracto (figura 10); en CIAT se considera un nivel crítico de 10-15

ppm con los extractos de Olsen, Bray I y II, y Carolina del Norte.

La deficiencia de P en general se corrige a través de la aplicación de fuentes de P como el superfosfato triple (SFT), superfosfato simple (SFS), rocas fosforicas o Escorias Thomas. Los mejores resultados se obtienen generalmente con la aplicación de TSP o con SSP en suelos con bajos niveles de S. Las Escorias Thomas y las rocas fosfóricas son fuentes buenas para suelos acidos por su contenido relativamente alto de Ca y CaCO_3 (CIAT,21).

En Minas Gerais (Braga, 12) se determinó el siguiente orden de efectividad de varias fuentes de P para frijol: fosfato de amonio > SFT > Termofosfato > acido fosforico > roca fosfórica Araxi. En CIAT (20,21) demostraron que el SFT y las Escorias Thomas son superiores a las rocas fosfóricas, pero que la acidulación parcial de la roca con H_2SO_4 puede mejorar significativamente su disponibilidad (figura 11). También existe mucha variación en la disponibilidad de distintas rocas y su efectividad esta bien correlacionada con su porcentaje de P soluble en citrato de amonio (figura 12). Las rocas con mejor sustitución de CaCO_3 en su estructura cristalina como las de Carolina del Norte, Gafsa (Moroco), Bayovar (Peru) son las de mayor disponibilidad. Las rocas de Tennessee y varias de Colombia son poco solubles. En suelos con alta fijación de P (Andosoles, Ultisoles, Oxisoles) es más efectiva la aplicación de SFT en banda debajo de la semilla. Las Escorias Thomas y las rocas fosforicas requieren mayor contacto con el suelo y son más efectivas aplicadas al voleo e incorporadas (figura 13). El P se aplica antes o al momento de la siembra y no hay necesidad a fraccionar la aplicación.

Las rocas fosfóricas tienen mayor efecto residual; por lo tanto resultó

erior al SFT en el segundo año de siembra (Miyasaka,60). La aplicación de cal aumentó el efecto de SFT pero disminuyó lo de la roca fosfórica en Paulo (Miyasaka,60). Según Lawton (49) la aplicación de cal disminuyó la proporción de $\frac{H_2PO_4^-}{HPO_4^{2-}}$ en la solución del suelo, pero no afectó el contenido de P "disponible" determinado con la solución Bray. La aplicación de cal redujo el contenido de P en planta, pero tuvo poco efecto sobre la absorción total de P. La proporción de P en la planta suministrado el abono disminuyó con la aplicación de cal (Lawton,49). La alta aplicación de P puede inducir una deficiencia de Zn (Wallace,80) (Lessman,50) (Babler, 5) y de Fe (Wallace,79).

A pesar de tener suelos pobres en P en Guatemala no se ha reportado mucha respuesta a la aplicación de P en frijol (ICTA,45) (Valle,78). En las áreas cafetaleras de Costa Rica hubo respuesta a P en todos los tres suelos volcánicos y aluviales ensayados (Martini,55). En Colombia se ha reportado una buena respuesta a P en suelos rojos de Antioquia (Rodriguez,70) y en suelos arenosos de Popayán (CIAT,21,22). Estos últimos suelos tienen una capacidad tan alta de fijación de P que se necesita aplicar hasta 2 ton P_2O_5 /ha de SFT incorporado para llegar a una producción máxima (figura 14). Por tanto es recomendable aplicar el SFT en banda, lo cual resulta en una respuesta hasta 300-400 kg P_2O_5 /ha (CIAT,21,22). En Venezuela obtuvieron una respuesta negativa a la aplicación de P y K en 6 ensayos en suelos de la zona de Maracay. En los suelos arenosos de la sabana de Londres, en suelos franco arcillosos de Canaima y los de San Nicolás si hubo respuesta a P (Arrieros,8).

La respuesta a P ha sido mas estudiada en Brasil. En Minas Gerais encontraron buenas respuestas a P en Uberaba con niveles de hasta 200-250 kg P_2O_5 /ha.

La aplicación más económica fue de 158 kg P_2O_5 /ha. (Malavolta 54). En este estado se encontró respuesta a P en 28 de 35 ensayos de N P K. En Sao Paulo se obtuvo respuesta a P en 34 de los 54 ensayos siendo este el elemento que causó las mejores respuestas positivas. Se recomienda la aplicación de 5-90 kg P_2O_5 /ha según el tipo de suelo. En Santa Catalina y Río Grande de Sul también el P fué el elemento más limitante. Para todo Brasil se encontró una respuesta a P en 103 de los 232 ensayos reportados. (Malavolta 54). En Boliche, Ecuador no resultó económica la aplicación de P. (INIAP 46).

La deficiencia de potasio

El potasio no es componente básico de las proteínas, carbohidratos o lípidos pero si está involucrado en su metabolismo, en la economía hídrica y en algunos otros procesos fisiológicos de la planta. Es después del nitrógeno el elemento que la planta requiere en más alta cantidad. Con cada tonelada de grano que se produce se está exportando más o menos 20 kg K del campo. A pesar del alto requerimiento de este elemento, no se han reportado muchos casos de respuesta a K en América Latina. Seguramente, la mayoría de los suelos tienen alta capacidad de suministrar K a las plantas. La deficiencia de K se puede esperar en suelos ácidos y muy infértiles como los de los Llanos Orientales de Colombia y el Campo Cerrado de Brasil. Las Cordilleras Andinas en general tienen alto contenido de K.

La deficiencia de K se manifiesta como un amarillamiento y necrosis de la punta y de los bordes de las hojas, comenzando en la parte inferior de la planta y subiendo hacia la parte superior. A veces se presentan manchas necróticas sobre los folíolos en un estado grave de deficiencia. El contenido

mo de K en las hojas es alrededor del 2% (MacKay, 52). Blasco (11) y ios (9) encontraron niveles un poco superiores en plantas de frijol en campo. Anderson (6) obtuvo una respuesta a K con un nivel en el suelo 0.72 me/100 gm. El ICA considera un suelo con mas de 0.30 me K/100 como alto en K sin que en estas condiciones se observe respuesta. (Rozuez, 70).

ing (30) indica que al aumentar la concentración de K se disminuye la ración de Ca. Al aplicar K en general se aumenta el contenido de K en ejido, pero pocas veces esto significa aumento en producción (Bains,7).

Costa Rica no se encontró respuesta positiva a K en 9 ensayos de N P K (Cabrera,41). En Colombia se ha reportado una respuesta a 50 kg K_2O /ha en suelos rojos de Antioquia en un cultivo de frijol en rotación con maíz (Riquelme,70). En Venezuela se mostró una respuesta positiva a K única en los suelos de Asentamiento Canaima, y ninguna respuesta en otros ensayos (Barrios, 8). En Brasil se han reportado respuestas a K en 34 ensayos en Sao Paulo y ninguna respuesta en dos ensayos en Minas Gerais (Cecilia, 73). En Santa Catalina y Rio Grande de Sul se obtuvieron respuestas negativas a la aplicación de K (Malavolta,54). Para todo Brasil se reporto una respuesta a K en solo 15 de un total de 232 ensayos de N P K en frijol. Entonces, a pesar que la planta requiere alta cantidad de K, se ha observado mucha respuesta a la aplicación de este elemento. La respuesta negativa que se obtiene a veces se debe a una inducción de deficiencias de Ca o Mg por las altas aplicaciones de K.

deficiencia de calcio

En todas las leguminosas el frijol tiene alto requerimiento de Ca para su

buen desarrollo y para estimular la fijación microbionológica de N. Sin embargo lo que se exporta del suelo con la cosecha es relativamente poco. La mayoría del Ca vuelve al suelo con la caída de las hojas. El Ca está involucrado en la economía hídrica de la planta.

Siendo un elemento poco móvil, su absorción y translocación es más lenta que la del P (Ahmad, 2). La absorción de Ca depende de la disponibilidad del P (Ghrler, 23). Al contrario, al aumentar el K se disminuye la absorción de Ca. La absorción de Ca es máxima entre pH 5.5 y 7.0; se disminuye si hay falta de oxígeno (Lauge, 42). El transporte del Ca de las raíces a la parte aérea es a través del Xylema y una vez depositado en alguna parte de la planta no hay retranslocación en la planta (Biddulph, 10). Por lo tanto la planta depende de un suministro continuo de Ca del suelo para la formación de hojas nuevas y de las vainas. La aplicación foliar de Ca no es muy efectiva por la falta de redistribución dentro de la planta (Biddulph, 10).

Los síntomas de deficiencia de Ca en frijol no son comunes y en general son confundidos con los de toxicidad de Al ó Mn en los suelos ácidos. En este caso la aplicación de cal sirve para suministrar Ca y/o Mg además de contrarrestar la toxicidad de Al y Mn. Un nivel óptimo de Ca en las hojas es 2% (Abruña, 1), pero contenidos de 5-6% de Ca se ha reportado en suelos con altos niveles de Ca (Blasco, 11) (Berríos, 9). En los suelos de Popayán se observó una buena correlación entre la producción y el nivel de contenido de Ca en las hojas y en el suelo (figura 15, 16). Se determinó el nivel crítico de Ca en las hojas superiores al inicio de la floración como 1.44% y en el suelo como 4.5 me Ca/100 gm.

Nueva York se corrigió la deficiencia de Ca con la aplicación de cal en

la (Saman, 72). En Puerto Rico (Abruña, 1) obtuvieron aumentos en la producción con el encalamiento hasta pH 5.2 y 70% de saturación de bases (basado en el CIC). Usando datos de ensayos de encalamiento en seis suelos ultisoles y oxisoles se observó una correlación altamente significativa entre la producción de frijol y la relación Ca/Mn en equivalentes en las hojas, indicando que la toxicidad de Mn también puede ser un factor limitante en la producción. Se determinó que una relación de Ca/Mn por encima de 225 es óptima para frijol (figura 17).

deficiencia de magnesio

Mg es componente esencial de clorofila y por lo tanto juega un papel importante en la fotosíntesis. También está involucrado en los procesos fisiológicos de la planta.

La deficiencia de Mg se encuentra más que nada en suelos ácidos de baja saturación de bases como son los Oxisoles y Ultisoles. También se encuentra en suelos volcánicos con contenidos relativamente altos en K y Ca pero bajos en Mg. Las hojas inferiores de las plantas con deficiencia de Mg tienen una clorosis intervenal. En un estado más avanzado toda la hoja toma un color amarillo uniforme con manchas necróticas que posteriormente se extienden por toda la hoja. El contenido de Mg en las hojas afectadas fue de 0.22-0.35% (Ramírez, 69) (CIAT, 22), mientras que plantas normales tienen contenidos de 0.35-1.3% (Berrios, 9). (Blasco, 11). (Berrios (9) obtuvo niveles de 0.05-0.10% en plantas crecidas en soluciones con bajos niveles de Mg. Aparentemente Mg no es muy móvil; en el caso de deficiencia el Mg se localiza en las hojas nuevas y por lo tanto la deficiencia ocurre en las hojas viejas (Kovac, 14), Mg aplicado a las hojas primarias no fue translocalizado,

indicando que no es muy móvil una vez depositado en las hojas. El Mg absorbido por las raíces se distribuyó sobre toda la plantula en 24 hojas con alguna acumulación en los márgenes de hojas primarias. Bukovac et al (14) determinaron con Mg-28 que una planta en estado de formación de vainas depositó el 33% del Mg absorbido en el tallo, 32% en vainas y granos, y únicamente 13-16% en las hojas trifoliales. Berrios (9) encontró un antagonismo entre el Mg y K, Fe, B y Zn.

La deficiencia de Mg se puede controlar con la aplicación al suelo de cal dolomítica, MgO, ó $MgSO_4$, ó con la aplicación foliar de $MgSO_4$ al 1%.

Martini (55) reporta una respuesta significativa a $Ca+Mg$ aplicado a un suelo aluvio volcánico de Guácima en Costa Rica, pero no se sabe si fué una respuesta a Ca ó Mg ó a la reducción en Al. No se ha reportado en la literatura mucha respuesta a la aplicación de Mg.

La toxicidad de Al y Mn

Muy relacionada con la deficiencia de Ca y Mg está la toxicidad de Al y Mn que casi siempre ocurren al mismo tiempo en suelos ácidos con baja saturación de bases, como son los oxisoles, ultisoles e inceptisoles. La toxicidad de Mn se ha encontrado en los suelos volcánicos de Popayán en Colombia (CIAT, 22), en suelos hidromórficos de color gris en Brazil (Dobereiner, 25), y en suelos ultisoles y oxisoles de Puerto Rico (Abuña, 1).

En relación con otros cultivos el frijol es muy susceptible a la toxicidad de Al (CIAT, 19,20) y de Mn (Dobereiner,25). El caupi (*Vigna sesquipedalis*) es mucho más resistente a la toxicidad de Al que el frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Figura 18. Existen diferencias muy grandes entre variedades de frijol en su

ptibilidad a la toxicidad de Al (Foy, 31,32). Las variedades de color
parecen ser un poco más resistentes que aquellas con otros colores
19). Foy (31) encontró que las variedades desarrolladas en los sue-
cidos del sur y este de Estados Unidos tenían mejor resistencia a toxi-
de Al que aquellos del oeste, desarrollados en suelos neutros o alcali-
. La susceptibilidad de las variedades estaba correlacionada con su
ción de Ca y no con el contenido de Al en la parte aérea de la planta.
32).

ceso de Al y Mn no solo afecta el crecimiento directo de la planta
también la nodulación y la fijación de N por el Rhizobium. Por lo tan-
observó una buena nodulación únicamente en suelos con pH 6.0 en un es-
en Rio Grande de Sul (Pons, 66). Dobereiner (25) encontró que muchas
de Rhizobium son muy susceptibles a la toxicidad de Mn. La fijación
fué afectada con 20-25 ppm de Mn en la solución nutritiva. Aplicando
m Mn a un suelo de pH 4.4 se afectó mucho la nodulación, mientras que
el Mn la nodulación fué abundante. El contenido de N en plantas inocu-
disminuyó con el aumento en el contenido de Mn en la planta (Dobereiner,

plantas que sufren por toxicidad de Al tienen poco crecimiento y las
inferiores son amarillas con una necrosis que empieza en el borde de
hojas pero que pronto afecta toda la hoja. El sistema radicular es muy
ño. El desarrollo del sistema radicular y de la parte aérea está di-
amente relacionada con la concentración de Al en solución. El mejor
miento se obtuvo en soluciones con 0 Al. Foy (32) determinó que una
edad susceptible tuvo un peso radicular de 59% en 8 ppm Al en relación
el peso en solución de 0 ppm Al. La variedad resistente no tuvo reduc-
en peso radicular con la alta concentración de Al. Ruschel (71)

Indicó que concentraciones por encima de 3 ppm Al fueron perjudiciales para el crecimiento del frijol. En comparación, Howeler (44) obtuvo mejor crecimiento de arroz y de yuca con 3 ppm de Al que en la ausencia de Al.

Ruschell (71) no observó una disminución en el contenido de P en la planta debido al alto nivel de Al y concluyó que el efecto detrimental de Al se debe a la absorción excesiva de este elemento y no a la inducción de una deficiencia de P.

Las plantas que sufren por toxicidad de Mn tienen una clorosis intervenal en las hojas nuevas. En estados muy graves hay una deformación y encrespamiento de las hojas del cogollo. El contenido de Mn en estas hojas en general es de más de 1000 ppm y aún niveles de 3000 ppm han sido observados. González (38) determinó el nivel crítico de toxicidad de Mn como 35 ppm en las hojas.

Este es un nivel muy bajo en comparación con los datos de Blasco (11), y Ramírez (69), que reportan niveles normales de 80-386 ppm y de 439 ppm respectivamente. En Popayán se observaron plantas normales con 250 ppm Mn en las hojas.

La toxicidad de Mn se puede controlar con la incorporación de materia orgánica, la cual acompleja y retiene el Mn en forma intercambiable. La aplicación de arcilla y de cal al suelo ó la pelitización con cal de la semilla también fué efectiva en reducir la absorción de Mn (Dobereiner, 26). El control más común de toxicidad de Al y Mn es con la aplicación de Cal. En Brazil se encontró respuesta a cal en 31 de 232 ensayos (Malavolta, 54). Después de la deficiencia de P y N, la acidez del suelo es el factor más limitante para la producción de frijol en Brazil, especialmente en los suelos del Campo Cerrado. En Colombia se ha obtenido una respuesta muy

ada al encalamiento en los suelos de los Llanos Orientales (CIAT,19,20),
ra 18, y en los suelos andosoles de Popayán (CIAT,22). Abruña (1) repor-
na respuesta muy marcada en los oxisoles y ultisoles de Puerto Rico.
eis suelos ultisoles y oxisoles hubo una buena correlación entre el rem-
ento de frijol y el pH ó el % saturación de Al (figura 19 y 20). La
ucción máxima se obtuvo con pH 5.2 y % Al = 0. A una saturación de
el 50% hubo una reducción del 50% de la producción máxima. La pro-
ión aumentó con el aumento en la saturación de bases hasta el 70%
ado en CIC). Esto corresponden con datos de Anderson (6) de Africa
en donde se encontró una respuesta del frijol al encalamiento hasta
CaCl₂ de 5.5 y una saturación de bases de 75%. Según Freitas (34) el
óptimo para frijol es de 5.5 hasta 7.5.

Deficiencia de azufre

S es componente esencial de varios aminoácidos y por esto es importante
a la síntesis de las proteínas. La deficiencia de S no es muy común pero
na observado en los suelos con bajos contenidos de S como los de los
nos Orientales de Colombia y el Campo Cerrado de Brasil.

soya se ha observado deficiencia de S con un contenido de 0.15% en las
as (Goepfert, 36); Ramírez (69) obtuvo un contenido de 0.14% en hojas
frijol con deficiencia de S y 0.19 en plantas normales. Contenidos nor-
es en CIAT son de 0.25-0.30% S en las hojas de frijol.

wart (77) mencionó la importancia del balance entre el N y el S para la
tísis de proteínas. Para frijol la relación óptima N/S es 15. La de-
ficiencia de S resulta en una acumulación de N inorgánico y de amidas y

aminoácidos en la hoja sin la formación de proteínas. En suelos deficientes en S se recomienda que la aplicación de N se acompaña con la aplicación de sulfatos en la relación de peso de N/S = 15. En Costa Rica se obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de S en un suelo aluvio volcánico de Guácima (Martini, 55). En suelos de Sao Paulo se reportó efecto positivo a la aplicación de S en uno de los 54 ensayos y un efecto negativo en 7 ensayos (Malavolta, 54). Parece que en general los suelos contienen suficiente S ó bien se está aplicando suficiente S con otros abonos como el superfosfato simple ó los elementos menores.

Métodos de aplicación de abono

El método de aplicación del abono puede ser tan importante como el nivel de aplicación; se puede perder mucho de la efectividad del abono si no se aplica en la forma correcta. Por ejemplo, en un suelo muy fijador de P la aplicación de 300 kg P_2O_5 /ha como SFT al voleo fué tan efectivo como 75 kg aplicado en banda (figura 13). En general los abonos solubles como el SFT, casi todas las fuentes de N y K y los abonos compuestos se aplican mejor en banda, mientras los abonos menos solubles como las Escorias Thomas, las rocas fosfóricas, la cal y el estiércol se aplican al voleo con incorporación.

Algunos abonos como urea, $(NH_4)_2SO_4$, amonphos, SFT etc. cuando se aplican en banda muy cerca ó en contacto con la semilla, tienen un efecto fitotóxico sobre la germinación. Por lo tanto es aconsejable aplicar estos abonos en una banda 3 cm al lado y por debajo del surco de la semilla. Comparando varios métodos de aplicación, Amaral (4) obtuvo los mejores resultados en una o dos bandas al lado y por debajo de la semilla. Miranda (59) también consideró este método como el más efectivo; con la siembra de frijol en

os, también se puede fertilizar en el mismo hueco, tapando el abono con un poco de suelo antes de colocar la semilla. En CIAT el fertilizante se aplicó colocando directamente en el surco de siembra, tapando con 2-3 cm de suelo antes de sembrar. Este es el método más rápido en caso de sembrar a mano o con pequeñas sembradoras de mano. En época de verano puede presentarse un poco de quemazón de los bordes de hojas primarias, pero la planta casi siempre se recupera sin mucha pérdida de población.

La aplicación de N P K por vía foliar ha sido poco estudiada. En São Paulo en un suelo latosol rojo se consiguió un incremento de producción de 26% con la aplicación foliar de N P K (Bulisani, 15, 16). Sin embargo la aplicación de 30:80:30 al suelo aumentó el rendimiento en 80%. El producto más efectivo fué, Envy 10-20-20 que aumentó el rendimiento en 35% con respecto al testigo. A pesar que los rendimientos obtenidos con aplicaciones foliares de N P K no llegaron al mismo nivel de los que tenían aplicaciones al suelo, la productividad por kg de N P K (en kg/ha/ kg NPK) es mucho más alta, siendo 125 para aplicación foliar y 9 para aplicación al suelo. Los precios del frijol y de los abonos tienen que determinar cual método es el más económico.

REFERENCIAS

1. Abruña, F. et al. 1974. Response of green beans to acidity factors in six tropical soils. J. of Agric. of Univ. of Puerto Rico 58(1):44-58.
2. Alhamad, R. 1963. Absorption and distribution of radioactive phosphorus and calcium in the bean plant. Annales of Botany (N.S.) 27(107): 513-515.
3. Almeida, L. D. de. 1972. Efeitos de época de incorporação, ao solo, de restos vegetais e soja comum (Glycine max (L.) Merrill), sobre a produção de Feijoeiro. Bragantia 31(3):17-40.
4. Amaral, F.A.L. Do et al. 1971. Nota sobre efeitos do modo de localização de fertilizantes na cultura do feijão. Revista Ceres (Brazil 18(100): 502-507.
5. Ambler, J. E. and Brown, J. C. 1969. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of navy beans (Phaseolus vulgaris L.) Agronomy Journal 61(1):41-43.
6. Anderson, G. D. 1974. Bean responses to fertilizers on Mt. Kilimanjaro in relation to soil and climatic conditions. East African Agricultural and Forestry Journal 39(3):272-288.
7. Bains, K. S. 1967. Effect of applied nutrients on soil fertility, chemical composition, and yield of field beans. Indian Journal of Agronomy 12(2):200-206.
8. Barrios A. et al. 1970. Resultados de ensayos de fertilización en caraota (Phaseolus vulgaris L.). Agronomía Tropical (Venezuela) 20(5):355-369.

- Berrios, L. y Bergman, E. I. 1965. La influencia de magnesio en el análisis foliar, rendimiento y calidad de habichuelas tiernas. (Phaseolus vulgaris) Proceedings of the Caribbean Region. American Society for Horticultural Sciences 11:151-158.
- Biddulph, O., Cory, R. and Biddulph, S. 1959. Translocation of calcium in the bean plant. Plant Physiology 34(5):512-519.
- Blasco, M. and A. M. Pinchinat. 1972. Absorción y Distribución de Nutrientes en el frijol (Phaseolus vulgaris L.) IICA-CIEI Turrialba, Costa Rica. XVIII Reunión Anual del FOCOR, Managua, Nicaragua.
- Braga J. M. 1969. Comparação entre fosfatos aplicados ao feijoeiro. I. Trabalhos em casa de vegetação. Revista Ceres (Brazil) 16(88):8-101.
- Braga, J. M., B. V. Defelipo, C. Vieira, L. A. N. Fontes. 1973. Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata, Minas Gerais. Rev. Ceres 20:370-380.
- Bukovac, M. J., Teubner, F. G. and Wittwer, S. H. 1960. Absorption and mobility of Magnesium²⁸ in the bean (Phaseolus vulgaris L.). Proceedings of the American Society for Horticultural Science 75:429-434.
- Bulisaní, E. A., Almeida, L. D. de and Demattei, J. D. 1973. Observações preliminares sobre a adubação foliar em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.). I. Bregantia 32:XIII-XVII.
- Bulisaní, E. A., Miyasaka, S. and Almeida, L. D. 1973. Observações sobre a adubação foliar em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.). II. Bregantia 32:XXVII-XXXI.

17. Carvajal, J. F. 1974. El contenido de nitrógeno soluble en la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.) como guía de la fertilización nitrogenada. Turrialba 24(2):205-213.
18. Chacon, M. E. 1961. Ensayo sobre fertilización nitrogenada e inoculación de frijoles. Un. Costa Rica. Tesis de grado. pp. 72.
19. CIAT Informe Anual 1973.
20. CIAT Informe Anual 1974.
21. CIAT Informe Anual 1975.
22. CIAT Informe Anual 1976.
23. Cobra. Netto-A. 1967. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro. Tese de Doutor em Agronomia. E.S.A. "Luís de Queiroz. Piracicaba (SP).
24. Delgado E. 1971. El nivel crítico de fósforo en el frijol. Tesis Universidad de Costa Rica.
25. Döbereiner, J. 1966. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (Phaseolus vulgaris L.) , in acid soils. Plant and Soil 24(1):153-166.
26. Döbereiner, J. and Alvahydo, R. 1966. Eliminação da toxidez de manganês pela matéria orgânica em solo "Cray Hidromórfico". Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1:243-248.

- ge, C. T., Mughogho, L. K. and Ayonoadu, U.W.U. 1975. Responses of dry beans to varying nitrogen levels. *Agronomy Journal* 67:251-254.
- rler, W. L. Lange, A. H. and Hammer, K. C. 1958. The effect of nutrient balance on the uptake-transport of calcium and phosphorus by bean plants. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*. 72:365-369.
- ssbender, H. W. 1967. La fertilización del frijol (Phaseolus sp.). *Turrialba* 17(1):46-52.
- eming, J.W. 1956. Factors influencing the mineral content of snap beans, cabbage and sweet potatoes. Fayetteville, Arkansas. Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 575.
- y, C. D. et al. 1967. Differential tolerance of dry bean, snapbean, and lima bean varieties to and acid soil high in exchangeable aluminum. *Agronomy Journal* 59 (6):561-563.
- y C. D., Fleming, A. L. and Gerloff, G. C. 1972. Differential aluminum tolerance in two snap bean varieties. *Agronomy Journal* 64(6):815-818.
- anco, A. A. and Dobereiner, J. 1968. Interferencia do calcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de Phaseolus vulgaris L. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 3:223-227.
- eitas, L.M.M. and P. P. Pratt. 1969. Reposta de tres leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de São Paulo. *Pesq. Agrop. Bras.* 4:89-91.

35. Gallo, J. R., S. Miyasaka. 1961. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento & maturação. *Bragantia* 20: 867-884.
36. Goepfert, C. F. Nutrição da cultura da soja. Boletim técnico IPAGRO Rio Grande do Sul.
37. Goepfert, C. F. 1972. Experimento sobre o efeito residual da adubação fosfatada em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) *Agron. Sulriograndense* 8:41-47
38. Gonzalez, M. A. 1967. Respuesta de la planta de frijol a cantidades variables de manganeso en el substrato. San José, Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. n.d. 113 p.
39. Guazzelli, R. J. et al. 1973. Afeitos agronomicos e economicos do calcário. Nitrogenio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes nos rendimentos do soja, feijao e arroz em Uberaba, Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia* 8(6):29-37.
40. Haag, H. P. et al. 1967. Absorcao de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia* 26(30):381-391.
41. Herrera B., M. A. 1964. Ensayos de fertilizacion en frijoles (Phaseolus vulgaris L.) en cinco distintas localidades de los cantones de Acosta y Aserrí. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
42. Hester, J.B., F. A. Shelton. 1949. Know your plant and soil requirements. Dep. Agric. Research Campbell Soup Co. Research Monograph 3. 99 p.

Hiroce, R., Gallo, J. R. and Miyasaka, S. 1969. Análise foliar de feijociro.

I. Nutrição nitrogenada e potássica. *bragantia* 28(1-2):I-VIII.

Howeier, R. H., L. F. Cadavido. 1970. screening of rice cultivars for tolerance to Al- toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. *Agronomy J.* 68:551-555.

CIA Informe Anual 1973.

INIAP Informe Anual 1974.

Jacob, A , H. von Uexküll. 1961. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. *Internationale Handelsmatschapp voor Meststoffen.* N.V. Amsterdam. pp626.

Lange, A. H. Ehrler, W. L. and Hammer, K. C. 1958. Effect of environment on the uptake-transport of calcium and phosphorus by bean plants. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 73:349-354.

Lawton, K. and Davis, J. F. 1956. The effect of liming on the utilization of soil and fertilizer phosphorus by several crops grown on acid soils. *Proceeding of the Soil Science Society of America* 20(4):522-530.

Lessman, G. M. 1972. Zinc-phosphorus interactions in *Phaseolus vulgaris*. Ph.D. Thesis. East Lansing, Michigan, Michigan State University.

Lotero, J. C. 1974. Absorción de fósforo y sus relaciones en la planta. En *Suelos Ecuatoriales. El fósforo en Zonas Tropicales.* pp 422.

52. McKay, D. C. and Leefe, J. S. 1963. Optimum leaf levels of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn and snap beans. *Canadian J. of Plant Sci.* 42:238-246.
53. Mafra, R. C. et al. 1974. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) IV. Absorção de nutrientes. *Experientiae* 17(9):217-239.
54. Malavolta E. 1972. Nutrição e Adubação. In Anais do I Simposio Brasileiro de Feijao. Campinas 1971. Publ. Un. Viçosa, Viçosa (M.G.) Brasil.
55. Martini, J. A. and Pinchinat, A. M. 1967. Ensayos de abonamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el invernadero con tres suelos de áreas frijoleras en Costa Rica. *Turrialba* 17(4):411-418.
56. Mascarenhas, H. et al. 1966. Influencias das formas de fertilizantes nitrogenadas e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. *Bragantia* 25:61-63.
57. Mascarenhas, H. A. A. et al. 1967. Efeito da adubação verde do feijoeiro "da seca" com Crotalaria juncea L. empregando-se toda vegetação ou retirando-se do campo as hastes despojadas da suas folhas. *Bragantia* 26(17):219-234.
58. Mascarenhas, H. A. A. et al. 1967. Efeito da adubação verde do feijoeiro "da seca" com er vilia-de-vaca. *Bragantia* 26(25):XXXVII-XL.
59. Miranda, A. R. J. F. S. Oliveira, L. J. Vivaldi. 1971. Resposta do feijoeiro a adubação com N P K, S e uma mistura de micronutrientes, em campo cerrado de Brasília-D.F. *memog.*

- Miyasaka, S. et al. 1965. Adubacao verde, calagem e adubacao mineral do feijoeiro em solo com vegetacao de "cerrado". *Bragantia* 24(26): 321-338.
- Miyasaka, S. et al. 1966. Efeitos da cobertura e da incorporação do solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta na cultura de feijoeiro. *Bragantia* 25:349-363.
- Miyasaka, S. et al. 1967. Repostas do feijoeiro a aplicação de diversos tipos de materia organica não decomposta na presença de adubações minerais com P, PK, NP ou NPK. *Bragantia* 26(25):335-344.
- Miyasaka, S., E. S. Freire, H. A. A. Mascarenhas. 1963. Modo e época da aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia* 22:511-519.
- Miyasaka, S., E. S. Freire, H.A.A. Mascarenhas, C. Nery, M. Campana, G. de Sordi. 1966. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "da seca", em terra-roxa-misturada. *Bragantia* 25:277-289.
- Pons A. L. 1975. Efeito da calagem e da adubação nitrogenada em feijoeiro. *Agron. Sulriograndense*. 11(2):251-257.
- Pons, A. L., C. F. Goepfert, E. Kornelius, M.B. Altmayer. 1976. Nodulação do feijoeiro em condições naturais. *Agron. sulriograndense, Porto Alegre*. 12(2):129-132.
- Pons, A. L., G. F. Goepfert, G. Salim, V. Martinetto, V. Zanotelli, and D. A. Dole. 1975. Efeito da adubação nitrogenada em feijoeiro. XII Reunião Técnica Anual do Feijão IPAGRO. Porto Alegre (R.G.).

68. Quirce C., O. 1960. Ensayo de fertilización N-P-K Ca e inoculación en frijoles (Phaseolus vulgaris L.) Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
69. Ramírez, G. F. 1969. Síntomas de deficiencia de minerales en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y sus relaciones nutritivas específicas. Tesis de Grado. Fac. Agron. Un. Costa Rica. San José, C.R.
70. Rodríguez, M. Fertilización de una rotación maíz-frijol en suelos rojos del departamento de Antioquia. Revista ICA 14(1):50-59.
71. Ruschel, A. P. et al. 1968. Influência do excesso de alumínio no feijão (Phaseolus vulgaris L.) cultivado em solução nutritiva. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Secao Solos 3:229-233.
72. Saman, Y. S. 1963. Effect of methods of phosphate and lime placement on dry matter content and yield of dry bean, (Phaseolus vulgaris). Ph.D. Thesis. Ithaca, N. Y. Cornell University.
73. Santa Cecilia, F. C. Ramalho, M. A. P. and Silva, C.C. da. 1974. Efeitos da adubação NPK na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) na zona sul de Minas Gerais. Agros 4(2):3-10.
74. Smittle, D. A. 1976. Response of snap bean to irrigation, nitrogen fertilization and plant population. Journal American Society for Horticultural Science 101(1):37-40.
- Spector, W. S. 1956. Handbook of biological data. Philadelphia and London, Sanders.

Spurling, A. T. 1973. Field trials with Canadian Wonder beans in Malawi. *Experimental Agriculture* 9(2):97-105.

Stewart, S. A. and Porter, L. K. 1969. Nitrogen-sulfur relationship in wheat (Triticum aestivum L.), corn (Zea mays), and beans (Phaseolus vulgaris). *Agronomy Journal* 61(2):267-271.

Valle del, R. 1974. Efecto de siete niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento del frijol, bajo las condiciones de Jalpatagua. XX Reunion Anual del PCCMCA San Pedro Sula, Honduras.

Wallace, A. et al. 1974. Iron-phosphorus interaction in bush beans. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 7(1):101-104.

Wallace, A. et al. 1974. Phosphorus levels versus concentrations of zinc and other elements in bush bean plants. *Soil Science* 117(6):347-351.

TABLA I: LA EXTRACCION DE NUTRIMENTOS DE VARIOS CULTIVOS TROPICALES

(Adaptado de Jacob y von Uexküll, 47)

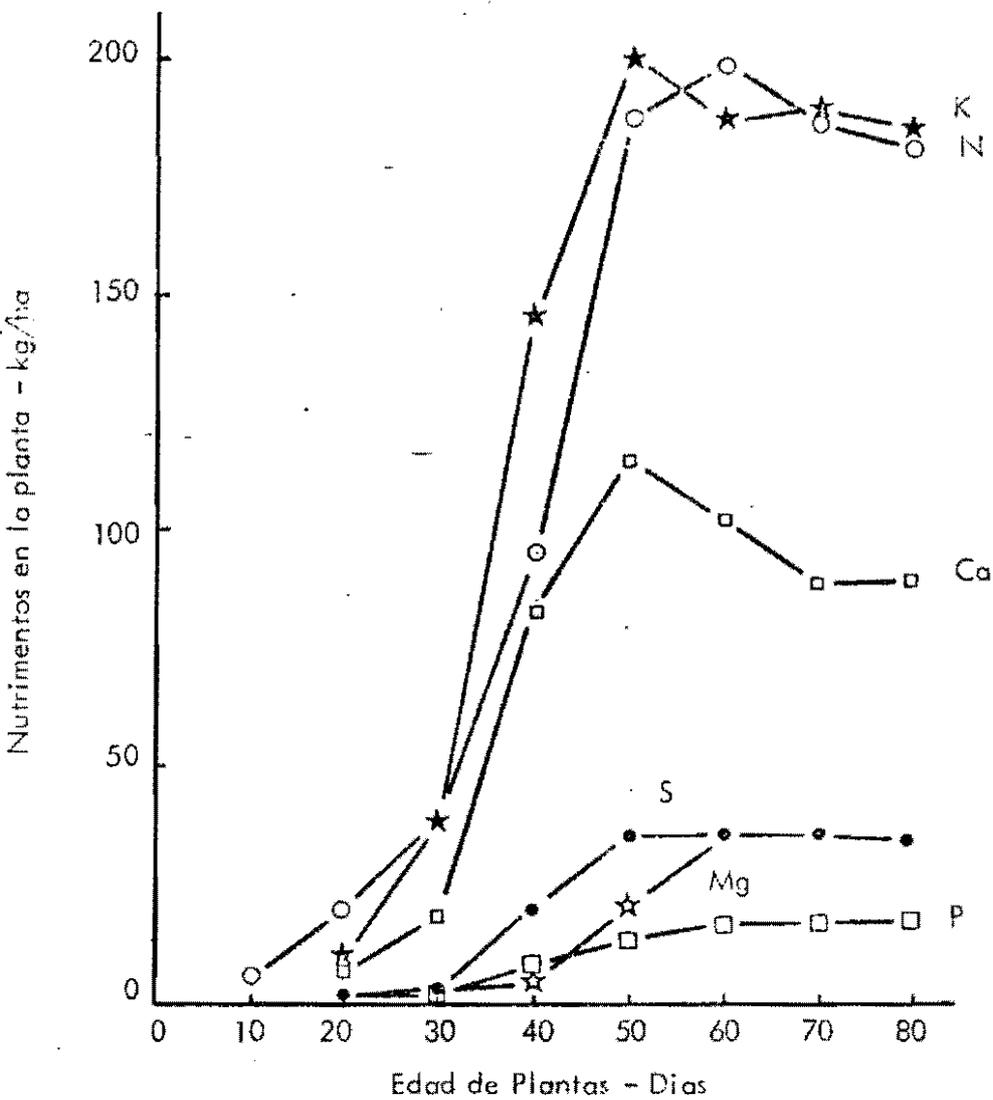
CULTIVO	COSECHA-ton/ha	N	kg/ha	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Arroz	grano 2	65	20	75
	paja 1.4			
Maiz	grano 2	123	48	140
	paja 3.65			
Yuca	raíces 16	60	50	260
Soya	grano 0.92	125	29	38
Frijol	grano 1.1	148	41	109
	paja 1.8			

2 LA EXTRACCION DE NUTRIMENTOS POR LA PLANTA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

COSECHA-Ton/ha					K	Ca	Mg		
					kg/ha				
(35)	65 días	Cultivo total (Campo)	23.2	6.6	67.7	34.3	10.5	5.5	
(40)	60 días	Cultivo total	201.2	17.5	200.7	116.0	36.0		
	1 ton	Grano (invern.)	28.6	3.2	20.6	3.6	2.0		
(23)	77 días	Cultivo total	101	9.	92.6	54.1	17.7		
	1.09 ton	Grano (Campo)	37.2	3.5	22.0	4.4	4.1		
r(42)	2.5 ton	Frijol medio luna	107	6.7	73	68(?)	8.7		
(53)	1.5 ton	grano	50.0	5.4	13.9	5.0	3.1		
	0.85 ton	grano	20.2	1.6	7.6	2.8	2.0		
tación promedio por tonelada grano:			32.3	2.6	19.7	3.6	3.0		

TA. LA 3 EFECTO DE VARIAS FUENTES DE MATERIA ORGANICA, DESCOMPUESTA O NO,
 SOBRE LA PRODUCCION DE FRIJOL EN EL ESTADO DE SAO PAULO (ADAPTADO
 DE MALAVOLTA, 54)

Fuente	Cantidad ton/ha	No. de ensayo	Efecto sobre producción kg/ha
1. Capim gordura + soya perenne	25	1	+ 355
2. Estiercol	10	1	+ 96
Gramineas verdes	35		+ 202
secas	1		+ 127
en cobertura	1		+ 284
Leguminosas - verdes	34		+ 454
secas	1		+ 471
en cobertura	1		+ 479
Gramineas + leguminosas - verdes	35		+ 246
secas	1		+ 296
3. Crotalaria juncea	22-51	8	+ 242
4. Gordura fresco (en surco)	-	2	- 264
Soya perenne fresca (en surco)	-		- 31
Soya perenne fresca (en cobertura)	-		- 21
5. Caupi - sin N	-	1	+ 754
" - con N			+ 226
" - sin K			+ 498
" - con K			+ 305



Floración Formación vainas Granos Madur

Figura 1.- La cantidad de nutrimentos en la planta de frijol durante el ciclo de crecimiento (adaptado de Haug, 40).

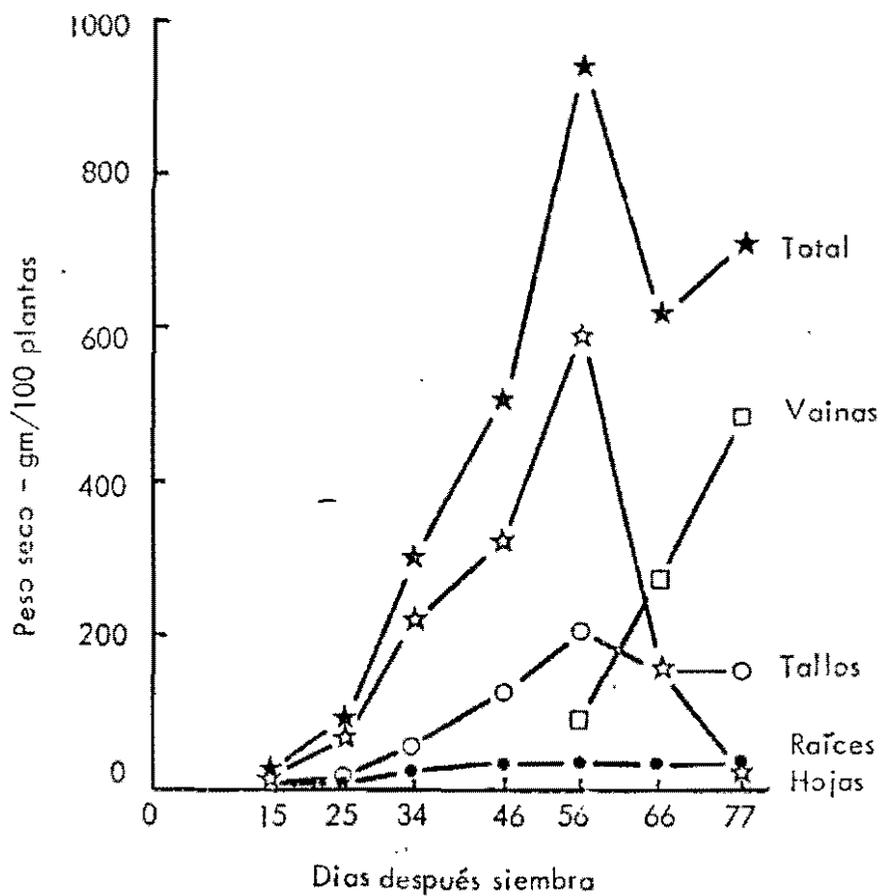


Figure 2.- El peso seco de varias partes de la planta de frijol y el peso total durante el ciclo de crecimiento (adaptado de Cobra, 23).

- = N
- = P
- ★ = K
- ◻ = Ca
- ☆ = Mg
- = S

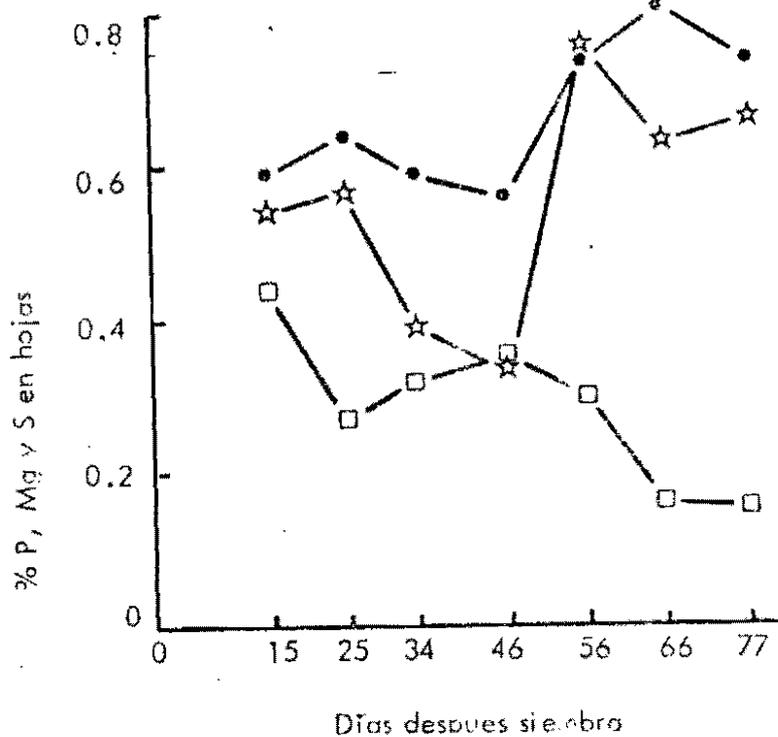
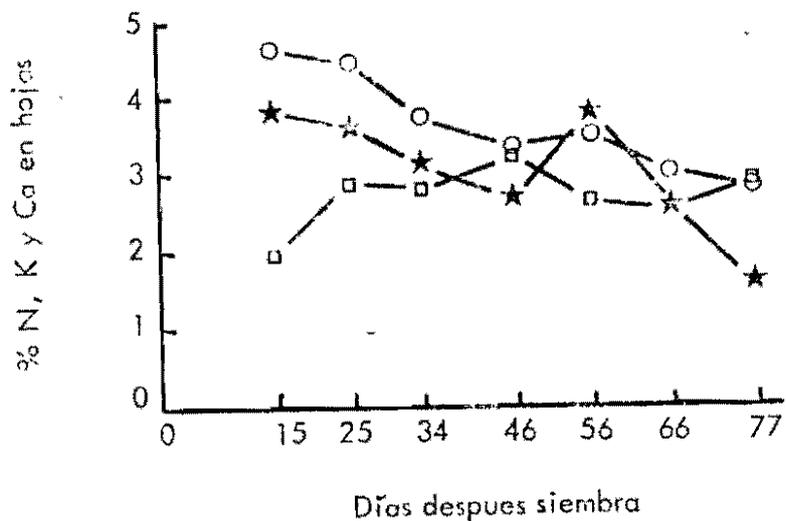


Figure 3.- El contenido de seis elementos nutritivos en las hojas de frijol durante el ciclo de crecimiento (adaptado de Cobra, 23).

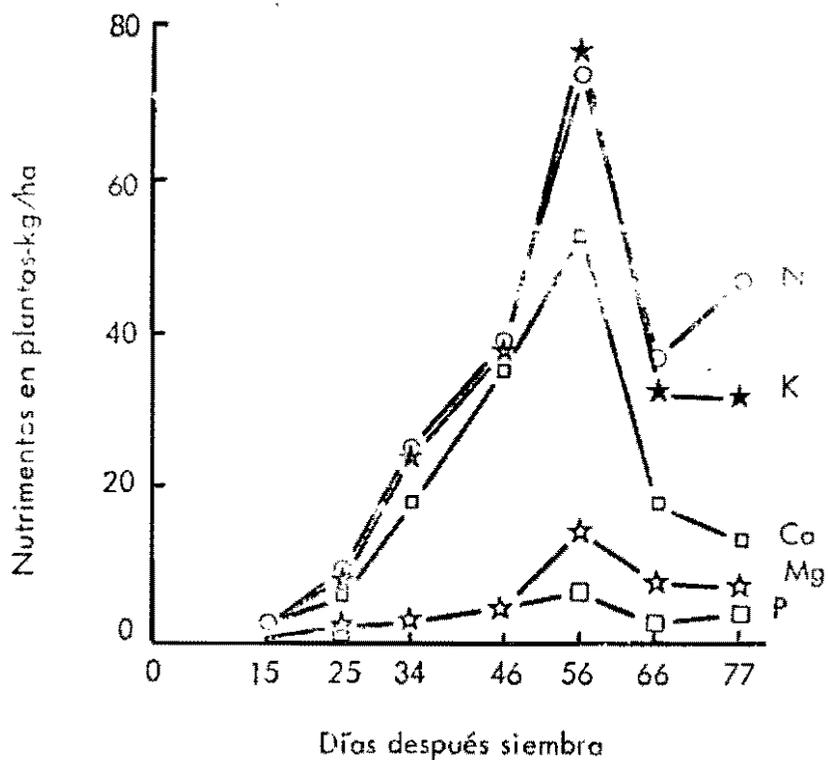


Figura 4.- La cantidad de cinco elementos nutritivos en la planta total de frijol durante el ciclo de crecimiento (adaptado de Cobra, 23).

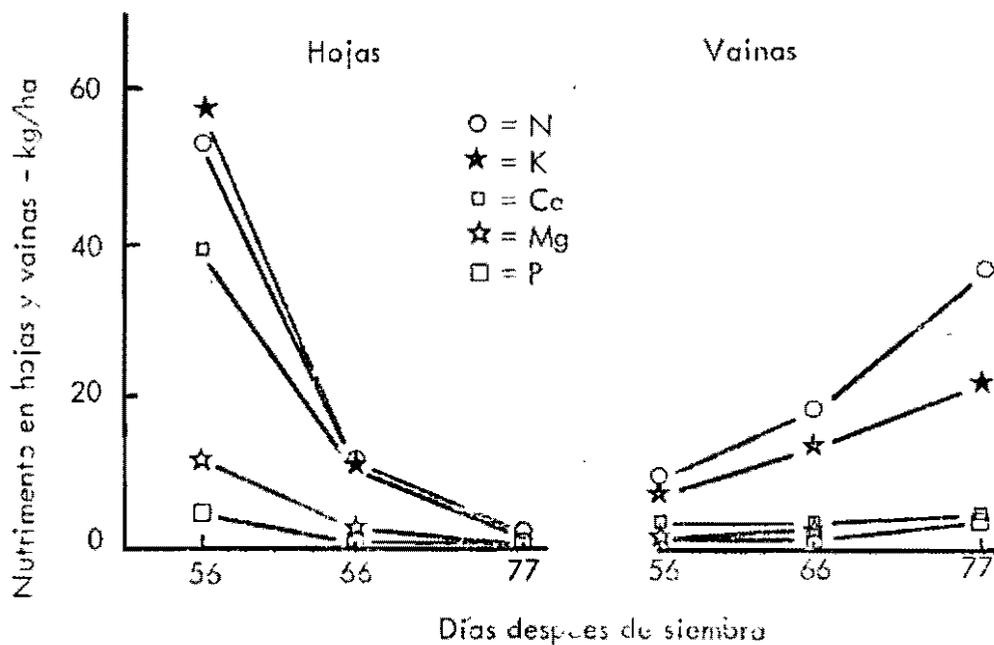


Figura 5.- La cantidad de cinco elementos nutritivos en hojas y vainas de frijol durante la producción de vainas y granos (adaptado de Cobra, 23).

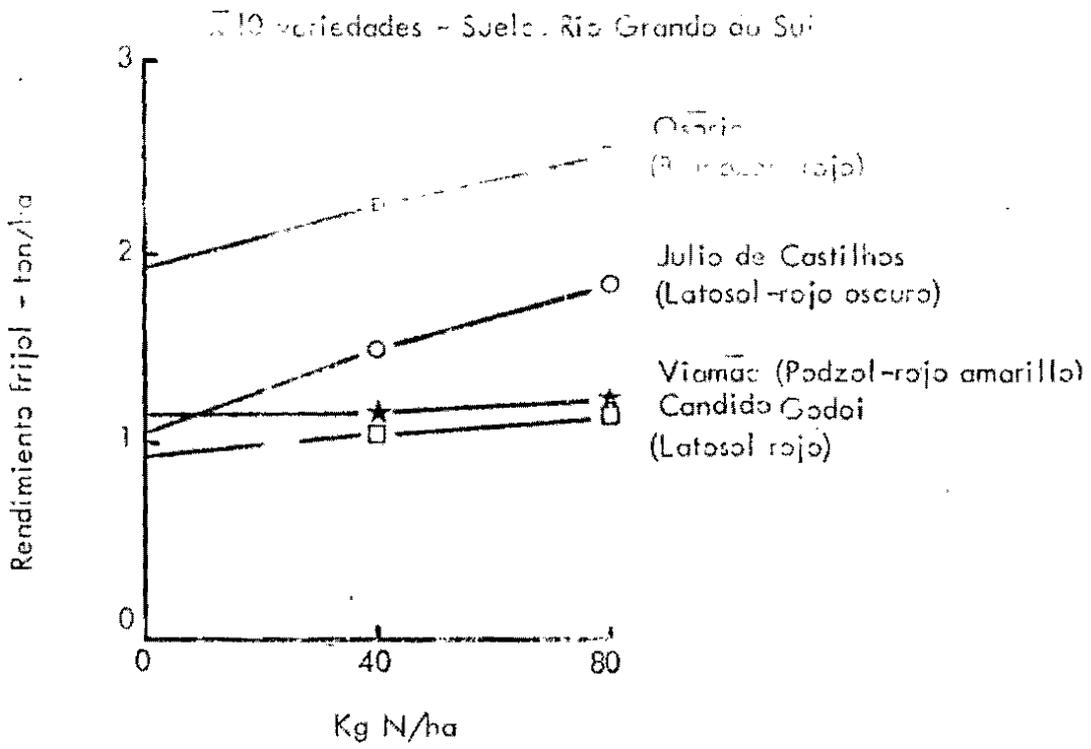


Figura 6.- La respuesta de frijol a la aplicación de N en cuatro suelos de Rio Grande do Sul (adaptado de Pons *et al*, 67).

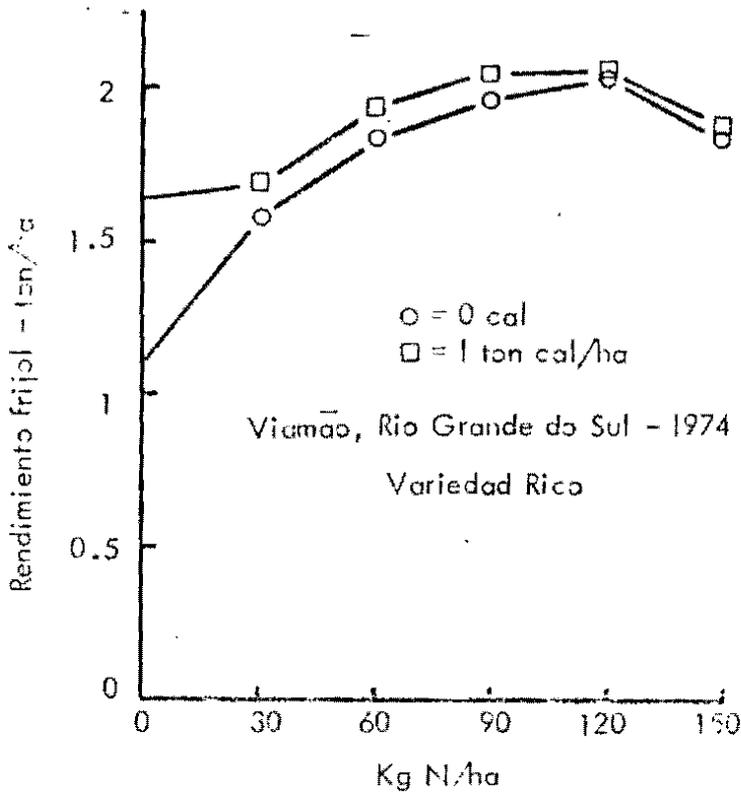


Figura 7.- La respuesta de frijol a la aplicación de N con dos niveles de cal en Rio Grande do Sul (adaptado de Pons, 65).

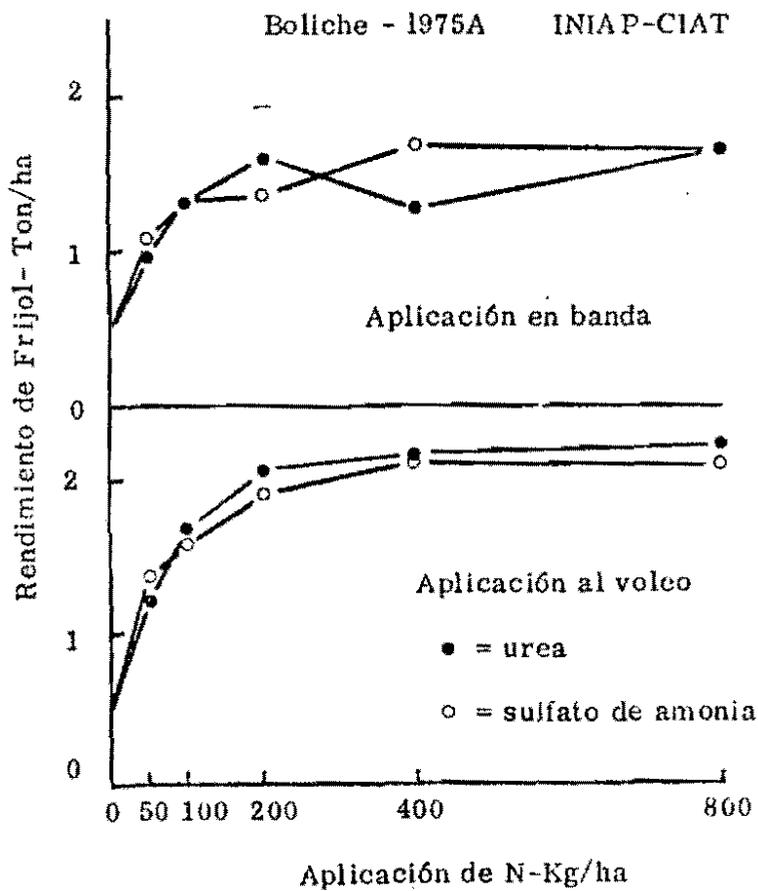
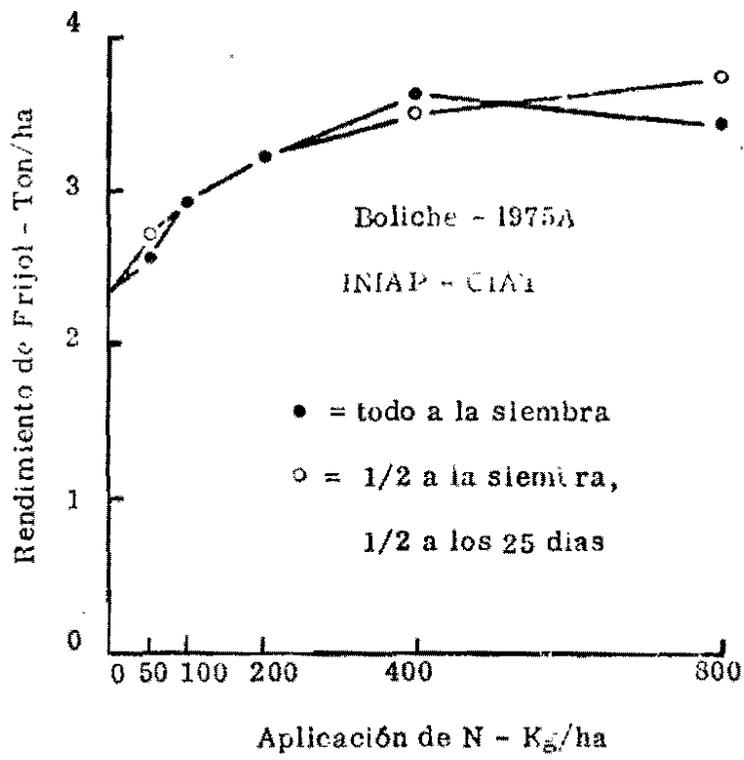


Figura 8.- La respuesta de frijol a varios niveles, fuentes, épocas y métodos de aplicación de N en Boliche, Ecuador.

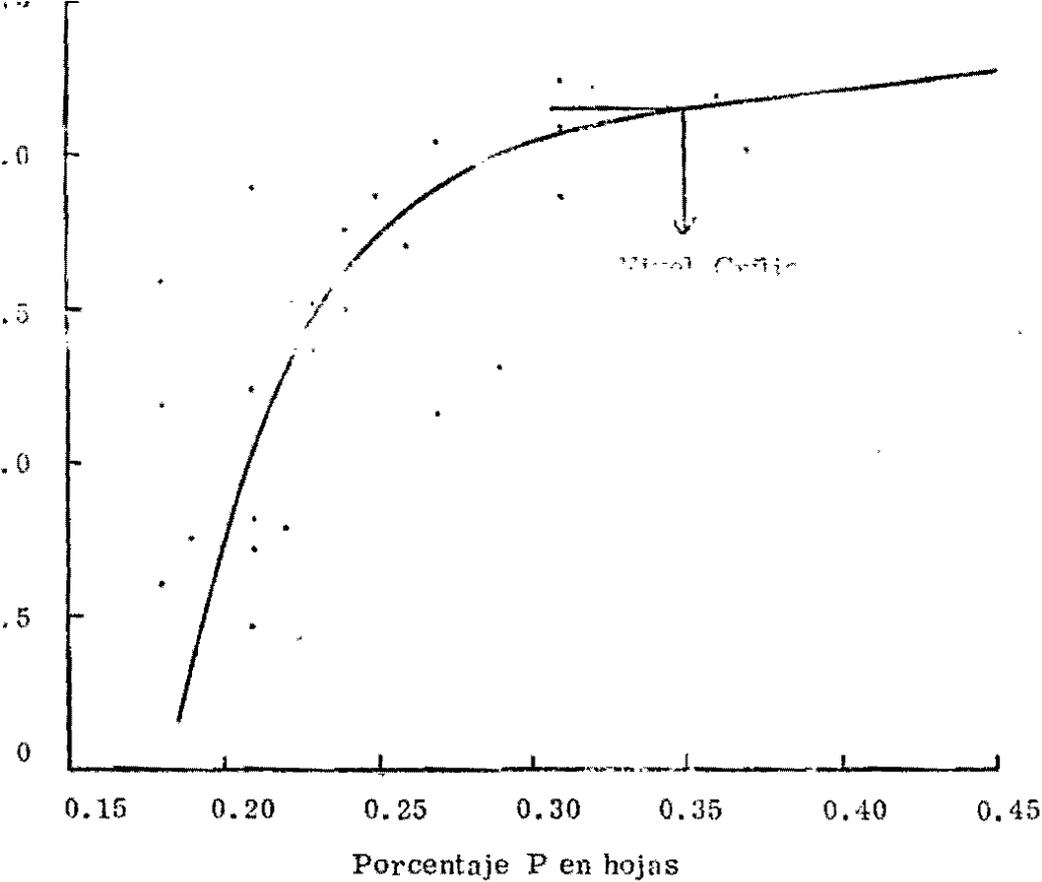


Figura 9.- La relación entre el rendimiento de frijol y el contenido de P en hojas superiores de frijol al inicio de la floración.

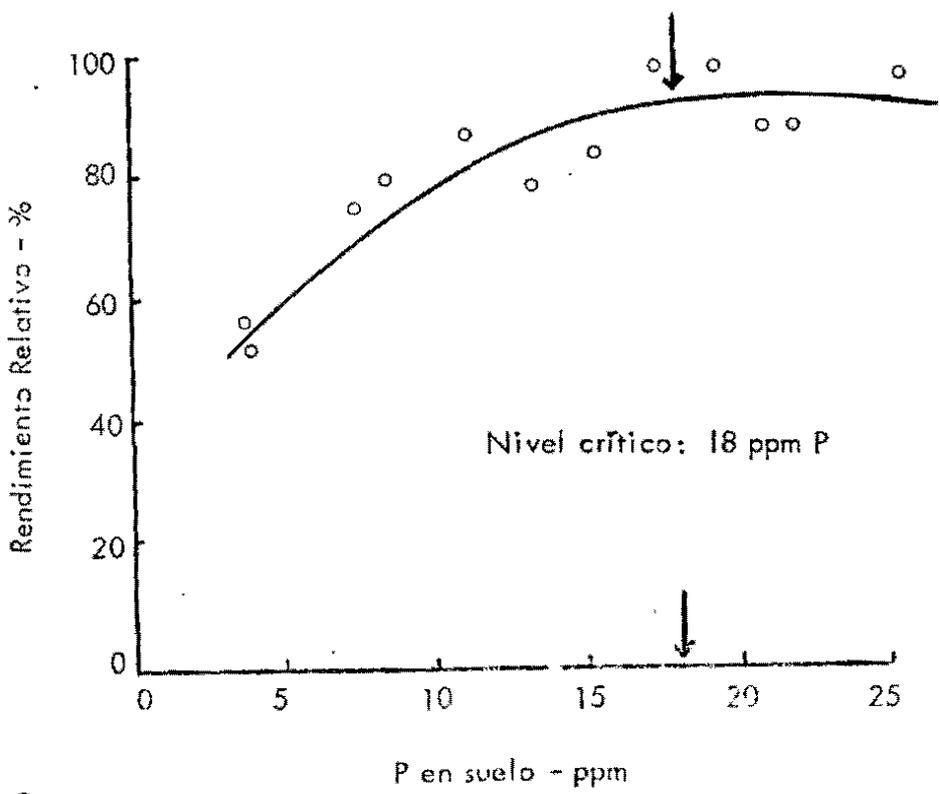


Figura 10.- La relación entre el rendimiento de frijol y el contenido de P en el suelo, determinado con extracto de Carolina del

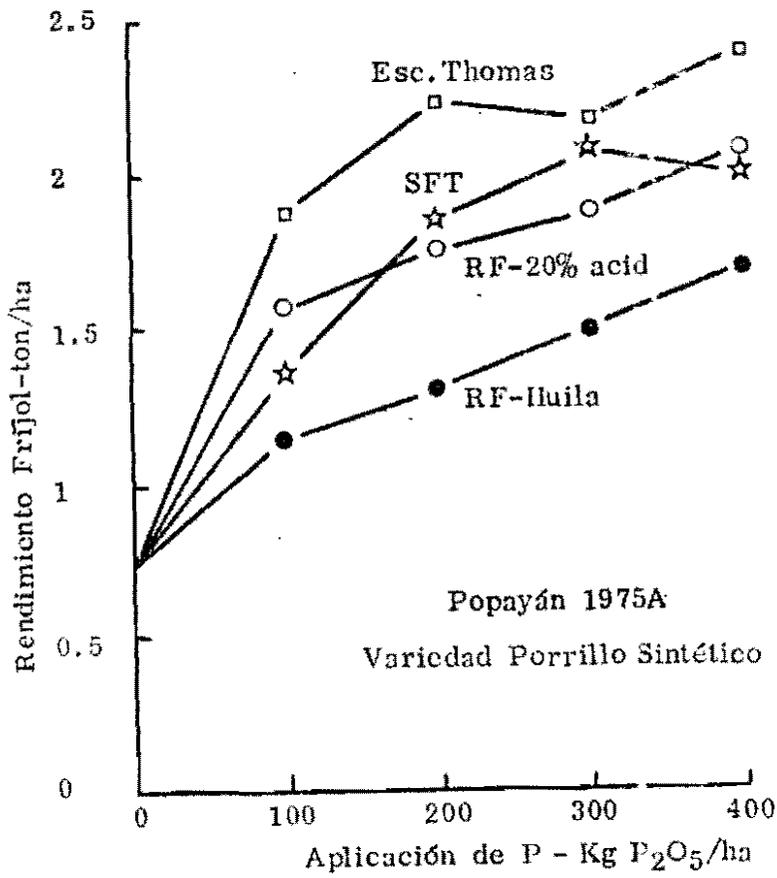


Figura 11.- La respuesta de frijol a varios niveles y fuentes de P aplicado al voleo e incorporado al suelo en Popayan, Colombia.

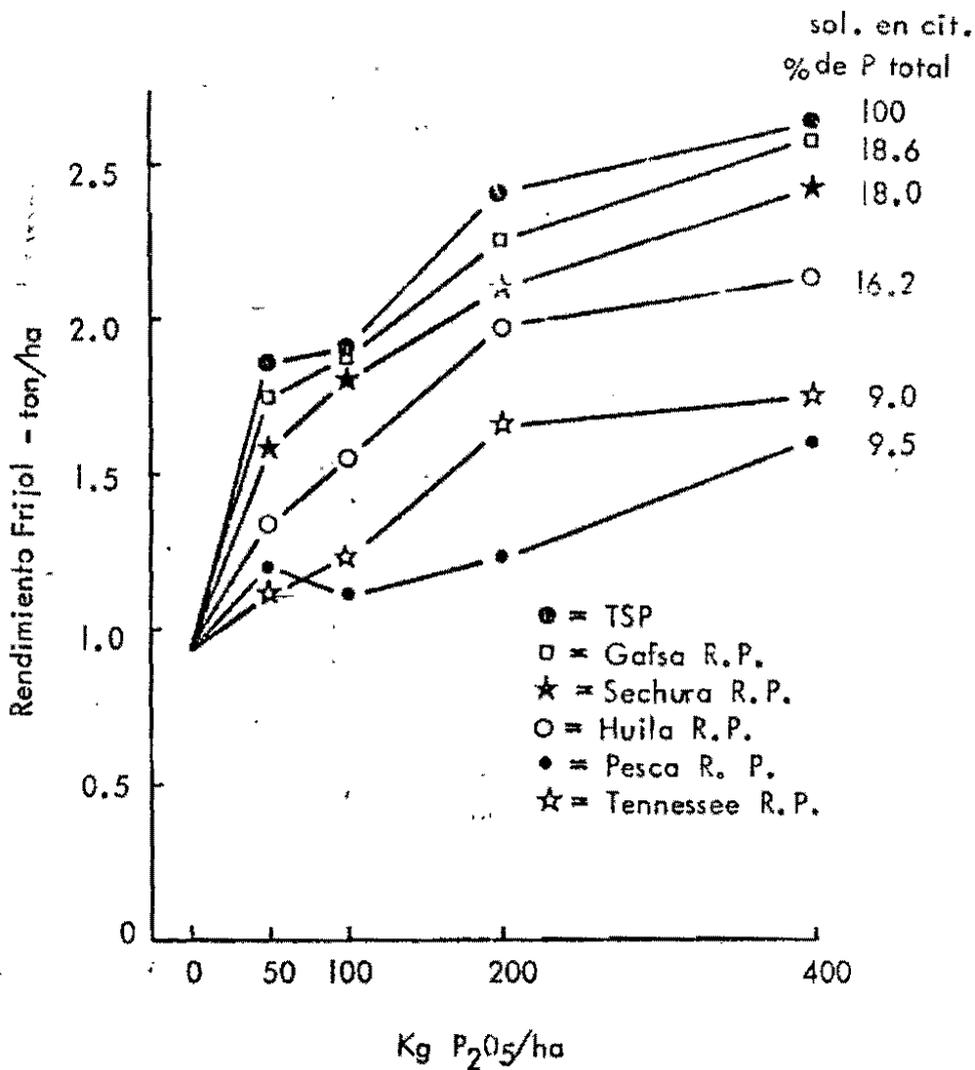
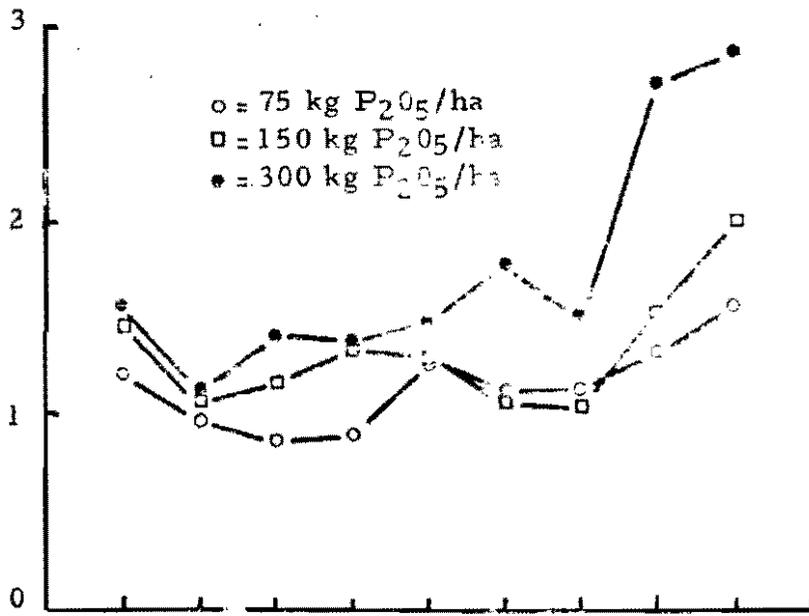
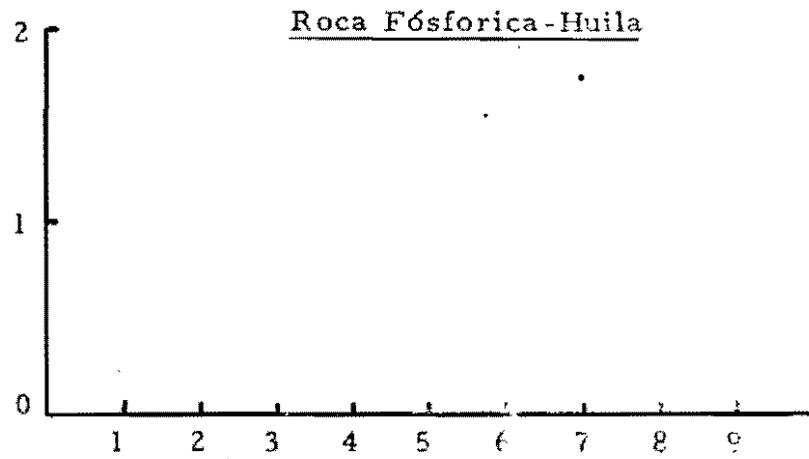
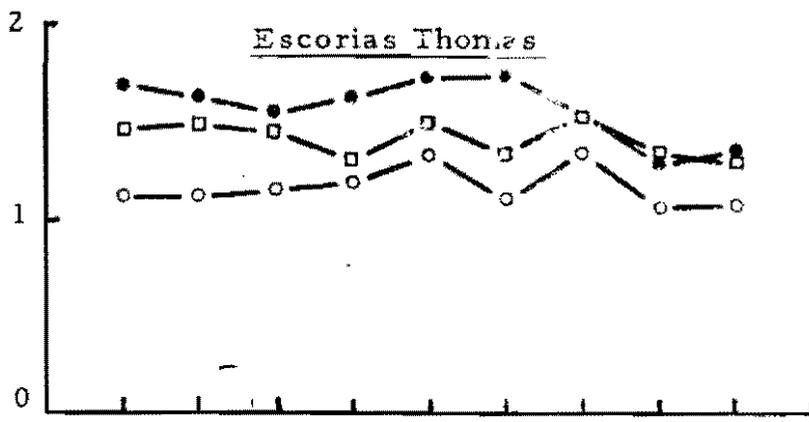


Figura 12.- La respuesta de frijol a varios niveles de P incorporado al suelo como superfosfato triple y varias rocas fosfóricas con distintas solubilidades en citrato de amonio, en Popayan, Colombia.



Rendimiento de frijol-ton/ha



13.- El efecto de método de aplicación (variación continua entre aplicación al voleo y en banda) de tres fuentes aplicadas en tres niveles de P sobre el rendimiento de frijol en Popayan.

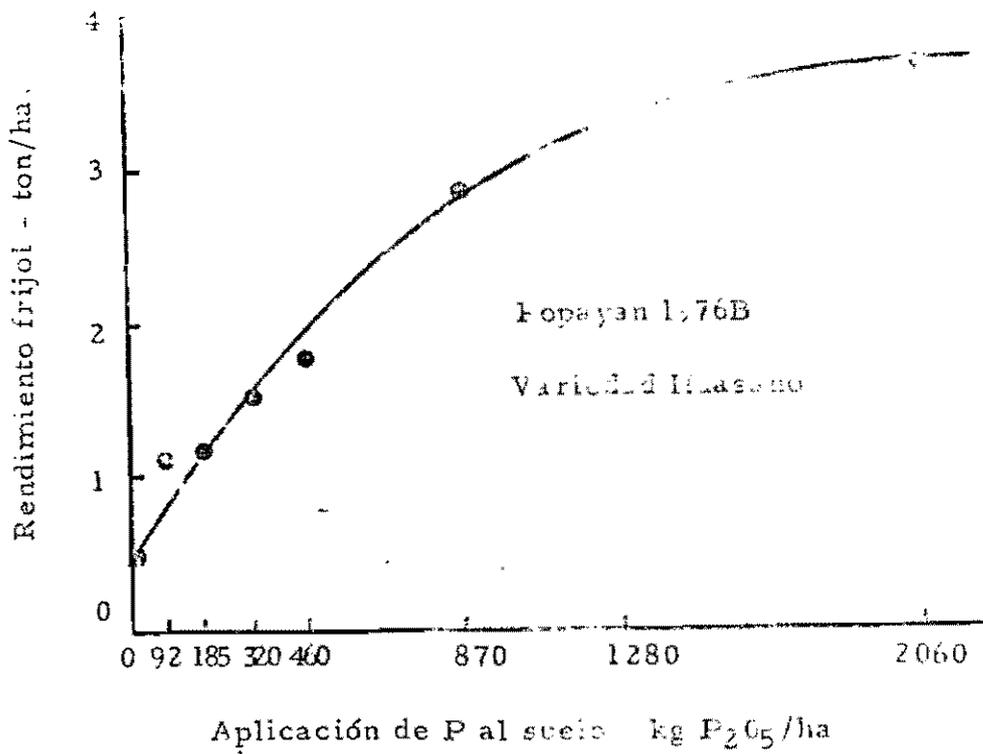


Figura 14.- La respuesta de frijol a la aplicación como SFT al voleo e incorporado en suelo de Popayan.

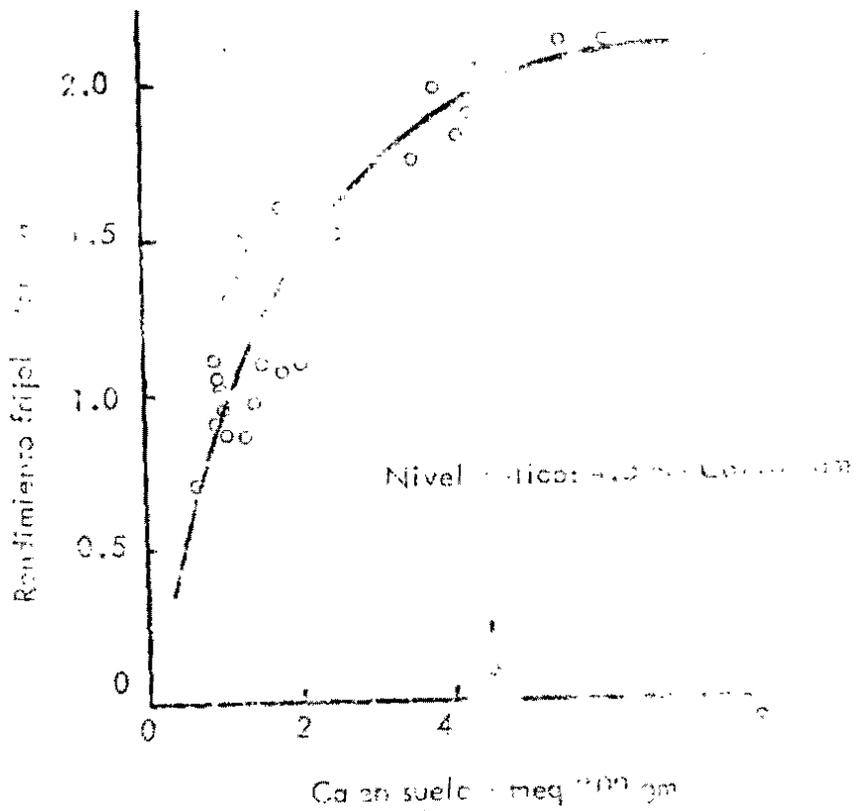


Figura 15.- La relación entre el rendimiento de frijol y el contenido de Ca en suelo de Boyacá determinado con acetato de amonio de 1N.

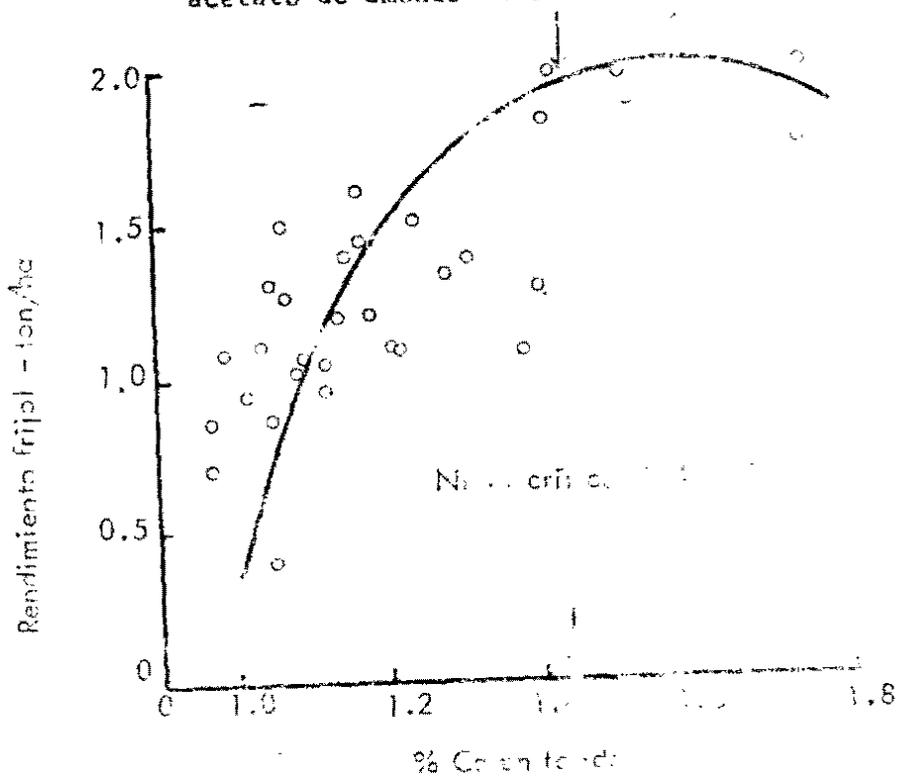


Figura 16.- La relación entre el rendimiento de frijol y el contenido de Ca en hojas superiores al inicio de la floración.

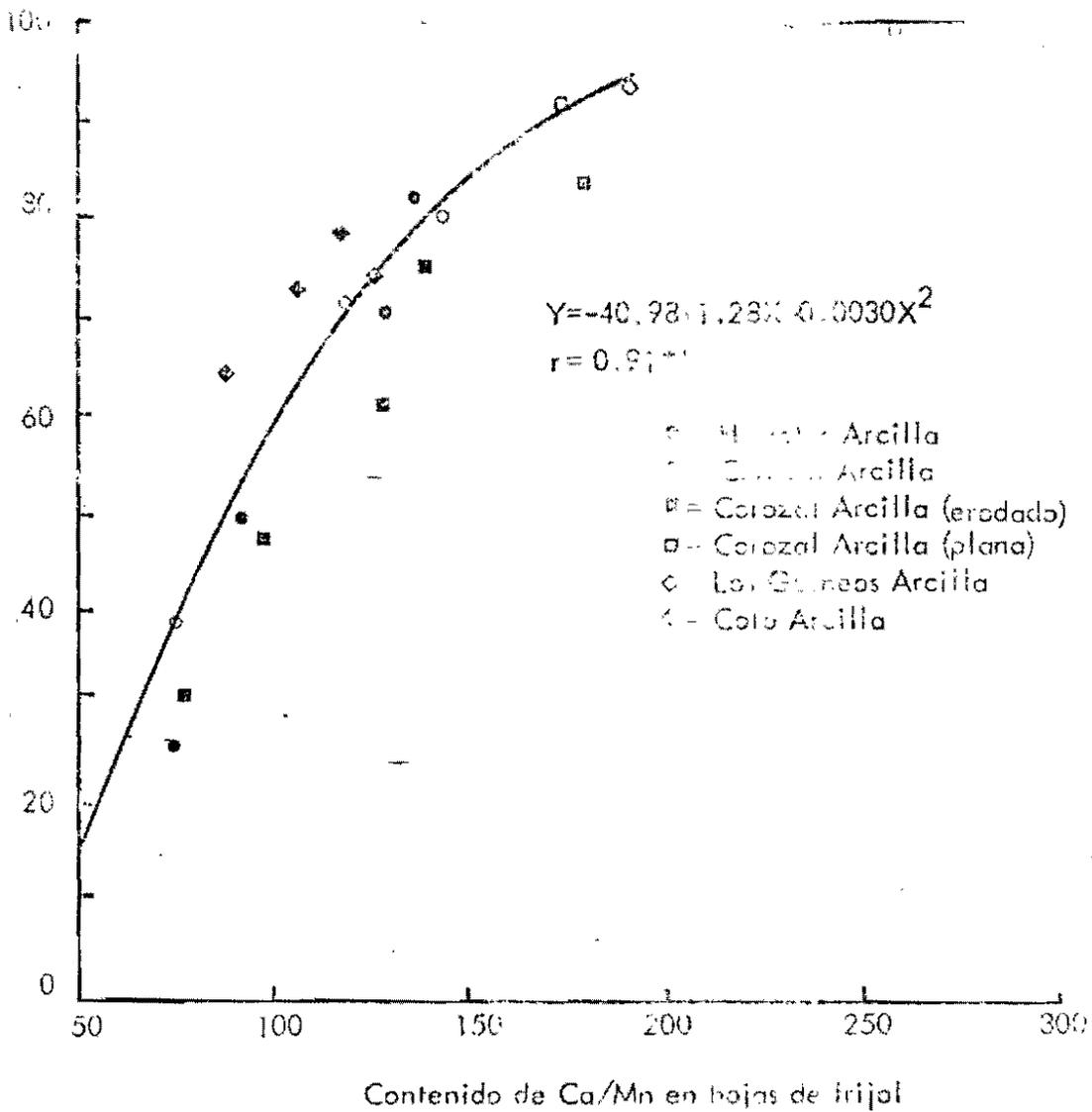


Figura 17.- La relación entre el rendimiento relativo de frijol y la relación Ca/Mn en equivalentes en hojas de frijol en varios suelos de Puerto Rico (Abram, 1961).

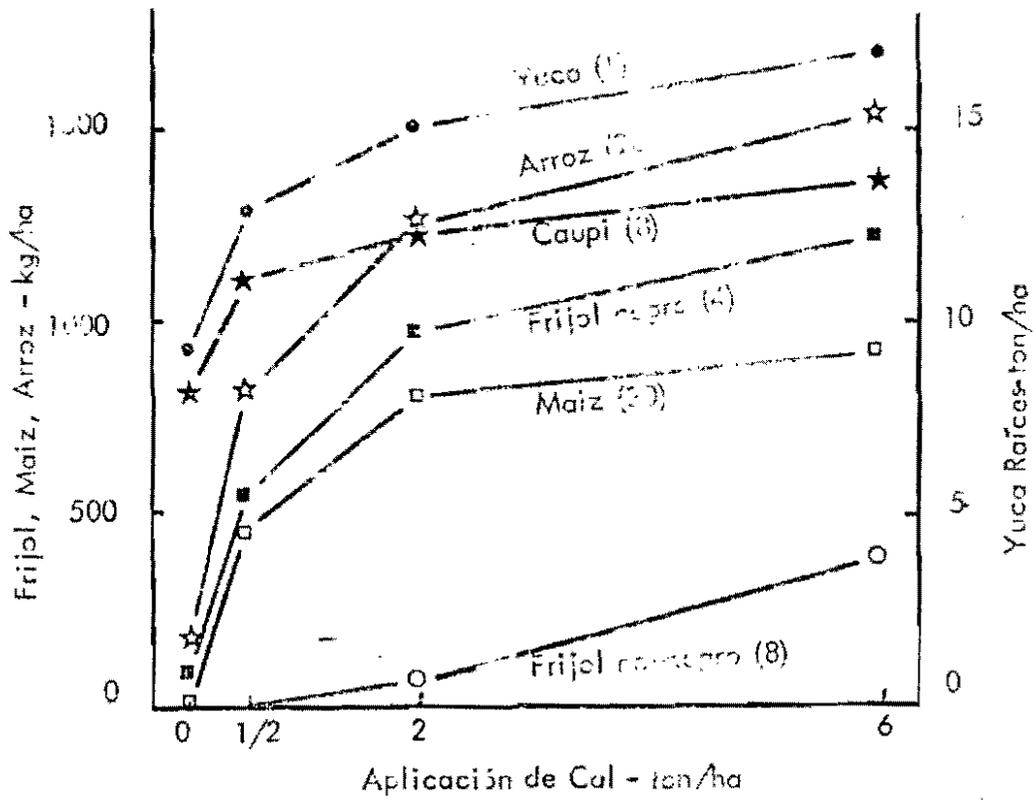


Figura 18.- La respuesta de frijoles negros y no negros y de otros cultivos a la aplicación de cal en Carimagua, Colombia. (números en paréntesis indican número de variedades ó líneas ensayadas)

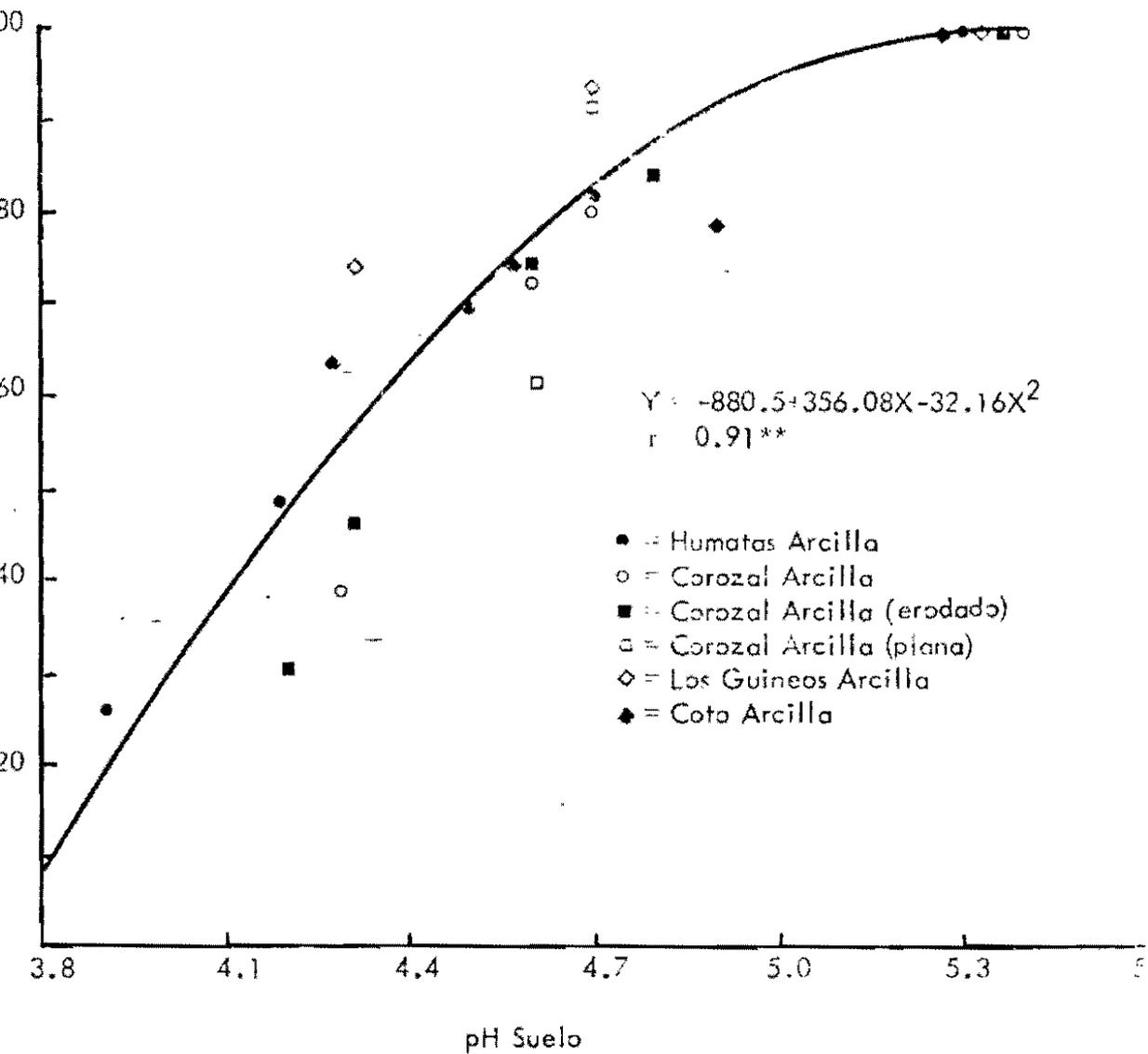


Figura 19.- La relación entre el rendimiento relativo de frijol y el pH del suelo de varios suelos de Puerto Rico (Abruña, I).

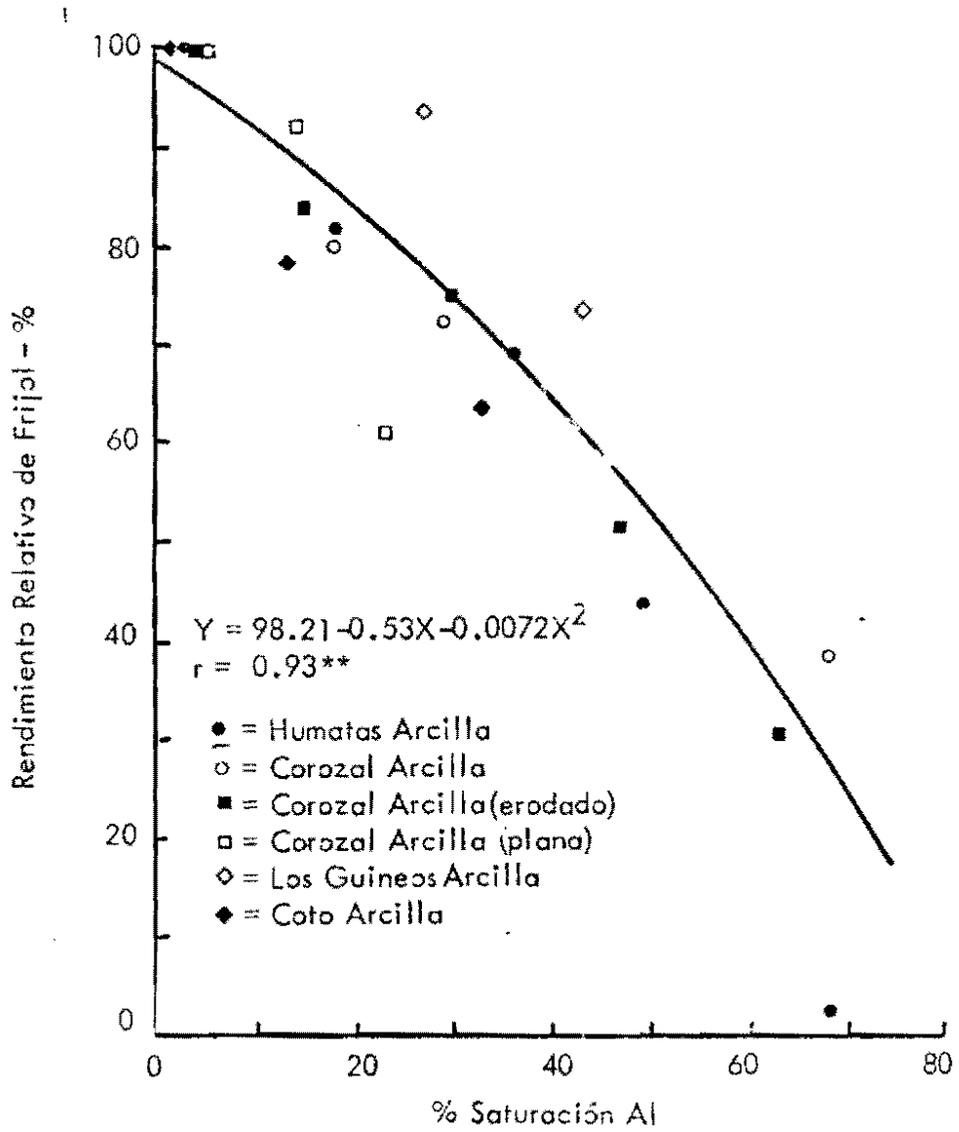


Figura 20.- La relación entre el rendimiento relativo de frijol y la saturación de Al en varios suelos de Puerto Rico (Abruña 1).

LA NODULACION Y LA FIJACION DE NITROGENO EN PHASEOLUS VULGARIS L.

P. H. GRAHAM.

EQUIPO DE PRODUCCION DE FRIJOLES DEL CIAT.

IMPORTANCIA DE LA FIJACION DE NITROGENO.

Los productos agropecuarios remueven cada año entre 100 y 110 millones de toneladas de nitrógeno de los suelos del mundo. Mucho más es perdido por lixiviación o volatilización de nitrógeno del suelo, como se muestra la Tabla I. Aunque los fertilizantes nitrogenados reponen alrededor de 40 millones de toneladas por año, su uso se difiulta más cada año. En primer lugar la síntesis de urea es un proceso endotérmico, con su producción necesariamente ligado a la industria petroquímica. Se estima que 2% de todo el gas natural consumido en los Estados Unidos cada año va en la producción de urea. Han visto Uds. los problemas que tuvo los Estados Unidos el invierno pasado. En segundo lugar el uso de fertilizantes no es igual en todo el mundo, por ejemplo su consumo es de 58.6 kg. persona/año en los Estados Unidos y únicamente de 6.6 kg/persona/ año en India.

La fuente más importante en conservar los niveles de nitrógeno combinado en el suelo es sin duda la fijación de nitrógeno. Es imposible llegar con precisión a la fijación de nitrógeno en el mundo cada año, pero las cifras sugeridas varían entre 100 y 175 millones de toneladas. La Tabla II distingue las fuentes de estos materiales.

FIJADORES DE NITROGENO:

La capacidad de fijar nitrógeno es una propiedad exclusiva de ciertas algas azules y bacterias. Nótese en la Tabla III,

A I:

BALANCE DE NITROGENO COMBINADO EN LOS SUELOS DEL MUNDO.

SALIDAS PRINCIPALES (X 10⁶ TONELADAS)

PRODUCTOS AGROPECUARIOS	100 - 110
VOLATILIZACION	165
LIXIVIACION	70

ENTRAN PRINCIPALES (X 10⁶ TONELADAS)

ABSORCION Y PRECIPITACION	140
FIJACION BIOLÓGICA	175
FERTILIZACION NITROGENADA	40

TABLA II:

FIJACION BIOLOGICO EN EL MUNDO (X 10⁶ TONELADAS)

LEGUMINOSAS	35
ARROZ	4
PASTOS MEJORADOS	45
OTROS	5
EN BOSQUES (CULTIVADO Y NO)	50
EN EL MAR	36

TABLA III:

FIJADORES DE NITROGENO*

NO SIMBIOTICO.

<u>ALGAS AZULES:</u> NOSTOC,	ANABAENA
<u>BACTERIAS</u> : CLOSTRIDIUM,	AEROBACTER
AZOTOBACTER,	SPIRILLUM
ENTEROBACTER,	BACILLUS

SIMBIOTICO.

<u>ALGAS AZULES:</u> AZOLLA - ANABAENA
<u>BACTERIAS</u> : RHIZOBIUM - LEGUMINOSA
MYRICA - ACTINOMYCETA
DIGITARIA - SPIRILLUM
- AZOTOBACTER.

* ESTA LISTA NO PRETENDE SER COMPLETA.

contiene organismos bastantes diferentes, por ejemplo las actinomycetes Enterobacter. Nótese también la distinción entre fijadores no simbiti- que viven y fijan afuera de otros organismos, por ejemplo: Enterobacter rotobacter en el suelo; y los microbios llamados simbióticos, porque no se encuentran ellos viviendo en asociación con otros organismos, dan y recibiendo beneficios de la asociación. La asociación simbiótica más conocida es entre el Rhizobium y especies de leguminosas, aunque ya ha sido establecido que el Rhizobium también puede fijar nitrógeno en medio de cultivos es decir asimbióticamente.

La Tabla IV se muestra niveles de fijación en ciertas asociaciones. Nótese que en el sistema Rhizobium - leguminosas los niveles varían de 25-94 kg/ha/año. Pastos con más tiempo en el suelo llegan a los 300 kg/ha. Discutiré mucho aquí, pero puede ser también importante en el futuro, la fijación Maíz-Spirillum, un descubrimiento brasileño. Todavía no se han establecido niveles de fijación y límites en esta asociación pero su potencial es impresionante.

LA IV:

PARAMETRO DE LA FIJACION DE NITROGENO EN ALGUNAS LEGUMINOSAS.

<u>ESPECIES</u>	<u>NODULO PESO SECO</u>	<u>SNA</u>	<u>REDUCCION DE ACETILENO</u>	<u>FIJACION DE NITROGENO</u>
	mgm/planta	u mol/g Peso seco /ha	u mol/planta/ha	kg/ha/yr.
VULGARIS 90	167-300	228	20-30	82
VULGARIS CULTIVOS	259-665	124-270	18,5-38,8	50-60
MAX	133	35-176	4-29	57-94
HYPOGEA	80	135	27	35
TRICUCULATA	210-413	80-288	42	95
SATIVUM	2-150	60-228	4-16	25

EL PROCESO DE LA NODULACION.

Les ayudaran a entender los problemas que enfrenta el microbiólogo cuando se explica aquí la secuencia de la nodulación.

La nodulación comienza cuando una célula de Rhizobium se encuentra en contacto con una raíz de su hospedero apropiado, (Fig.1). El Rhizobio multiplica en la Rhizosfera del hospedero, recibiendo de él una cantidad apreciable de azúcares, vitaminas, etc. Pueden lograr con tal multiplicación hasta 10⁸ células/gramo del suelo. Un producto del metabolismo del microbio es el ácido indolyl acético; siendo producido en cantidad suficiente para causar la curvatura de los pelos radiculares. Los rhizobios entran a la raíz por la periferia del pelo radical, pasando así en la dirección de la raíz propia. Todo este proceso queda envuelto en lo que es llamado hilo de infección producido por la planta. Si escapan, mueren. Dentro de la raíz el hilo de in-

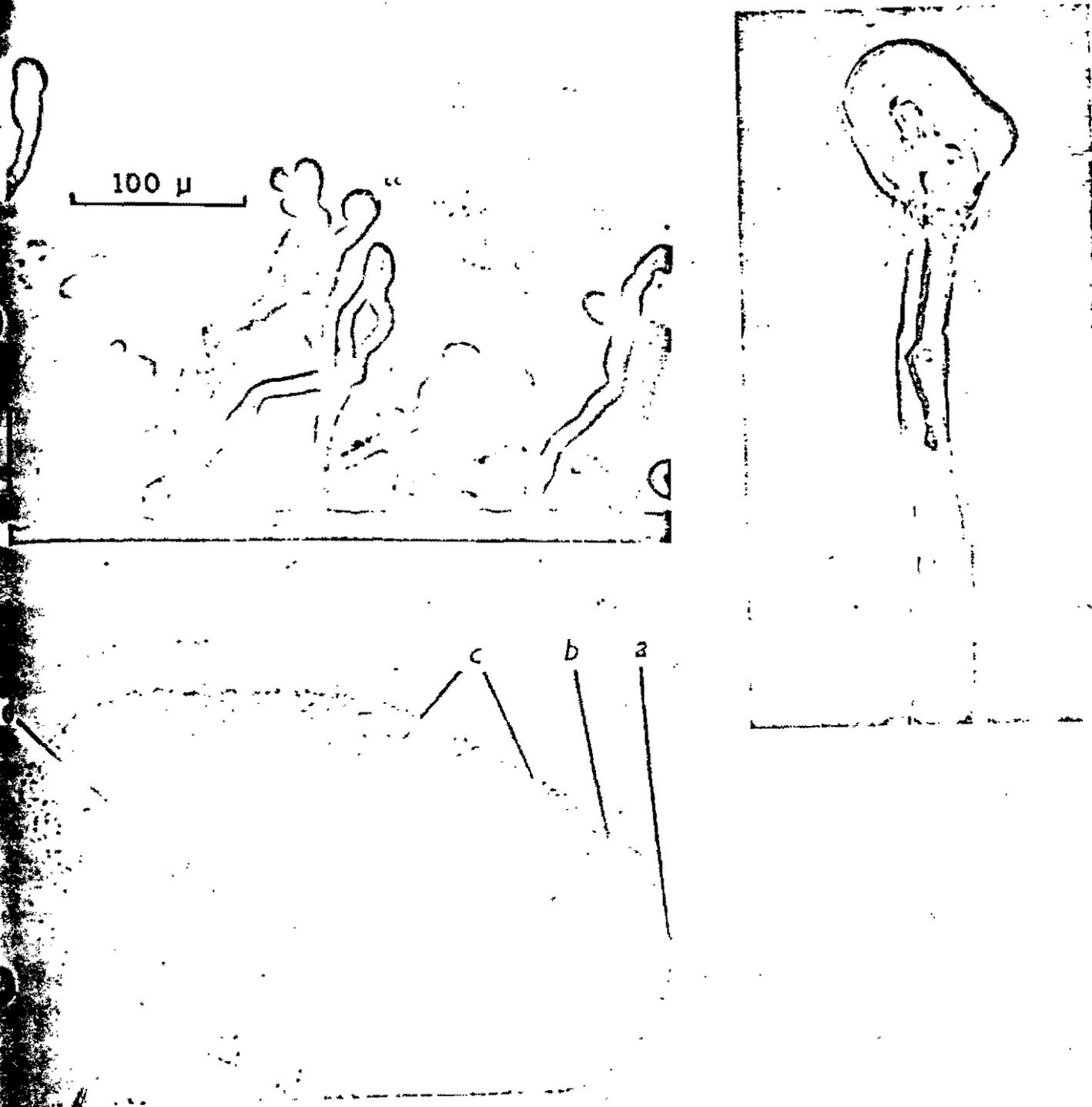


FIG. I ETAPAS EN LA NODULACION DE UNA LEGUMINOSA.
PARA DISCUSION VER EL TEXTO.

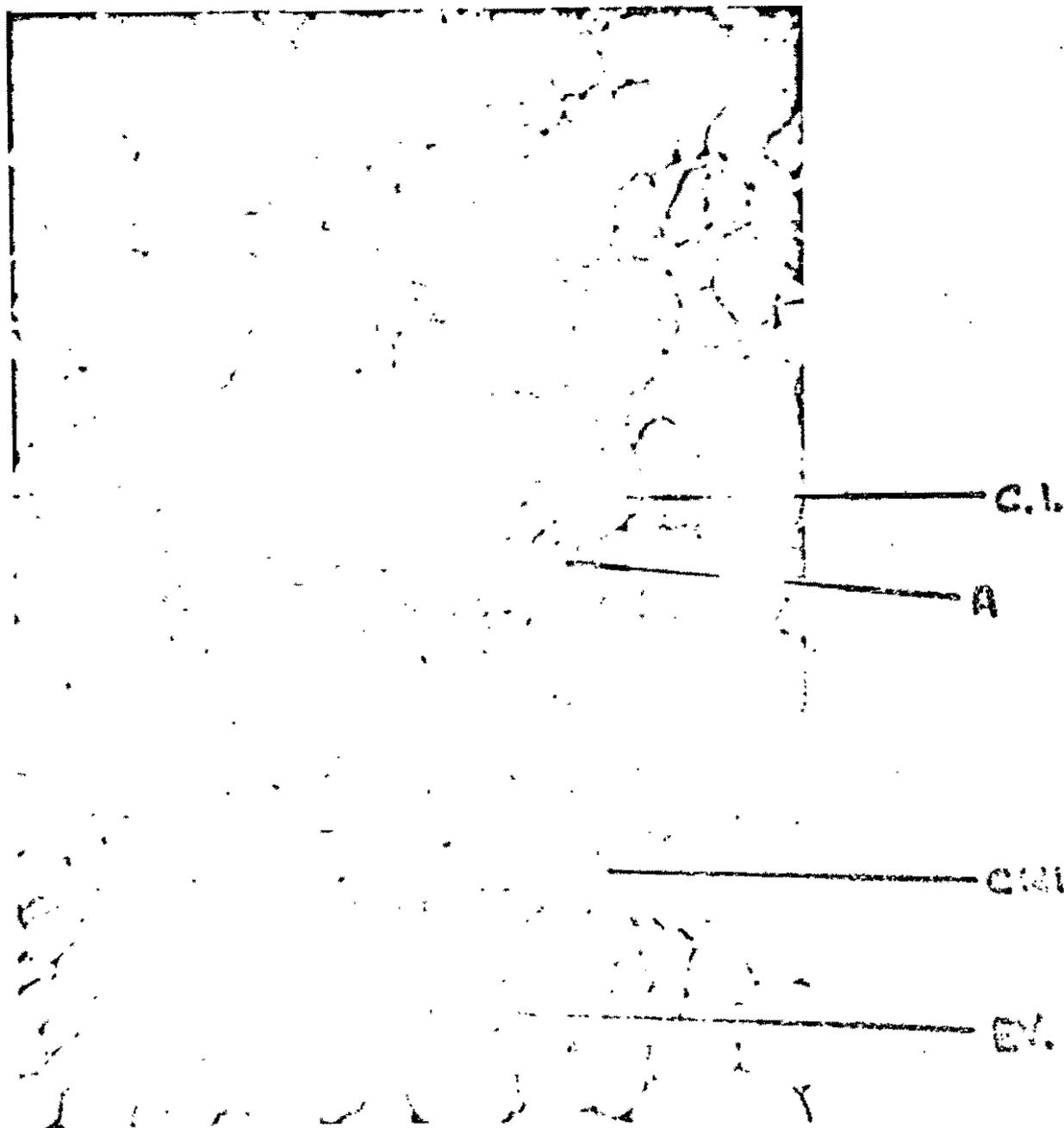


FIG. 2 MICRODETALLE DE UN NEUROLO DE PHYSCOLUS VULGARIS
C.I = CELULAS INFECTADAS CON INDIUMBIUM
C.N.I = CELULAS NO INFECTADAS.
A = AXIONES
E.V = ELEMENTOS VASCULARES.

fección debe encontrar una célula disomático, o no desarrolla nada. Una vez encontrada, el hilo de infección se penetra y adentro suelta los microbios. Nótese, no obstante, que ellos siguen siendo envueltos en una sustancia celulosa. Otra vez empiezan a multiplicarse los rhizobios, estimulando así la multiplicación de las células no infestadas pero vecinas de la célula disomática. Lo que resulta se llama un nódulo y cuando madura tiene la estructura que también se muestra la figura I. La zona a) es una zona creciendo pero sin células infestadas por Rhizobium. La b) es una zona de células infestadas pero con pocos rhizobios por célula. Además en esta zona los rhizobios todavía tienen su forma normal y vegetativa-un bacillo. La zona c) es la zona de la fijación activa y en la cual se encuentran los microbios ya cambiados en su forma hasta que se llama " bacterioides ".

Es normal si la asociación esta trabajando bien que ésta zona contenga mucha hemoglobina y se aparece rojo. Finalmente la zona d) es una zona de descomposición. De suma importancia al funcionamiento del nódulo es el suministro de nutrientes por los elementos vasculares. En la figura II se puede ver al elemento vascular, las células infestadas y no infestadas y los granulos de almidón.

4o. FACTORES QUE INFLUYEN LA NODULACION O FIJACION.

Los factores principales que afectan la nodulación o la fijación de nitrógeno por cualquier asociación Rhizobium-leguminosa son:

- a) Presencia o suministro de un Rhizobium apropiado.
 - (i) Presencia en el suelo.
 - (ii) Forma y calidad de inoculantes.
 - (iii) Especificidad entre Rhizobium y leguminosa.
- b) Acidez del suelo.
- c) Temperatura del suelo.
- d) Factores nutricionales.
- e) Competencia entre Rhizobium.
- f) Uso de fungicidas etc.
- g) Factores culturales.

4a. PRESENCIA O SUMINISTRO DE UN RHIZOBIUM APROPIADO.

Es fácil decir, como en la sección sobre el mecanismo de la nodulación, que la nodulación empieza cuando una célula de Rhizobium se encuentra en contacto con la raíz de su hospedera apropiada. Es mucho más difícil lograrlo! En primer lugar, como será discutido más tarde, existen algunas especificidades entre Rhizobium y leguminosas. Más importante aún, es raro encontrar en un suelo siendo cultivado por primera vez con una leguminosa particular, el Rhizobium apropiado ya existente en el suelo. En Popayán por ejemplo, si no adicionamos un Rhizobium para el frijol, al suelo encontramos normalmente solo un nódulo por planta; este comparado con el óptimo de tal vez 200 a 300 nódulos/planta. En años siguientes la nodulación aumentaría un poquito cada siembra con focos de buena nodulación y en tal vez 5 años quedaría adecuada. Esto fue lo que pasó con la cultivación de soya en el Valle del Cauca. Mientras tanto las plantas sin nodulación adecuada, mostrarían una deficiencia de nitrógeno y el agricultor no reali

á más que 50-60% de su rendimiento potencial.

o suministrar el inoculante necesario?

Los materiales han sido utilizados, incluyendo microbios en caldo, en tu inclinados, mezclado con suelo o bagasso. Lo que ha resultado mejor en i todos los casos ha sido el microbio suspendido en turba o carbón, fina te molido y neutralizado con carbonato de calcio. Normalmente en tal mez, el microbio sobrevivirá hasta 6 meses, razón por la cual es normal po una fecha de vencimiento.

que parece sencilla, la mejoría de los países Iationamericanos todavía no ntan con buenos inoculantes. Hace unos cuatro años cuando yo llegué aquí agricultores de la región tenían tres alternativas en la siembra de una uminosa. 1.- No inocular. Muchos adoptaron esta política posiblemente por eriencias malas con el uso de los inoculantes.

2.- Inocular con un inoculante local que en nuestra experiencia ca contuvo ni un Rhizobium.

3.- Importar inoculantes de los Estados Unidos o de Australia.

último es un proceso costoso y también tiene sus problemas. Demoras en el inistro del inoculante, más tiempo guardado en aduanas calientes o en el co puede reducir notoriamente la viabilidad del inculo. En Ecuador por mple el INIAP importó 5 marcas de inoculantes de los Estados Unidos y probaron en dos lugares. Como muestra la Tabla V, sólo una marca sirvió.

imos que buscar entonces cepas y portadores apropiadas a las condiciones ombianas. Importamos muchas cepas de varias partes del mundo y las proba en condiciones estériles y contralado, utilizando el sistema de jarras Leonard y con el fin de escoger un número más manejable para ser probado el campo. Del lado del portador cooperamos varias turbas y carbones de erente pH, textura y absorbenacia para medir como sobreviven los rhizobios ntro. Como se puede apreciar existe mucha diferencia entre turbas y la ca manera de adivinar cual es el mejor es probarlo.

vez suministrado el inoculante al agricultor todavía existen posibilida para fracasar en su uso. Las siguientes son leyes para ser adoptadas cu lquier trabajo utilizando los inoculantes.

-) Asegurar que el inoculante sea realmente para el frijol y no para otro cultivo con un nombre común similar. Por ejemplo no se puede utilizar con el Phaseolus vulgaris los inoculantes para frijol de costa (Caupi) frijol de arroz (vagas) o frijol del noreste (Stylosanthes).
-) Chequear que no haya pasado su fecha de vencimiento el inoculante.
-) Guardar el inoculante en un lugar fresco, aunque no necesariamente en un refrigerador; nunca dejarlo en el sol.
-) Preparar solamente la semilla inoculada que se puede utilizar en un so lo día. Una vez mezclado con la semilla en un ambiente seco, los micro bios tienden a morir.

- 7 -

T A B L A V

NUMERO DE NODULOS POR PLANTA DE SOYA INOCU
LADA CON DIVERSAS MARCAS DE INOCULANTES.

	BOLICHE	PORTOVIEJO
NITRAGIN	31.00	23.35
E.Z.	22.80	26.00
URBANA	12.50	12.80
LEGUME AID	1.00	5.20
NOCTIN	1.20	0.20
DOZIAL	0.50	0.50
SIN INOCULAR	3.00	0.00

Usar la dosis recomendada (ver el apendice) asegurando así que cada semilla reciba alrededor de 3.000 rhizobia.

Prevenir contacto entre inoculante y fungicida o productos ácidos.

ESPECIFICIDAD ENTRE RHIZOBIUM Y HOSPEDERO.

Especificidad entre una cepa de Rhizobium y una leguminosa puede existir en los niveles. Cuando de dos cepas de Rhizobium, solamente una nodula cierta leguminosa se habla de diferencias en 'infectividad'. Cuando ambas forman nódulos pero una asociación fija más que el otro, se habla de diferencias en 'efectividad'. Una cepa que fija bien con cierta leguminosa se llama "eficiente". Para tomar en cuenta diferencias en especificidad y efectividad en las leguminosas de importancia a la agricultura cada laboratorio debe mantener alrededor de 20 cepas e inoculantes diferentes.

En el caso del género Phaseolus, existen 4 especies importantes, P. vulgaris y P. coccineus que nodulan con una cepa de Rhizobium, y P. lunatus y P. acutifolius que necesitan otro. Diferencias entre cultivares en su capacidad para fijar nitrógeno con una cepa buena de Rhizobium ha sido estudiado en algún grado en el CIAT. La respuesta a la inoculación de tal vez 50 cultivares ya ha sido estudiada, utilizando la técnica de reducción de acetileno. En la figura III el nivel de la fijación y su duración ha sido medida por varias variedades de diferentes hábitos de crecimiento. Nótese que el cultivar determinado P635 no fija nitrógeno mientras que los envoltantes P590 y P717 fijan hasta 15 veces más. Hemos tratado de ver porque tanta diferencia. En primer lugar parece que los arbustivos determinados absorben mucho más del nitrógeno del suelo en el periodo antes de la nodulación. (Fig.4). Tal vez resulta del crecimiento bajo condiciones de alta fertilidad, pero por cualquier razón produce una depresión en la fijación simbiótica. También hemos notado diferencias en patrón de carbohidratos en los nódulos y tallos. Los arbustivos tienden a almacenar mucho de su carbohidrato como almidón especialmente en el tallo y proporcionar relativamente poco a los nódulos. En cambio los volubles tienden a mantener un alto porcentaje de su carbohidrato en una forma disponible para proporcionar más a los nódulos. Estamos estudiando ya el patrón del desarrollo de las hojas en los dos grupos.

Recientemente han aumentado mucho los estudios sobre la gerencia de la nodulación o de la fijación. Hasta el momento han concentrado en estudios sobre mutaciones genéticas y no han pensado en mejorar la fijación o nodulación actual que es posible en variedades comerciales. Ya los grupos de microbiología y nodulación del CIAT han empezado con cruces seleccionados, a estudiar la herencia de la fijación.

ACIDIZ.

Las condiciones de acidez en el suelo tienden a limitar no solamente la nodulación sino también la sobrevivencia de las cepas inoculadas. Como primer problema puede esperarse problemas en la nodulación del frijol cuando el pH se acerca a pH 5.2. Frecuentemente el efecto de pH se complica por el aumento que puede ocurrir en niveles del Al o Mn, también por deficiencias de molybdeno.

NIVEL DE FIJACION (μ mol/planta/ha)

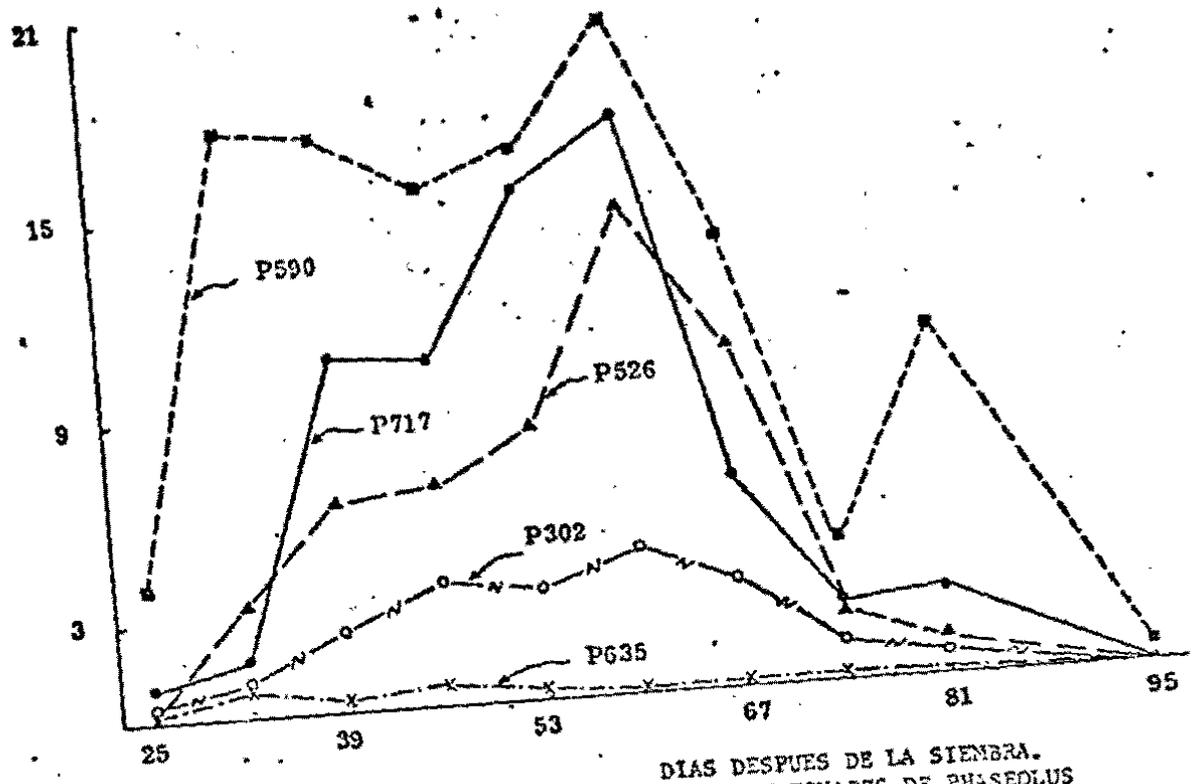
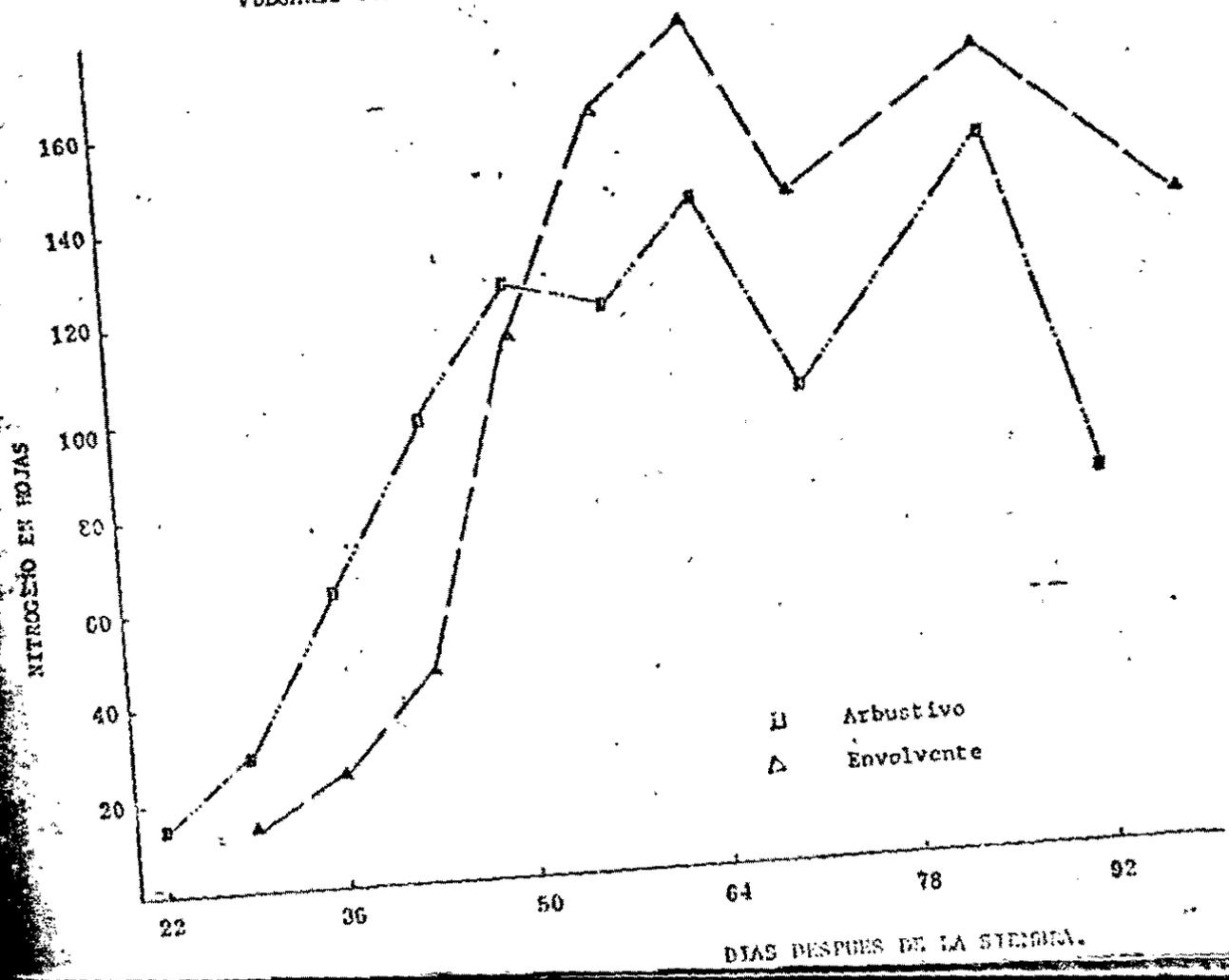


FIG. III NIVELES DE FIJACION DE NITROGENO EN 5 CULTIVARES DE PHASEOLUS VULGARIS COMO FUNCION DEL ESTADO.



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.

Una manera de limitar este problema es revestir la semilla inoculada con CaCO_3 o la roca fosfórica. Normalmente se mezcla el inoculante en una suspensión a 40% con goma arábica y cuando este bien mojada, se envuelve en CaCO_3 molido a 100 mallas. No se puede usar escorias tomas o superfosfato en polvo de revestimiento. La técnica es detallada en un apéndice. El valor del proceso se puede ver en la Figura V, utilizando un suelo de pH 4.3 de los Llanos Orientales y encalando a diferentes niveles. La línea por debajo indica semillas no inoculadas, la segunda, semilla inoculada pero no revestida y la de arriba, semilla inoculada y revestida con CaCO_3 o diferentes fuentes de roca. Puede ver claramente la respuesta en la nodulación como consecuencia de la peletización.

Una mejor evaluación de las cepas usadas también pueden ayudar en el control de acidez. En Leucaena por ejemplo unas cepas son menos sensibles a la acidez que otras. En Pisum es posible escoger combinaciones de hospedero y Rhizobium que soporten mejor la acidez. En Phaseolus como probablemente mencionará el Dr. Howeler, los frijoles caraotas resisten mejor la acidez que los demás.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA NODULACION Y LA FIJACION.

La temperatura influye no solamente en la sobrevivencia de las células en el suelo, sino también en la nodulación y en la fijación.

La sobrevivencia de Rhizobium en el suelo bajo temperaturas altas depende en el tipo de suelo (y especialmente su contenido de arcilla), la duración de las temperaturas elevadas y la cepa en uso. No existe ninguna indicación hasta el momento de que el Rhizobium pueda tener endosporos. Empacada en turba debe enfrentar transporte en malas condiciones; almacenamiento bajo condiciones calientes en tienda o casa del agricultor; y luego en condiciones al vez no favorables en el suelo. La figura siguiente muestra la caída en el número de sobrevivientes en inoculantes de trébol, almacenado bajo diferentes temperaturas.

La temperatura óptima para la nodulación varía con la leguminosa. En las leguminosas tropicales la nodulación es restringida a los 10°C. tiene su óptima alrededor de 30°C. y otra vez se reduce por encima de 30°C. (Tabla 1). El trébol subterráneo, que es similar al Phaseolus, la nodulación ocurre entre los 7°C hasta los 33°C, con un óptimo entre 25-30°C. Por debajo de 22°C. y por encima de 30°C. los nódulos se forman lentamente. Tomando en cuenta la considerable demora en la nodulación y un alto índice de muerte en las células inoculadas, es normal recomendar un nivel de inoculación 2-3 veces lo normal para las condiciones tropicales.

El efecto de la temperatura sobre la fijación de nitrógeno para P. vulgaris es muy marcado, la fijación siendo muy reducida de los 0 hasta los 10°C. y con un óptimo de 20 a 30°C. A nivel del campo el óptimo corresponde a los lotes de enriquecimiento en Popayán donde es posible conseguir niveles de fijación hasta 35 u mol C_2H_4 producida/planta/hora, mientras que el 35°C. corresponde a los lotes del CIAT, en los cuales es raro conseguir la buena fijación.

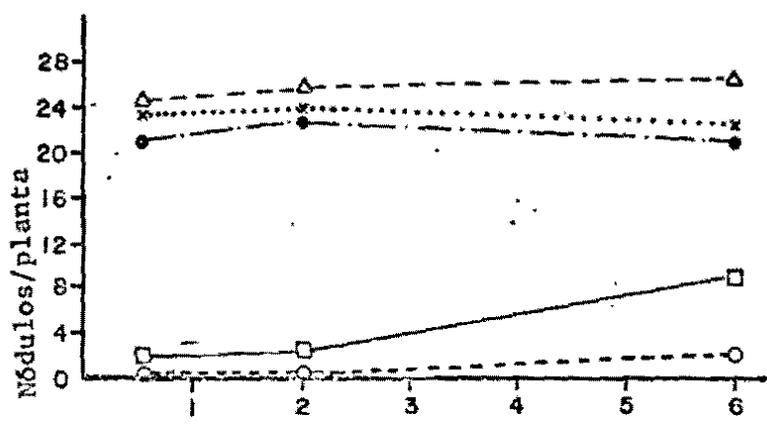


FIG. 5 INFLUENCIA DEL REVESTIMIENTO Y DE ENCALAMIENTO SOBRE LA NODULACION EN PHASEOLUS VULGARIS.

- 0 SIN INOCULACION
- INOCULACION SIN REVESTRAMIENTO.
- REVESTIDA CON ROCA DE BOYACA.
- x REVESTIDA CON ROCA DE CAROLINA.
- △ REVESTIDA CON ROCA CaCO3.

TABLA 6:

NUMERO MEDIO DE NODULOS QUINCE DIAS DESPUES DE LA INOCULACION DE LAS ESPECIES CON LA CEPA CB 756, Y DE HABER SIDO CULTIVADAS A CUATRO TEMPERATURAS DIFERENTES DE LA RAIZ CON UN PERIODO DE LUMINOSIDAD DE 14 HORAS DIARIAS Y A UNA TEMPERATURA DE LOS VASTAGOS ENTRE 25 y 30 GRADOS C.

E S P E C I E S	TEMPERATURA DE LA RAIZ (°C)			
	18	24	30	36
GLYCINE WIGHTII	0	2.1	8.1	0
DESMODIUM UNCIINATUM	0	0.6	9.1	0.3
DESMODIUM INTORTUM	1.4	8.9	10.2	1.5
STYLOGAITHERS HUMILIS	0	9.2	13.7	5.5
PHASEOLUS ATROPURPUREUS	0	14.2	17.6	13.5

FACTORES NUTRICIONALES

Son muchos los ensayos sobre la influencia de la nutrición mineral en la nodulación y la fijación de nitrógeno en frijoles. Para la mayoría de los elementos puede decirse solamente que cualquier deficiencia o toxicidad que afecte la planta causará murmur, en la fijación. Fósforo, calcio, azufre, Mo, Co, y Nitrógeno combinado son las excepciones.

Co. se puede eliminar de la discusión, siendo tan raro la deficiencia del elemento que se encuentra únicamente en partes de Australia y en suelos sumamente ácidos. Nódulos tienen mucho cobalto, principalmente como vitamina B12, pero su función es aún desconocida.

Fósforo y azufre son necesarios principalmente en el suministro de energía al nódulo, y en ausencia, los nódulos se mantienen pequeños y no fijan. En muchos suelos de América Latina el problema de la fijación de fósforo exige la utilización de fertilizantes de alta disponibilidad, como el superfosfato. El Dr. Howeler comentará más.

El molibdeno es un componente de la enzima nitrogenasa y entonces indispensable a la fijación de nitrógeno. Molibdeno tiene la tendencia a ser menos disponible en suelos ácidos, su deficiencia siendo de suma importancia en Brasil. La cantidad de molibdeno que necesita por hectárea es alrededor de 4 onzas. Varios científicos han incorporado este microelemento en el polvo de recubrimiento de la semilla. Esta es una práctica peligrosa porque las sales que contienen Mo varían muchísimo en su toxicidad al Rhizobium y pueden causar una falla en la nodulación.

Es peligroso también mezclar la inoculación y los fertilizantes nitrogenados. El frijol cuando tiene nitrógeno suficiente tiende a restringir el suministro de energía a los nódulos y quedarán reducidos en número, tamaño y fijación. Cantidades tan bajas como 14 kg. urea a la siembra pueden dañar la nodulación y hace pensar que no trabajó el inoculante. Existen dos posibles maneras de escapar al problema:

- a) Usar dosis pequeña de 10 kg. urea como "prendedor" con el inoculante.
- b) Aplicar el nitrógeno foliarmente cuando están en vaina las plantas.

4f. COMPETENCIA ENTRE INOCULANTES Y CERAS NATIVAS DEL SUELO

Una vez establecido en un suelo de pH razonable, los rhizobios son capaces de una existencia saprofitica y sobrevivirán varios años, aún sin la presencia de su hospedera. Cuando estas cepas nativas del suelo tienen alto grado de efectividad con la leguminosa sembrada, no existe realmente un problema, el problema viene cuando no son eficientes con el frijol sembrado, siendo aún capaces de formar nódulos. En que el número de nódulos posible en un sistema radicular es más o menos constante (y controlado por el número de células disociadas de la raíz) cada nódulo formado por las cepas nativas del suelo limitará aún más el número formado por el inoculante eficiente.

Este es un problema grave en el Brasil y el momento no parece tener solución sencilla.

g. PRODUCTOS AGROPECUARIOS O AGENTES TOXICOS.

Son innumerables los estudios sobre el efecto de pesticidas sobre Rhizobium. Desafortunadamente la mayoría han sido hechos en medio de cultivo, y son pocos aplicables a la condición de campo.

Básicamente puede decir que los herbicidas, insecticidas y hormonas para plantas, aplicados a una dosis recomendada, no dañan ni la nodulación ni al Rhizobium en el suelo. En cambio los fungicidas tienden a ser muy tóxicos, especialmente los que contienen mercurio o cobre, y pueden ocasionar serias fallas en la nodulación. De los fungicidas, los carbonatos como Thiram ocasionan menos problemas.

Cuando, como en el maní, frijol o la soya, es indispensable tratar las semillas con fungicida debe minimalizar tiempo de contacto entre fungicida e inoculante; una manera de hacerlo es usar un inoculante granulado que se siembra por debajo de la semilla.

h. FACTORES CULTURALES

Los sistemas culturales usados en el cultivo del frijol han sido pocos estudiados, por su impacto en la fijación de nitrógeno; recientemente empezamos con aspectos de la densidad de la siembra y la asociación con maíz. Utilizamos tres cultivares representando tipos I, III y IV y un diseño de líneas paralelas que nos dio densidades de 55 hasta 1200 x 10³ plantas /ha.

Como puede ver figuras 6 y 7, cada tipo muestra un patrón diferente al cambio de densidad, el P590 (tipo IV) siendo muy sensible a la fijación al cambio de densidades, mientras en P498 (Tipo III) no se presentó mucha diferencia. Afortunadamente en cada tipo el mejor espaciamiento por fijación correspondió al mejor para rendimiento. En este caso el efecto de espaciamiento afectó principalmente el peso de nódulos y no mucho el rato de fijación. No obstante, la fijación mejor obtenida/ha fue con las siembras más densas.

En ensayos con Maíz y frijol asociado utilizamos un frijol agresivo y un poco trepador, con un maíz criollo y un maíz mejorado. El frijol agresivo compitió con ambos maíces, reduciendo el peso seco por planta, mientras que el maíz criollo bajó notoriamente el desarrollo del frijol poco trepador. No obstante no fueron evidentes bajos notorios en la fijación de nitrógeno e incluso el peso fresco de los nódulos se aumentó, aparentemente el frijol gana suficiente luz aunque en la sombra del maní.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

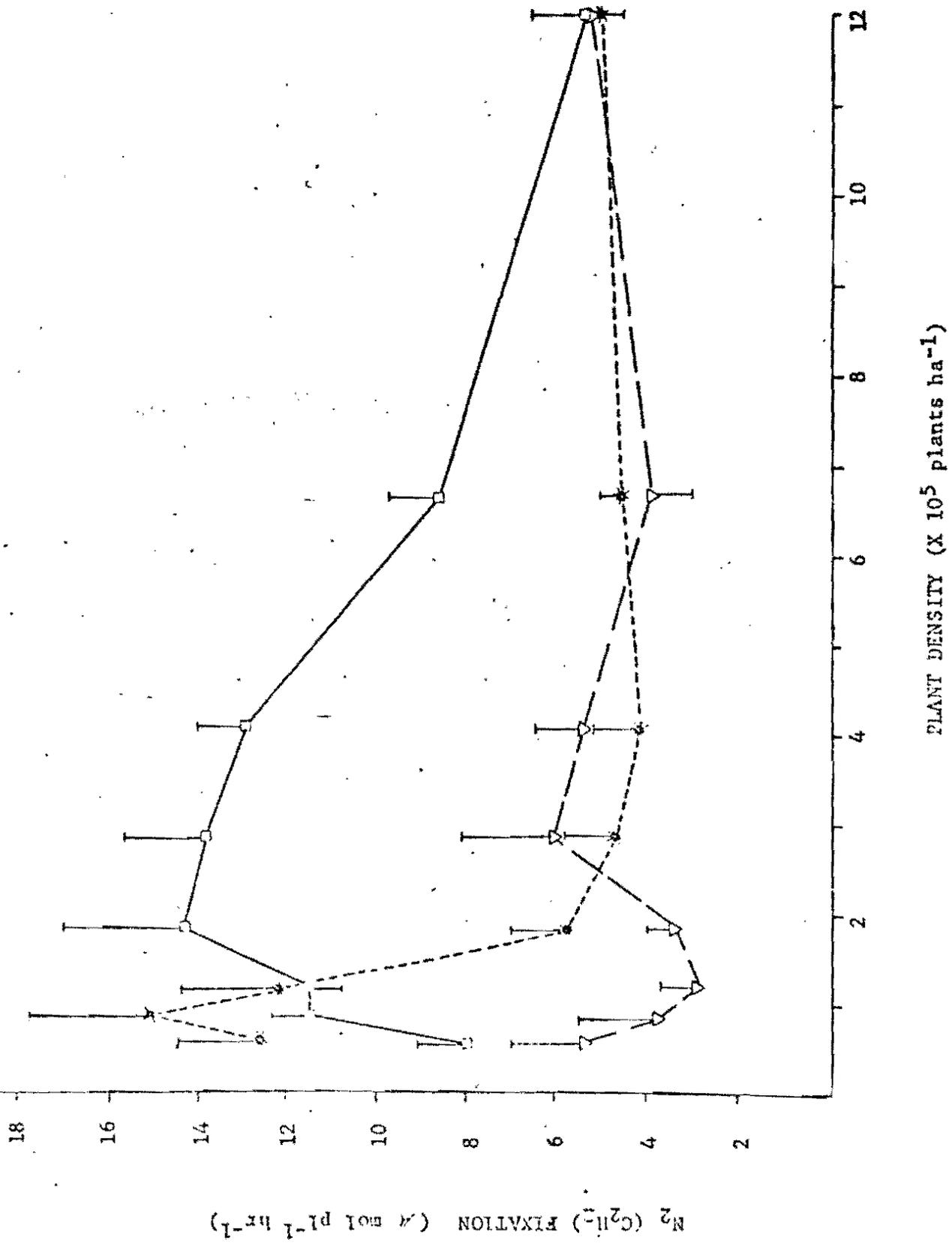
GRAHAM, P. H. & HALLIDAY, J. 1.977 ' Inoculation and nitrogen fixation in genus Phaseolus in "Exploiting the legume Rhizobium symbiosis in tropical agriculture". University of Hawaii, Maui.

VINCENT, J. M. (1.974)

Root nodule symbiosis with Rhizobium in "The biology of nitrogen fixation" A. Quispel Ed. North. Holland Publishing Co. pp. 265-341.

VICENT, J. M. (1.970)

Manual práctico de rizobiología Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires 200 pp.



Niveles de fijación en tres cultivares de Phaseolus Vulgaris. Como funciona la densidad de la siembra.

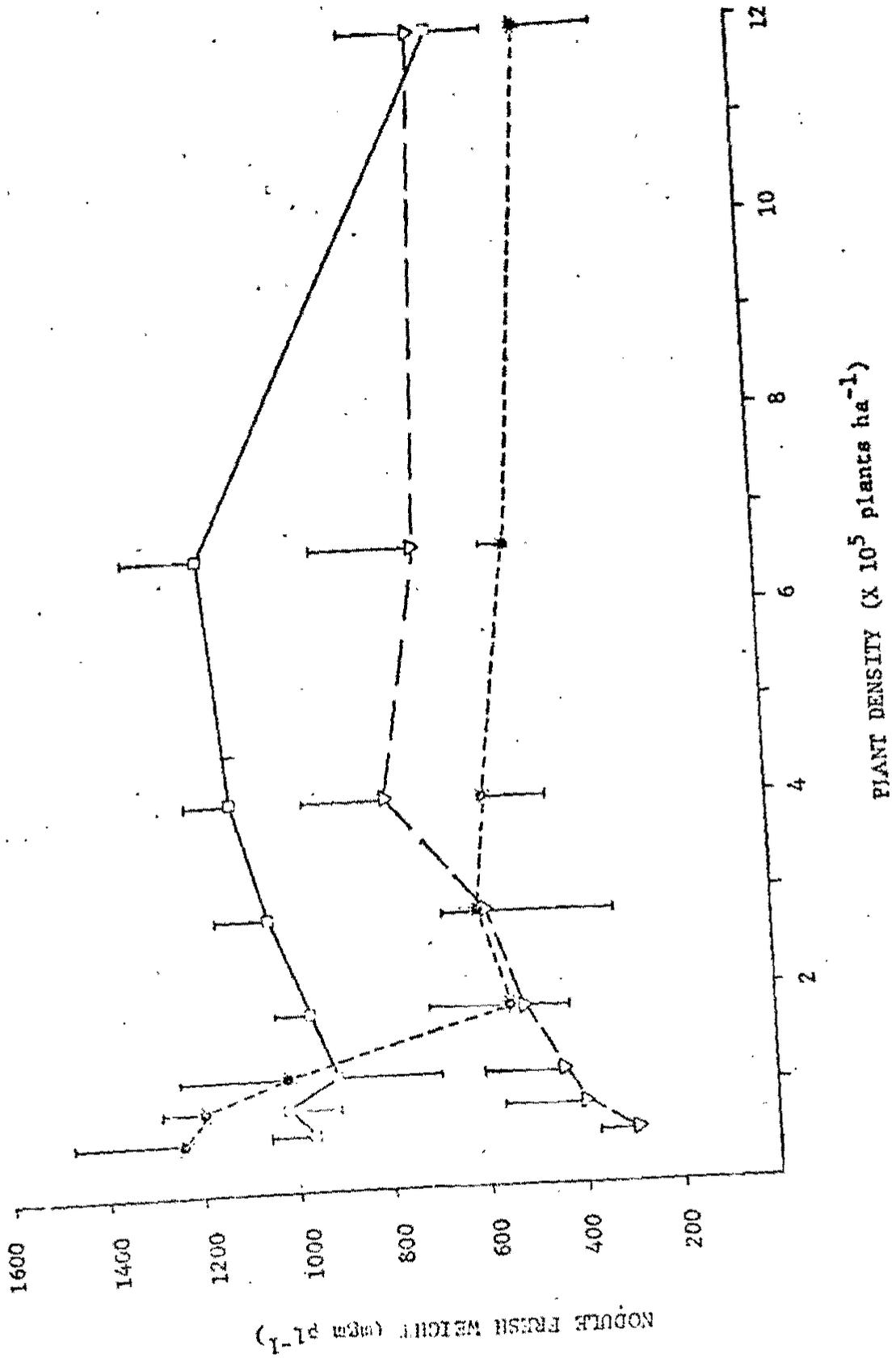
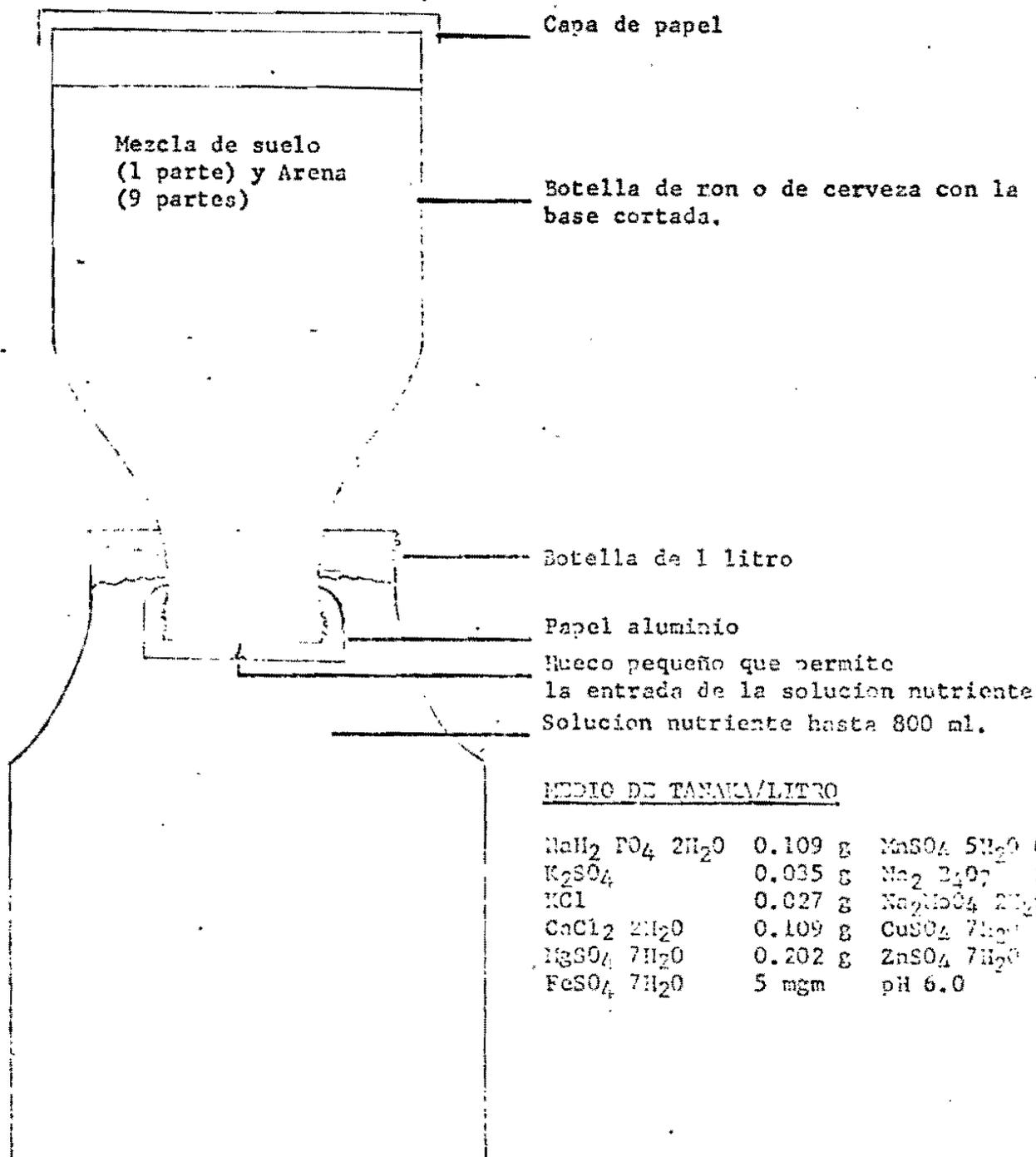


FIG. 7 Peso fresco de nódulos en tres cultivares de *Phaseolus vulgaris*, como función de densidad de la siembra.

APPENDICES

.- SISTEMA JARRO DE LEONARD ESTUDIAR FIJACION DE NITROGENO EN PHASEOLUS

(EL SISTEMA TOTAL SE ESTERILIZA CON UNA HORA EN EL HORNO DE PRESION)



MEDIO DE TANALVA/LITRO

$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.109 g	$\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.5
K_2SO_4	0.035 g	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	2.0
KCl	0.027 g	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.1
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.109 g	$\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.202 g	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5 mgm	pH 6.0	

2.- INOCULACION Y REVESTIMIENTO DE FRIJOL (EXPERIMENTACION)

El principio de la inoculación es distribuir a cada semilla ~ 3.000 rhizobia. Un inoculante bueno contiene 10^8 células por gramo y se su pone que cada kilo de semilla contiene al máximo 5.000 semillas.

- 1.- Por cada kilo de semillas ser inoculado, se necesitará 5 g. de inoculante y 95 ml. de 40% goma arábica.
- 2.- Mezclarlos bien y adicionar la mezcla a la semilla, asegurar que todas las semillas se mojen con el inoculante.
- 3.- Adicionar por cada kilo de semilla un kilo de CaCO_3 finamente molido.- Mezclarlos bien hasta que cada semilla tenga su capa de CaCO_3 .
(Se puede usar frasco grande o mezcladora de concreto según la cantidad de semilla que se tenga.)

DIAGNOSTICO Y CORRECCION DE PROBLEMAS DE MICROELEMENTOSEN FRIJOLCarlos A. Flor M.I N T R O D U C C I O N

En Colombia y en Latinoamérica en general, el esfuerzo de los investigadores en fertilidad de suelos se ha orientado principalmente hacia la solución de problemas de nitrógeno, fósforo y acidez. Es muy razonable aceptar que esta tendencia de los investigadores en suelos, refleja la importancia y/o prioridad que tienen éstos problemas para la agricultura de las regiones tropicales. Los resultados, por otra parte son halagadores: existe ya alguna información para la solución de problemas de importantes regiones como los Llanos de Colombia y Venezuela, el Campo cerrado del Brasil y la región de las cordilleras andinas.

En otro sentido, el esfuerzo de los investigadores en fertilidad de suelos se ha dirigido principalmente hacia la "modificación de las condiciones del suelo, buscando adaptar este suelo, — usualmente mediante la aplicación de fertilizantes y cal —, a las necesidades de las plantas. Sin embargo, esta alternativa de solución que bien

podría denominarse " solución química " ofrece dificultades: en muchas regiones como los Llanos Orientales de Colombia, no existe la infraestructura que dicha solución exige, -vías de comunicación por ejemplo -.

La orientación de la investigación en suelos hacia la solución de problemas de nitrógeno, fósforo y acidez explica en parte la existencia de una situación crítica en lo que se refiere al estudio y búsqueda de soluciones a problemas de otros componentes de la fertilidad de los suelos latinoamericanos. Un caso muy específico es el relacionado con los problemas de microelementos: Todavía se carece de métodos de análisis y niveles críticos propios, esto es calibrados y conseguidos bajo condiciones de suelos, plantas y en general situaciones de ambientes tropicales. Entonces buena parte de la fase de diagnóstico de los problemas, — fase crítica en el trabajo del investigador —, tiene que ser hecha sobre la base de métodos y niveles críticos calibrados y conseguidos en otros ambientes.

También es importante precisar aquí la falta de conocimiento existente respecto a otra alternativa de solución a los problemas de suelos: " la selección y/o adaptación de

especies de plantas y/o híbridos o variedades dentro de una especie, que se adapten a las condiciones problemáticas naturales del suelo ". Podría denominarse a esta alternativa, la " solución genética ".

El autor estima que buena parte del panorama descrito es válido para la mayoría de los cultivos del trópico latinoamericano, — el fríjol por ejemplo —.

B. LA NATURALEZA DE LOS PROBLEMAS DE MICROELEMENTOS

En principio los problemas de microelementos se pueden considerar como:

- 1- Deficiencias.
- 2- Toxicidades.
- 3- Combinaciones de deficiencias y toxicidades.

Las deficiencias de microelementos, en el caso del fríjol, están relacionadas con:

- * Formación del suelo
 - Ausencia de Turmalina → Deficiencia de boro:
- * Lixiviación
- * Erosión → principalmente en zonas cafeteras.
- * Desequilibrio entre nutrimentos.

- sobreabonamiento : Excesos de P,N → Deficiencia de Zinc.
- sobreencalamiento → Deficiencia de boro.

* Uso de semillas mejoradas

- Mayor exigencia de nutrimentos por parte de las nuevas semillas con alto potencial de rendimiento.

- * Nivelación de tierras Algunos microelementos, zinc por ejemplo, se distribuyen dentro del perfil del suelo, en unos pocos centímetros del horizonte superior. Entonces los cortes de terreno producidos por la nivelación pueden producir deficiencia de zinc.

- * Fijación : Presencia de Vermiculita → Deficiencia de boro.

En el caso de los excesos o toxicidades, ellos están muy relacionados con:

* Formación del suelo

- Suelos volcánicos → Toxicidad de manganeso.

- * Calidad de aguas de riego → Toxicidad de boro.

* Prácticas de manejo de algunos cultivos

- En plantaciones de banano en Centroamérica
Excesos de cobre.

C. DIAGNOSTICO DE LOS PROBLEMAS DE MICROELEMENTOS

El diagnóstico y/o definición de los problemas de microelementos constituye la parte más complicada del trabajo del investigador en fertilidad de suelos. Tal como se indicó anteriormente el autor considera que esta observación es válida para el fríjol y la mayoría de los cultivos tropicales.

La caracterización de las deficiencias y/o excesos por observación de plantas, los análisis de tejidos y de suelos, las relaciones de los microelementos con otros elementos y/o factores del suelo y del ambiente en general, y la experimentación, constituyen los elementos de diagnóstico más importantes para el investigador en fertilidad de suelos.

1. OBSERVACION DE LAS PLANTAS : La experiencia adquirida en la caracterización visual de síntomas de deficiencias o toxicidades, es un componente de indudable utilidad para el diagnóstico del problema. Sin embargo, esta caracterización ofrece problemas: Diferentes grados de un mismo problema y/o diferentes variedades dentro de una especie presentan sintomatología diferente.
2. RELACIONES DE LOS MICROELEMENTOS CON ALGUNOS MACROELEMENTOS, CON OTROS MICROELEMENTOS O CON OTRAS PROPIEDADES

Y/O PARAMETROS DEL SUELO O DEL AMBIENTE EN GENERAL:

La tabla 1 presenta una síntesis muy útil de éstas relaciones y su importancia sobre la disponibilidad de los microelementos.

3. ANALISIS DE TEJIDOS: Tanto la técnica del "contraste" (Comparación entre tejidos problema VS tejidos normales), como la utilización de niveles críticos en tejidos, son elementos de reconocida importancia en el diagnóstico de los problemas de microelementos. Una situación muy general ya comentada es la relacionada con la "Ausencia de niveles críticos propios", para las condiciones de las variedades, suelos y medios ambientes tropicales. Las tablas 2 y 3 hacen referencia a procedimientos de muestreo y a concentraciones de microelementos en hojas de fríjol bien desarrolladas, concentraciones que permiten establecer una aproximación a límites de deficiencia, suficiencia o toxicidad. La figura 1, indica la obtención del nivel crítico de boro en hojas de fríjol, variedades Tui y Calima.
4. ANALISIS DE SUELOS : Al igual que en el caso de análisis de tejidos, tanto la técnica del "contraste" (comparación entre el análisis del suelo problema VS el aná

FACTORES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE MICROELEMENTOS

CAUSA DE LA DEFICIENCIA	Mn	Fe	B	Cu	Zn	Mo
N		*		*		
P		*		*	*	
K		*				
Ca y/o (sobre enca- lamiento)		*	*	*		
Mg					*	
Mn		*		*		*
Fe	*			*		
Cu	*	*				*
Zn				*		
Zn	*	*		*		
pH	*					*
pH	*	*	*	*	*	
S						*
Na	*					
bicarbonatos		*				
MATERIA ORGANICA		*	*	*		
MATERIA ORGANICA				*	*	
TIPO DE SUELO POBRE	*					
TIPO DE SUELO	*		*			
T°, SUELO HUMEDO	*	*				
SUELOS CON MALA AIREACION		*				
SUELOS LIVIANOS COLOR CLARO	*		*	*	*	

Tabla 2 P R O C E D I M I E N T O D E M U E S T R E O (*)

ESTADO DE PLANTULA	(MENOS DE 30 CM)	TODOS LOS ORGANOS SOBRE EL SUELO	20-30 PLANTAS
INMEDIATAMENTE ANTES O DURANTE FLORACION INICIAL		2-3 HOJAS BIEN DESARROLLADAS DE LA PARTE SUPERIOR	20-30 PLANTAS

EXPRESION: MAS CORRIENTE p.p.m. EN MATERIA SECA

(*) Soil Science Society of America, Inc. 1972 - MICRONUTRIENTS IN AGRICULTURE. p.322

AL INICIARSE LA FLORACION (*)

ESTADO NUTRICIONAL	p.p.m.					
	B	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo
DEFICIENCIA	3		335	5	25	0.4
INTERMEDIO	50	68	416			
EXCESO	150			19	120	1.4

(*) R. Howeler. 1974. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 22.p.

Efecto residual de B - 1974 B.

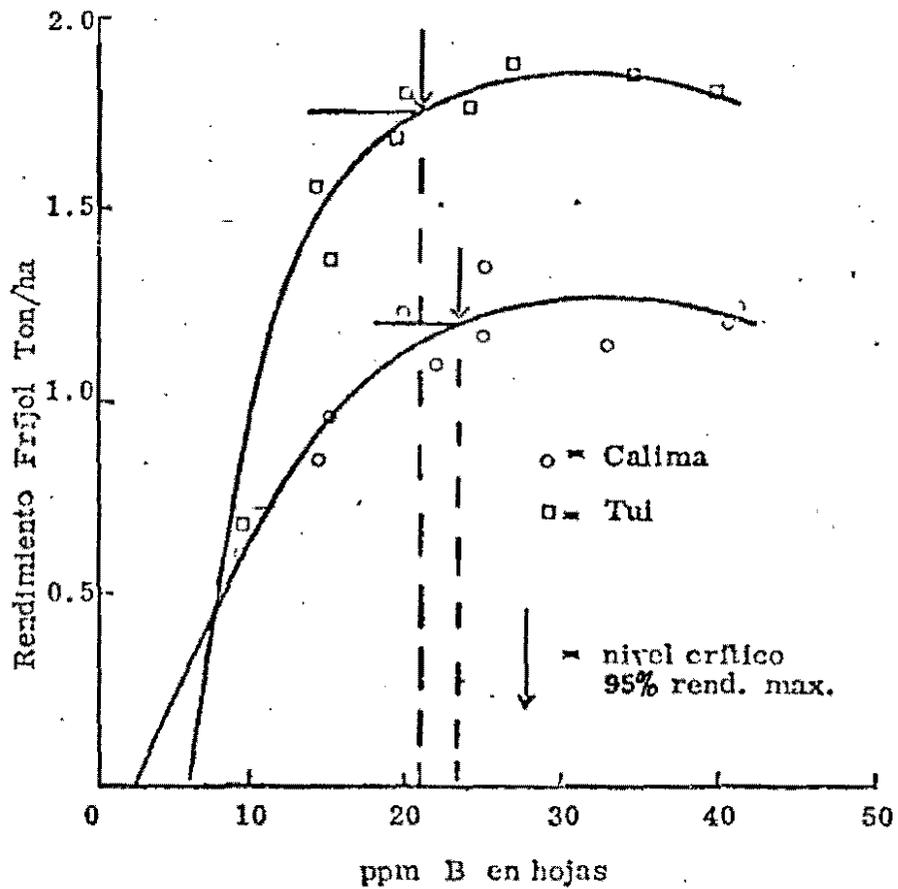


Figura 1 Relación entre rendimiento de Frijol de dos variedades con el contenido de B en las hojas superiores al inicio de la floración. Las flechas indican el nivel crítico de B en las hojas.

lisis del suelo normal), como la utilización del concepto de "niveles críticos", permiten obtener información importante para el diagnóstico. También en este caso hay necesidad de recurrir inicialmente a "valores o niveles" obtenidos en otros ambientes con otras variedades. Existen además muchos métodos de determinación de microelementos. Las tablas 4, 5, y 6 resumen los niveles críticos obtenidos para varios métodos de análisis. La figura 2 ilustra además la determinación del nivel crítico de boro para fríjol bajo condiciones de CIAT.

5. EXPERIMENTACION : Constituye posiblemente la técnica de diagnóstico más usada por los investigadores de suelos de Latinoamérica. Existen básicamente dos tendencias:

5.1. EXPERIMENTACION " UNIFACTORIAL "

5.1.1. Aplicación de tratamientos al suelo, generalmente bajo el siguiente diseño:

1. Tratamiento " completo "
2. Tratamiento " completo - Zn "
3. Tratamiento " completo - B "
4. Tratamiento " completo - Fe "
5. Tratamiento " completo - Mn "
6. Tratamiento " completo - Cu "
7. Tratamiento " completo - Mo "

PROBLEMA DE ELEMENTOS METODOS DE ANALISIS

NIVEL CRITICO
p.p.m.

B	AGUA CALIENTE	0.2
	0.1 N-HCl	1.0
	DITHIZONA + NH ₄ CO ₃	0.3
Zn	EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃	1.4
	DTPA + CaCl ₂ (ph:7.3)	0.5

TABLA 4 - METODOS DE ANALISIS Y NIVELES CRITICOS PARA BORO Y ZINC (*)

(*) Soil Science Society of America, Inc. 1972 - Micronutrients in agriculture. 1-313

Fe	NH ₄ C ₂ H ₃ O ₂ (ph 4.8)	2
	DTPA + Ca Cl ₂ (ph 7.3)	2.5
Mn	0.05 N-HCl + 0.025N-H ₂ SO ₄	5
	HIDROQUINONA + NH ₄ C ₂ H ₃ O ₂	25
	AGUA	2
	0.1 N-H ₃ PO ₄ y 3N-NH ₄ H ₂ PO ₄	15

TABLA 5 - METODOS DE ANALISIS Y NIVELES CRITICOS PARA HIERRO Y MANGANESO (*)

(*) Soil Science Society of America, Inc. 1972 - Micronutrients in Agriculture - P-313

MICROELEMENTO METODO DE ANALISIS

NIVEL CRITICO

p.p.m.

Cu	NH ₄ C H O (ph 4.8) 4 2 3 2	0.2
	0.5 M-EDTA	0.7
Mo	(NH ₄) ₂ C O (ph 3.3.) 2 2 4	0.04

TABLA 6 - METODOS DE ANALISIS Y NIVELES CRITICOS PARA COBRE Y MOLIBDENO (*)

(*) Soil Science Society of America, Inc . 1972 - Micronutrients in agriculture. P-313

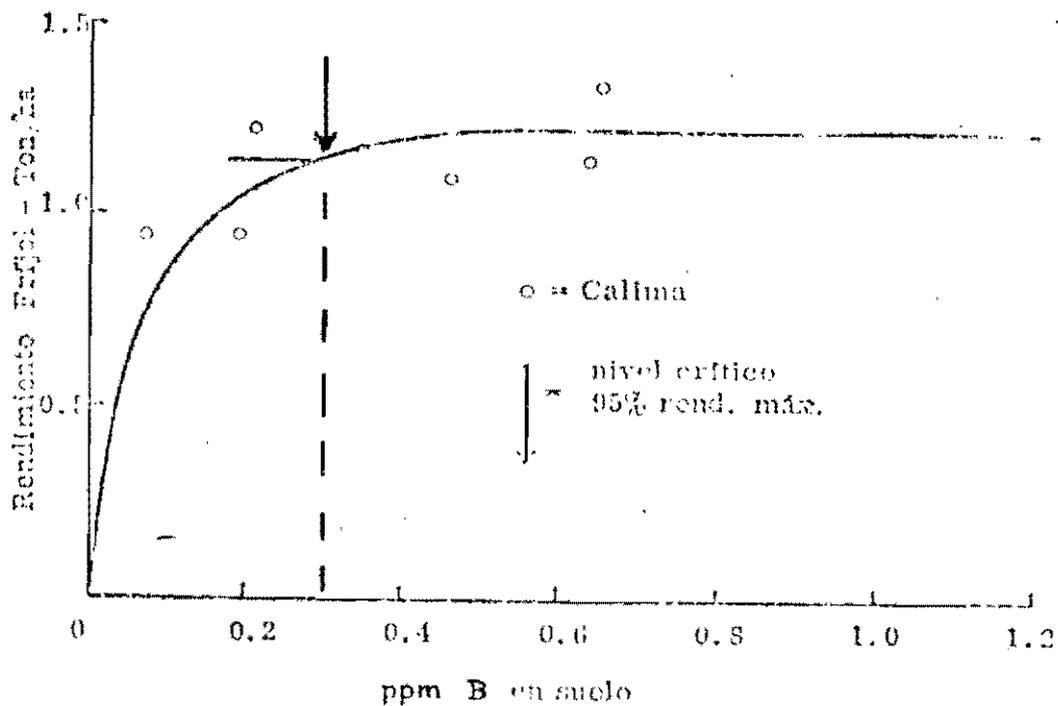


Figura 2 Relación entre rendimiento de frijol Calima y contenido de boro del suelo (boro soluble en agua caliente)

8. Testigo absoluto.

5.1.2. Aplicación de tratamientos por vía foliar, generalmente bajo el siguiente diseño:

1. + Zn
2. + B
3. + Fe
4. + Cu
5. + Mn
6. + Mo
7. + Testigo

5.2. EXPERIMENTACION MULTIFACTORIAL : Generalmente se utiliza cuando ya se posee alguna información sobre el posible efecto de dos o más microelementos y/o sus interacciones.

La tabla 7 indica cantidades de microelementos que " en promedio ", para el caso del frijol pueden usarse en esta fase de diagnóstico del problema.

La tabla 8 complementa la tabla anterior al presentar algunas de las más importantes fuentes inorgánicas de microelementos.

SULFATO DE COBRE	25	3
SULFATO DE MANGANESO	26	6
SULFATO DE ZINC	23	5
OXIDO DE ZINC	78	
BORAX	11	
SOLUBOR	20	1
MOLIBDATO DE SODIO	59	0.2
SULFATO FERROSO	19	ASPERSION FOLIAR
SULFATO FERRICO	23	0.5%
QUELATOS SINTETICOS		

TABLA 7 - FUENTES Y CANTIDAD PROMEDIO DE MICROELEMENTOS QUE PUEDEN USARSE EN FRIJOL EN LA FASE DE DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.

	<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>g. / l.</u>	<u>ppm (g/g)</u>
	BORAX	11	
	BORATO - 46	14	
B	BORATO - 65	20	
	SOLUBOR	21	
Cu	SULFATO DE COBRE	25-40	
	OXIDO DE COBRE	60-86	
Fe	SULFATO FERROSO	20-37	
	SULFATO FERRICO	20-28	
Mn	SULFATO MANGANOSO	22-35	
	OXIDO MANGANOSO	30-65	
Mo	MOLIBDATO DE SODIO	39-16	
	MOLIBDATO DE AMONIO	56	
Zn	SULFATO DE ZINC	22-36	
	OXIDO DE ZINC	60-80	

LA CONCENTRACION VARIA SEGUN EL GRADO DE HIDRATACION Y LA PUREZA.

TABLA 8 - FUENTES INORGANICAS DE MICROELEMENTOS.

D. EL TRATAMIENTO DEL PROBLEMA: CASO DE LA DEFICIENCIA DEL BORO
EN FRIJOL EN LOS SUELOS DEL CIAT (*)

- NIVELES Y FUENTES DE BORO :

La comparación entre dos fuentes (Bórax, 10.5% B; Solubor 20.5% B) y seis niveles de boro (0, 1, 2, 4, 8, Kg B/ha), de acuerdo a la Figura 3 resultó en una ligera ventaja para el bórax.

En cuanto a niveles, 1 Kg. B/ha, es la cantidad más recomendable: su aplicación representa un incremento con respecto al testigo, de 0.8 ton/ha. Un sencillo análisis económico (**) muestra la conveniencia e importancia de este kilogramo de boro en la producción de frijol.

Sin embargo, desde el punto de vista de efectos residuales, Figura 4, el nivel más conveniente para la segunda siembra consecutiva de frijol, es 2 kg. B/ha. Por lo tanto, de acuerdo a las Figuras 3 y 4 y en el caso de variedad Tui, lo más recomendable para un agricultor que va a sembrar dos cosechas continuas de frijol, es la aplicación de 2 Kg. B/ha, en la primera siembra.

(*) Toda la información sobre tratamiento del problema es tomada del artículo: "Flor M, C.A., R. Howeler y G.A. Gonzalez, Zinc y boro: dos microelementos limitativos para la producción de arroz y frijol en algunas regiones cálidas de Colombia", Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT-1976.

(**) En la época de ejecución del trabajo, 1 Kg B/ha tenía un costo de \$ 200. y 1 kilogramo de frijol Tui \$ 15.00 pesos colombianos aproximadamente 1 dólar = 27 pesos colombianos. (1974)

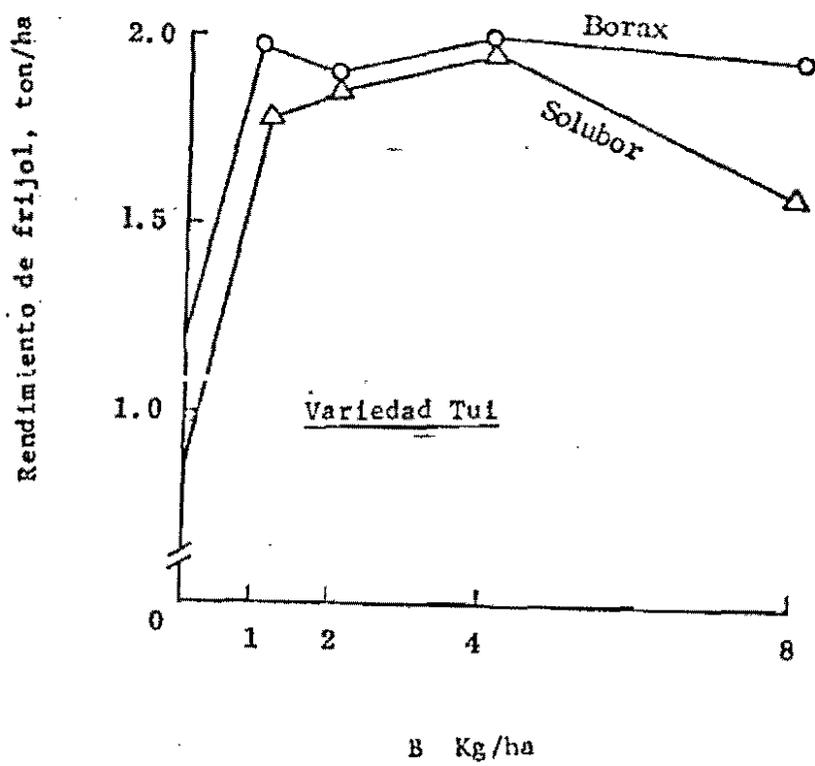


Figura 3 Respuesta del frijol Tui a niveles y fuentes de boro.

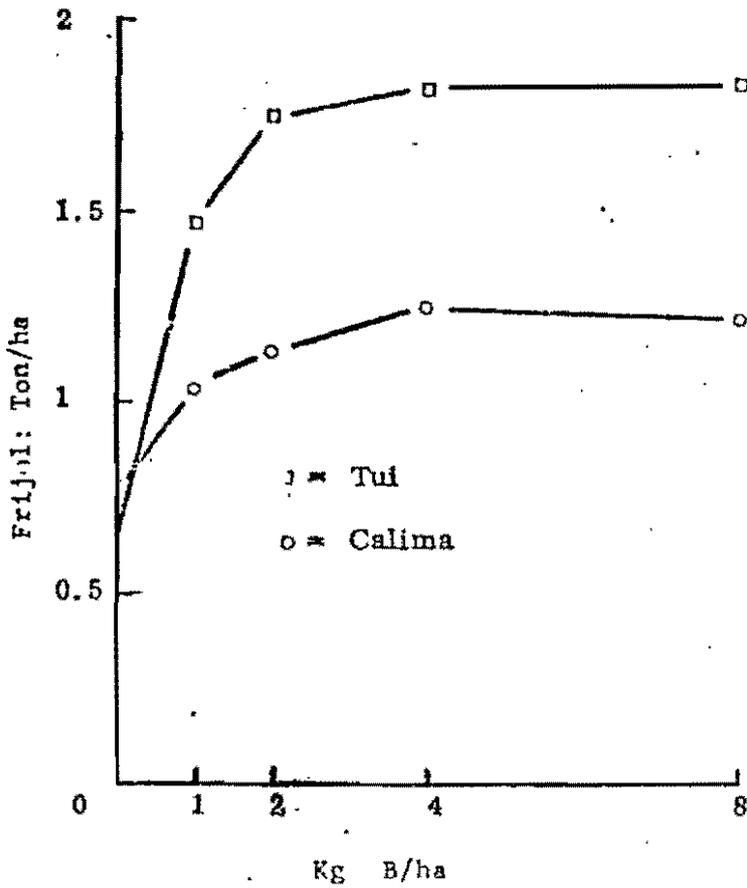


Figura 4 Efecto residual de boro en los frijoles Tui y Calima.

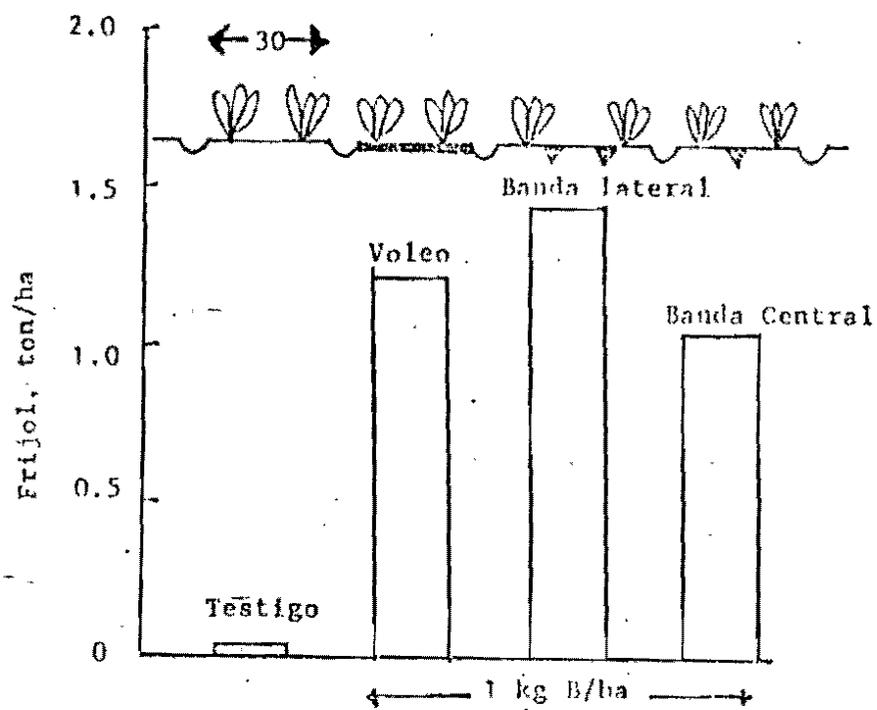


Figura 5 Comparación entre tres métodos de aplicación de boro, variedad de frijol Tui.

	B ₀	B ₁	B ₂		B ₀	B ₁	B ₂
Guarf	1.23	1.31	1.83	}	1.15	1.18	1.58
Calima	1.08	1.06	1.34				
Tui	0.85	1.73.	1.80				
-32(ICA pijao)	0.52	1.52	1.53				
-29	0.40	1.60	1.86				
141-M-1	0.85	1.95	1.85				
73 Vul 6589	0.53	1.51	1.81		0.65	1.71	1.74
Porrillo Sint.	0.60	1.72	1.79				
Jamapa	0.55	1.49	1.57				
150-1-1	0.67	1.91	1.63				
5530 Var 51052	0.53	1.99	1.94				
158-1-1	0.66	1.67	1.55				
Porrillo Sint.	0.99	1.76	1.83				
Mungo	1.12	0.86	0.74		1.12	0.86	0.74

9 SUSCEPTIBILIDAD DE 14 VARIEDADES DE FRIJOL A LA DEFICIENCIA DE BORO - 1974 -

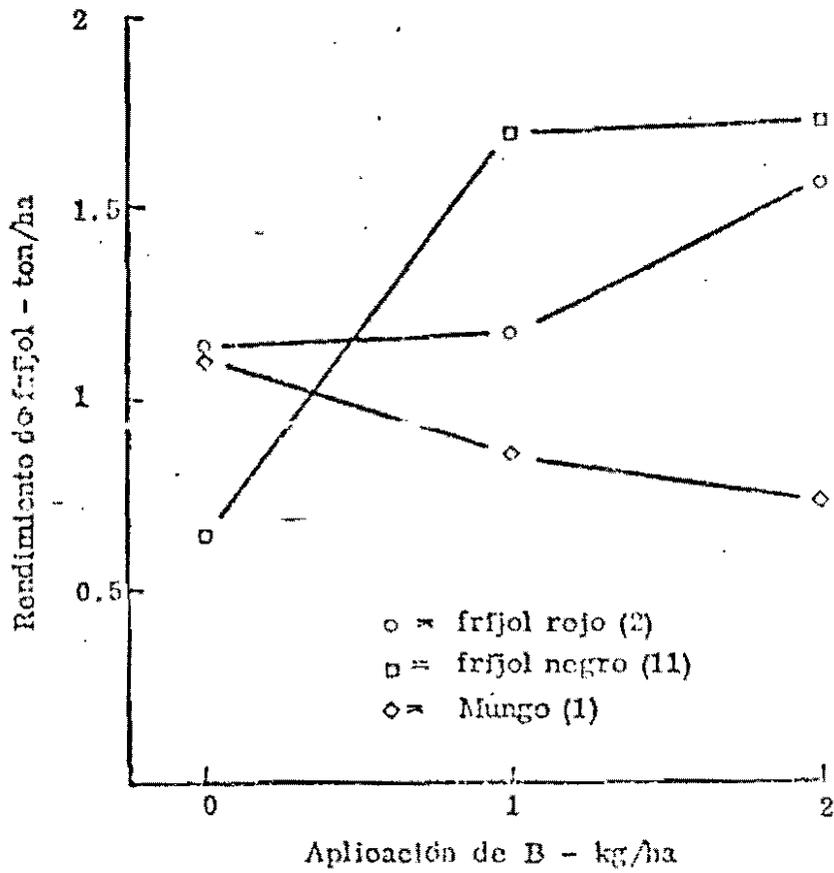


Figura 6 Respuesta promedio de los frijoles de grano negro, de grano rojo con pintas, y el frijol mungo, a aplicación de boro.

MÉTODOS DE APLICACION DE BORO:

La Figura 5. describe tres alternativas consideradas para aplicar el boro, así como los resultados obtenidos. Se observa una ligera ventaja para el método de aplicación en banda lateral. En esta misma figura se puede apreciar la enorme diferencia entre el testigo y los tratamientos con boro.

SUSCEPTIBILIDAD DE VARIEDADES A LA DEFICIENCIA

La Tabla 9. y la Figura 6. muestran los resultados obtenidos en una prueba de susceptibilidad de 14 variedades a la deficiencia. Se puede observar el comportamiento diferente entre los frijoles de grano rojo con pintas (Gualf y Calima) y los frijoles de grano negro (Tui, línea 32... porrillo # 1). Estos frijoles negros, Figura son más afectados por la deficiencia, pero también tienen una respuesta mayor a la aplicación de boro. El mungo Phaseolus mungo, parece ser insensible a la deficiencia y su respuesta a la aplicación de boro es negativa.

NIVELES CRITICOS EN TEJIDOS Y EN SUELO

Para diagnosticar los problemas de deficiencia de B es importante saber qué niveles de B en el suelo ó en las hojas se pueden considerar como deficientes y establecer un nivel crítico debajo del cual se pueda esperar una respuesta a la aplicación de B. En general el análisis de hojas superiores de la planta al momento del inicio de la floración, se considera como el más indicativo para fines diagnóstico. La Figura 1. muestra la relación entre el rendimiento de dos frijoles y su contenido de B en las hojas. Su se define el " nivel crítico " como el nivel de nutrimento que corres-

ponde con un 95% del rendimiento máximo, se puede decir que el nivel crítico para la variedad Tui es 21 ppm y para Calima 23 ppm B. A pesar que las dos variedades tienen un nivel de rendimiento bastante distinto, los niveles críticos son muy parecidos. Se puede concluir que en general el nivel crítico de B. en las hojas de frijol es de 20 ppm. La ventaja de los análisis de suelo es que se puede identificar la deficiencia antes de la siembra. Sin embargo, el análisis de B. en el suelo es más difícil y los resultados menos confiables que los de análisis de tejidos. La figura 2. indica que el nivel crítico de B, soluble en agua caliente en el suelo es 0.3 ppm. Debajo de este nivel se puede esperar deficiencia de B en la planta y una respuesta positiva a la aplicación de este elemento.

EN RELACION CON EL CULTIVO DE FRIJOL

Luis Alfredo León

Carlos Medina*

ucción.

inidad y el contenido de sodio en los suelos de muchas áreas de América reducen su valor y productividad a tal punto que muchas veces son abandonadas para la explotación agrícola intensiva.

gen de los suelos, su manejo, las condiciones de clima, las fuentes y calidad de las aguas de riego y otros factores que intervienen en las procesos físicos y químicas, pueden originar condiciones de salinidad y/o de acumulación de sodio en el suelo, las cuales resultan detrimentes para la producción agrícola de las zonas afectadas.

Frijol, uno de los alimentos básicos del pueblo Latinoamericano, podría cultivarse comercialmente con gran éxito en las zonas donde generalmente aparecen suelos salinos y sódicos, pues éstos, cuando desaparecen ó se corrigen dichas condiciones adversas son muy fértiles y tienen un gran potencial productivo.

Desafortunadamente el frijol es un cultivo relativamente sensible a la salinidad, muy poco tolerante al sodio, lo que hace bastante difícil su adaptación a las condiciones adversas de esta naturaleza.

Por lo tanto, tratándose de un cultivo de tanta importancia, se ha considerado necesario dar valor al observar su comportamiento en estos suelos y su respuesta

del Centro de Suelos, Proyecto Especial Fósforo - Programa Producción Ganado y Asistente de Investigación, Programa Suelos Frijol, respectivamente.

cuando se trata de corregir las condiciones de salinidad y alcalinidad. También es de interés el ver si es posible encontrar variedades de frijol que se adapten y produzcan rendimientos aceptables económicamente, cuando se siembran en suelos de esta naturaleza.

El presente trabajo, además de refrescar ciertos conocimientos sobre cómo diagnosticar los suelos salinos y sódicos, muestra algunas de las investigaciones realizadas con el ánimo de corregir dichos suelos y hacerlos aptos para el cultivo del frijol.

Origen, naturaleza y diagnóstico de los suelos salinos y sódicos.

Los llamados suelos salinos y/o sódicos deben su carácter al hecho de que contienen concentraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable relativamente alto, ó ambos. Estos suelos presentan problemas agronómicos que requieren medidas especiales y adecuadas prácticas de manejo.

En zonas donde la precipitación es limitada, las sales generalmente permanecen en el perfil y en muchos casos, tienden a aumentar, por el intemperismo de los minerales ó porque el agua freática las lleva por capilaridad a los horizontes superficiales. Naturalmente, los suelos salinos y sódicos son propios de regiones áridas, donde la precipitación es menor que la evapotranspiración, pero también se presentan en zonas donde se hace mal uso del riego, en regiones costeras y en suelos desarrollados sobre depósitos marinos.

Acumulación de sales en los suelos.

Las sales se pueden acumular en los suelos por varias causas entre las cuales se encuentran la inundación de tierras bajas por el agua del mar, el arrastre por el viento de agua marina, la evaporación de las aguas de lagos y mares in-

de tierras bajas inundables cuyo drenaje superficial es deficiente, aplicación insuficiente de agua de riego ó su aplicación en suelos con horizontes impermeables y la evaporación del agua cercana a la superficie del suelo que ha llegado ahí por capilaridad proveniente de capas freáticas altas.

Salinos.

Las sales solubles del suelo están formadas principalmente por los cationes calcio y magnesio y los aniones cloruro y sulfato, en varias proporciones. El sodio y los bicarbonatos, carbonatos y nitratos se presentan generalmente en cantidades menores.

La definición de suelo salino es aquella que lo señala como el suelo que contiene suficientes sales solubles para alterar desfavorablemente su productividad. El problema está en decidir cuál es ese contenido de sales, arriba del cual se afecta el crecimiento de las plantas, pues éste depende de factores tales como la humedad, la distribución de sal en el perfil, la composición de la sal y la especie vegetal. En un principio se utilizó directamente el contenido de sales en el suelo, el cual, según Kearney y Scofield (8) y De Sigmond (16) cuando es superior al 1% comienza a afectar el desarrollo de las plantas. Mas tarde, Scofield consideró que un suelo es salino si la solución extraída de una pasta saturada de suelo (extracto de saturación) tiene a 25°C, una conductividad eléctrica mayor a 4 mm-hos/cm. Desde entonces, tal como se puede ver en la Tabla 1, se ha venido utilizando la conductividad eléctrica del extracto de la saturación como criterio para diagnosticar la salinidad de un suelo debido a la relación que existe entre ésta y la concentración total de sales en la solución.

De acuerdo con este criterio, el frijol es una planta que se ve algo afectada por el exceso de sales en el suelo pues su porcentaje de germinación se reduce rápidamente al aumentar la conductividad del extracto de saturación de 1 a 6 mmhos/cm (Figura 1) y de acuerdo con la Tabla 2 se encuentra clasificada dentro de los cultivos comunes moderadamente tolerantes (8-4 mmhos/cm) a sensibles (3-2 mmhos/cm) a la salinidad (1). Investigaciones realizadas recientemente (4, 13) confirman el efecto tóxico de las sales principalmente durante su período de germinación. En suelos salinos el pH por lo general está por debajo de 8.5.

Otros trabajos adelantados con frijoles, en cuanto a los efectos causados por la salinidad indican que ésta inhibe su crecimiento, reduce la tasa de transpiración, aumenta la resistencia de las hojas a las pérdidas de agua y disminuye la permeabilidad de las raíces (14). La salinidad causada por el NaCl induce un retardo en el crecimiento de las hojas, en área antes que en grosor (10). Al aumentar la salinidad se disturba gradualmente el balance de agua, siendo éste efecto no permanente y contrarrestándose parcialmente cuando la planta se adapta a la salinidad. Este efecto parece ser mayor cuando la salinización ocurre en forma rápida (11). Parece que el efecto deletéreo de la salinidad es mucho mayor cuando se trata del ion Cl^- , si éste va acompañado del Ca^{++} . Aparentemente el Mg^{++} en la solución del suelo puede ser benéfico pues aumenta la captación de los SO_4^{--} por el frijol y restringe la de los Cl^- (6). Es muy posible que la naturaleza fluctuante del régimen de salinidad en condiciones de campo pueda afectar el crecimiento de las plantas de frijol y su transpiración en forma similar pero menor a la encontrada cuando se hacen ensayos de laboratorio e invernadero con niveles constantes de salinidad (12).

Relación de sodio intercambiable en los suelos.

Debido a las cargas eléctricas que existen en la superficie de las partículas de los suelos, éstas adsorben y retienen cationes, generalmente calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio y aluminio. Cuando se trata de suelos ligeramente ácidos, neutros ó ligeramente alcalinos los dos primeros cationes predominan. Si el suelo es alcalino (sódico) el sodio puede estar presente en una alta proporción.

Los cationes adsorbidos pueden ser reemplazados por otros que se encuentran en la solución del suelo (intercambio de cationes), de manera que la proporción de varios cationes en el complejo intercambiable se encuentra relacionada con su concentración en la solución.

Normalmente los cationes calcio y magnesio se encuentran en una alta proporción en la solución del suelo y en el complejo de cambio de los suelos cercanos a la neutralidad. Cuando las sales solubles se acumulan en el suelo la concentración predominante es el sodio, éste puede desplazar al calcio y al magnesio del complejo de cambio pasando éstos a la solución donde pueden precipitarse principalmente como carbonatos y sulfatos.

En general, se necesita que el sodio esté en la solución del suelo en una proporción mayor al 50% con respecto a los otros cationes, para que el complejo de cambio adsorba cantidades importantes de este catión.

Suelos sódicos - no salinos.

Los suelos sódicos se han clasificado de acuerdo al porcentaje de sodio en el complejo de intercambio. En este caso es más difícil decidir sobre un

nivel crítico debido a que no existe un cambio brusco en las propiedades del suelo a medida que se aumenta el grado de saturación del sodio intercambiable. Desde hace muchos años se ha considerado el 15% de sodio intercambiable como límite más aceptable para una gran mayoría de los casos. Ensayos realizados en el CIAT, los cuales se discutirán más adelante, indican que los rendimientos de frijol se reducen en un 95% con relación al rendimiento máximo cuando el porcentaje de sodio intercambiable se encuentra en el suelo entre 2 y 4%.

De acuerdo con esto, sería preferible definir un suelo sódico como aquel que tiene suficiente sodio en el complejo de cambio para afectar desfavorablemente su productividad, ya sea por toxicidad de este catión para las plantas ó por modificación de las propiedades físicas del suelo. El pH del suelo en general está por encima de 8.5.

Los frijoles tal como se puede observar en la Tabla 3 y confirmado en investigaciones recientes (9), se consideran como plantas sensibles al sodio. En este caso, un 10% de sodio en el complejo de cambio ya limitaría su desarrollo independientemente de una estructura de suelo favorable.

Estudios realizados por Ayoub e Ishag (5) mostraron que los síntomas característicos de daño en frijol causados por alto sodio intercambiable son la quemazón de las hojas y la muerte gradual. En las plantas afectadas se redujo drásticamente su crecimiento, el área total de las hojas por planta, el número de estomas y células epidérmicas por unidad de área de las hojas y el contenido relativo de agua. Todo esto se asoció con una gran acumulación de sodio en la parte aérea que trae como consecuencia un desbalance de catiónes.

Existen diferencias intervarietales en la susceptibilidad de frijol a los daños causados por la toxicidad del sodio. Ayoub (3) estudió sus causas y

ó que las condiciones ambientales son muy importantes en cuanto a di-
as determinantes en la supervivencia. Los análisis químicos de las,
indicaron que las variedades acumulan diferentes cantidades de sodio
raíces, tallos y hojas. En el caso de variedades "tolerantes" al
la concentración de este elemento en los tallos y hojas fue controlado
vel bajo para grados de daño relativamente bajos.

salino-sódicos.

los que se pueden formar como resultado de los procesos de saliniza-
sodificación combinados. Aquí la conductividad del extracto de sa-
ón pasa de 4 mmhos/cm y la saturación de sodio es mayor del 15%. Estos
con alto contenido de sales, presentan una apariencia y propiedades
res a las de los suelos salinos. En este caso su pH raramente es mayor
y las partículas se encuentran floculadas.

recuperación de suelos salino y/ó sódicos.

uperación de suelos salino es relativamente sencilla y se realiza me
la apertura de drenajes y el lavado de las sales con la utilización
a de buena calidad. Lógicamente el éxito de dicha recuperación está no
o la calidad del agua sino también en la cantidad que se utilice y en
fundidad del lavado.

se trata de un suelo sódico ó salino-sódico, su recuperación es mucho
fácil. Como el sodio se desplaza más difícilmente que las sales, si
ca de un suelo salino-sódico, el simple lavado puede ser perjudicial
medida que pierde las sales se dispersa y se impermeabiliza adquiriendo

Si el suelo contiene yeso ó carbonato de calcio, es posible que el calcio presente sea suficiente para desplazar al sodio. En este caso, para recuperarlo bastaría con lavados y un buen drenaje. También el uso de agua de riego con alto contenido de Ca ayuda en desplazar el Na del complejo de intercambio.

Por el contrario, si el suelo no contiene yeso ni carbonato de calcio en cantidades apreciables, es indispensable además del lavado añadir alguno de los llamados mejoradores, cuya función principal es la de reemplazar en una alta proporción al sodio intercambiable mejorando así las condiciones físicas y químicas del mismo.

Entre los mejoradores más utilizados se encuentran el azufre, el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el ácido sulfúrico, el Políulfuro de calcio, el sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), el sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) y la caliza (CaCO_3).

Lógicamente, es indispensable escoger el mejorador que más se adapte a las condiciones existentes en cada caso, dependiendo de las propiedades químicas del suelo, la disponibilidad de la enmienda y su costo. La forma de aplicación, el tiempo de reacción y el lavado posterior dependerán también del mejorador escogido.

Ensayos de recuperación de suelos sódicos realizados en el CIAT.

Las primeras siembras efectuadas en algunos suelos del CIAT indicaron la posible necesidad de aplicar correctivos con el fin de reducir la saturación de sodio en el complejo de cambio y aumentar la relación Ca:Mg, pues en muchos casos, la primera era tan alta que reducía notablemente la población de plantas tales como frijol, maíz y yuca.

o puede observarse en la Tabla 4, se trataba de suelos cuyo porcentaje de materia orgánica intercambiable era relativamente alto (8.6% en promedio con un máximo de 12.5%). Con el fin de mejorar este suelo y de observar la respuesta de los cultivos a la adición de enmiendas se planeó un ensayo en el cual se aplicaron cuatro dosis de yeso (5 - 10 - 20 y 40 t/Ha) y dos de azufre (2 y 4 t/Ha). Tres y medio años después, luego de haber realizado dos siembras consecutivas de maíz, se sembraron en cada parcela principal diez variedades de frijoles con el objeto de observar el efecto residual de las enmiendas en el comportamiento agronómico de las mismas.

Los resultados de rendimiento indicaron diferencias notables de respuesta entre las variedades con relación a las dos enmiendas utilizadas. La Figura 2 muestra que, en general, los frijoles negros rindieron más que los rojos. Los frijoles negros respondieron muy poco a los tratamientos con yeso y con azufre. Por otra parte, los frijoles rojos tendieron a decrecer sus rendimientos con todos los tratamientos empleados, excepto cuando se añadieron 5 t/Ha de yeso. Aparentemente, tal como se puede ver en la Figura 3, la aplicación de yeso incrementó apreciablemente la salinidad del suelo, lo cual se reflejó en los rendimientos. Parece que los frijoles negros no son tan sensibles a esta condición adversa.

La aplicación de yeso aumentó la salinidad de los suelos, es muy probable que el lavado y drenaje de los mismos no fue lo suficientemente efectivo como para arrastrar las sales formadas a horizontes inferiores donde éstas no pueden causar daño. Un fenómeno similar, aunque más marcado, se presentó durante las dos cosechas de maíz anteriores al frijol. En este caso los rendimientos de maíz se redujeron drásticamente con las adiciones de yeso y la con-

ductividad eléctrica llegó hasta casi 4 mmhos/cm con la dosis máxima de ésta enmienda.

En otro experimento sobre manejo de suelos con problemas de sodio, se ensavaron seis variedades de frijol en parcelas tratadas con yeso, azufre, ácido sulfúrico, estiércol de gallina y paja de arroz. Los resultados mostraron nuevamente diferencias entre variedades y en general, alguna respuesta a las aplicaciones de azufre, yeso, ácido sulfúrico y estiércol de gallina. Los mejores rendimientos, en promedio, se obtuvieron con una tonelada de azufre/Ha. En este caso, la salinidad no se incrementó apreciablemente, lo cual pudo redundar en beneficio de los incrementos obtenidos al corregir el problema del sodio (Figura 4).

En un ensayo recientemente realizado, también en suelos del CIAT, con quince variedades de frijol, no se obtuvieron respuestas significativas en promedio a las adiciones de azufre y ácido sulfúrico, tal como se puede apreciar en la Figura 5. Por el contrario, dosis de 1/2 t/Ha de cualquiera de las dos enmiendas y de una tonelada de azufre redujeron la producción, sin que se pueda encontrar con los datos existentes, una explicación razonable a esta baja en rendimiento. Algunas de las variedades estudiadas parecen ser tolerantes a saturaciones de sodio relativamente altas (4 al 6%), pues los testigos experimentales produjeron rendimientos superiores a los obtenidos en las parcelas tratadas con las enmiendas. Estas variedades son la P 326 (voluble, negro), P 524 (crema) y P 675 (ICA Pijao, negro).

A pesar de que este ensayo no se estableció con el fin de corregir suelos sódicos sino para observar la influencia de las enmiendas en la aparición de un disturbio de algunas variedades de frijol localmente llamado "problema

la Figura 6 se puede ver el efecto en el rendimiento producido por el cambio en el porcentaje de saturación del sodio intercambiable. Aunque en principio se indicó que un suelo sódico era aquel que contenía más del 15% de sodio intercambiable en el complejo de cambio, los resultados nos muestran que los rendimientos promedio de 14 variedades comienzan a decrecer cuando el porcentaje de saturación de sodio se encuentra entre el 2 y el 4%.

La Figura 7 nos muestra el efecto causado en el pH y la conductividad eléctrica del suelo por las adiciones de azufre. El pH disminuye notablemente pasando de 8.6 con 4 toneladas de azufre/Ha. Por el contrario, la salinidad aumentó a casi 4 mmhos/cm. Si el suelo no es bien drenado y no se le ha aplicado suficiente agua para lavar las sales que se forman por la oxidación del azufre durante las consecuentes reacciones, parece que los rendimientos no decrecieron notablemente con el aumento de salinidad, adaptándose a ésta con el tiempo y cuando ésta va apareciendo lentamente.

En resumen, de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos realizados en suelos sódicos del CIAT, Palmira, no es aconsejable utilizar mejoradores como yeso ó azufre cuando no existe la posibilidad de contar con buenos drenajes y con suficiente agua de buena calidad para lavar las sales que se acumulan en los horizontes superiores del suelo.

En general, parece que las adiciones de azufre a estos suelos resultan más beneficiosas que las de yeso, pues los rendimientos de frijol son superiores cuando se aplica la primera de las enmiendas mencionadas. Uno de los factores involucrados en esta respuesta diferencial puede ser el de la salinidad, pues el yeso considerablemente la aumenta en el suelo mucho más que el azufre.

Las variedades de frijol utilizadas en los ensayos presentados aquí, parecen ser poco sensibles a la salinidad del suelo, por lo menos hasta 4 mmhos/cm de conductividad eléctrica del extracto de saturación. Estas mismas variedades, con pocas excepciones, se mostraron bastante sensibles al sodio intercambiable, aún a saturaciones que se encontraban entre el 2 y el 4%.

REFERENCIAS

- Ellison, L. E. 1966. La salinidad y su relación con el riego. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. México, 37 p. (reimpreso).
- Wyers, A. D., and Hayward, H. E. 1949. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. (1948) 13: 224 - 226, 411.
- Youssef, A. T. . Causes of inter-varietal differences in susceptibility to sodium toxicity injury in Phaseolus vulgaris. Journal of Agricultural Science 83 (3): 539 - 543.
- _____. 1975. Effect of some soil amendments on plant growth, survival and yield of dry beans (Phaseolus vulgaris L.) in relation to sodium toxicity. Journal of Agricultural Science 85: 471 - 475.
- _____ and Ishag, H. M. 1974. Sodium toxicity and cation imbalance in dry beans (Phaseolus vulgaris L.). Journal of Agricultural Science 82: 339 - 342.
- Almenares J. and Blasco, M. 1974. Effects of different salts added to a soil on bean (Phaseolus vulgaris L.) production. Turrialba 24 (1): 38 - 46.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura No. 60. Richards L. A. (Ed.). Trad. 5a. ed. al español por M. Sánchez y otros. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Mexico 172 p.

8. Kearney, T. H. and Scofield, C. S. 1936. The choice of crops for saline land. U.S. Department Agr. Cir. 404, 24 p.
9. Lumin, J., Gallatin, M. H. and Barcheldor, A. R. 1964. Interactive effects of base saturation and exchangeable sodium on the growth and cation composition of beans. Soil Science 97 (1): 25-33.
10. Meiri, A. and Poljakoff-Mayber, A. 1967. The effect of chlorine salinity on growth of bean leaves in thickness and in area. Israel Journal of Botany 16: 115 - 123.
11. _____ . 1969. Effect of variations in substrate salinity on the water balance and ionic composition of bean leaves. Israel Journal of Botany 18: 99 - 112.
12. _____ . 1970. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. Soil Science 100 (1): 26 - 34.
13. Prisco, J. T. and O'Leary, J. W. 1970. Osmotic and "toxic" effects of salinity on germination of Phaseolus vulgaris L. seeds. Turrialba 20 (2): 177 - 184.
14. _____ . 1973. The effects of humidity and cytokinin on growth and water relations of salt-stressed bean plants. Plant and Soil 39: 263 - 276.
15. Scofield, C. S. 1940. Salt balance in irrigated areas. Journal Agr. Res. 61: 17 - 39.
16. Sigmund, A. A. J. De. 1938. The principles of Soil Science. 362 p. ill. London.

Tabla 1. Escala de conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación (mmhos/cm a 25°C) de acuerdo con el efecto que producen las sales sobre los cultivos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (7).

0	2	4	8	16
Efectos despreciables de la salinidad.	Los rendimientos de cultivos muy sensibles pueden ser restringidos.	Los rendimientos de muchos cultivos son restringidos.	Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente.	Poquísimos cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente.

Tabla 2. Tolerancia relativa de los cultivos comunes a la salinidad, mencionados de acuerdo con su menor tolerancia dentro de cada grupo. Allison, (1).

Tolerantes	Moderadamente tolerantes		Sensibles
12 - 8 mmhos/cm	8 - 4 mmhos/cm		3 - 2 mmhos/cm
Cebada	Centeno	Frijol	Frijol
Remolacha azucarera	Trigo	Maiz	
Nabo	Avena	Arroz	
Algodón	Mijo	Lino	
	Sorgo	Girasol	
	Soya	Higuerilla	

Clasificación	Variación del PSI que afecta el desarrollo	Cultivo	Respuesta en el crecimiento bajo condiciones de campo
Extremadamente sensibles	2 - 10	Frutales deciduos Cítricos Aguacates Nueces	Síntoma de toxicidad de sodio a bajo PSI
Sensibles	10 - 20	Frijoles	Desarrollo limitado a bajo PSI, independientemente de una estructura de suelo favorable.
Moderadamente tolerantes	20 - 40	Trébol Avena Festuca alta Arroz	Desarrollo limitado debido a factores de la nutrición y a estructura desfavorable.
Tolerantes	40 - 60	Trigo Algodón Alfalfa Cebada Tomate Remolacha	Desarrollo limitado debido generalmente a estructura desfavorable.
Más tolerantes	> 60	Pasto Rhodes	Desarrollo limitado, generalmente debido a estructura desfavorable.

Tabla 4. Resultados de análisis de suelos del lote J₁ Norte del CIAT, antes de hacer aplicaciones de enmienda.

	Amplitud	Promedio
pH	7.7 - 8.6	8.04
M.O. %	2.8 - 5.0	3.83
P ppm	29 - 188	73.33
Ca me/100 g	11.6 - 18	13.48
Mg me/100 g	8 - 18	12.92
K me/100 g	0.5 - 1	0.68
% Na int.	1.95 - 18.48	8.60
CE mmhos/cm	0.5 - 1.5	0.92

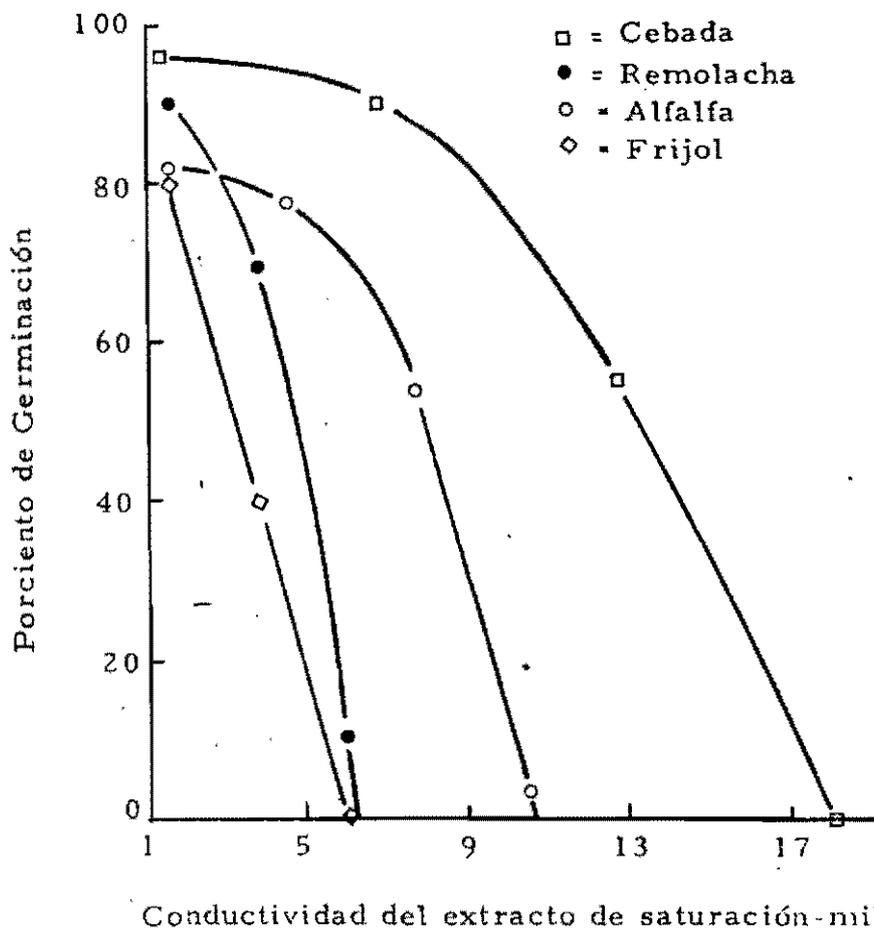
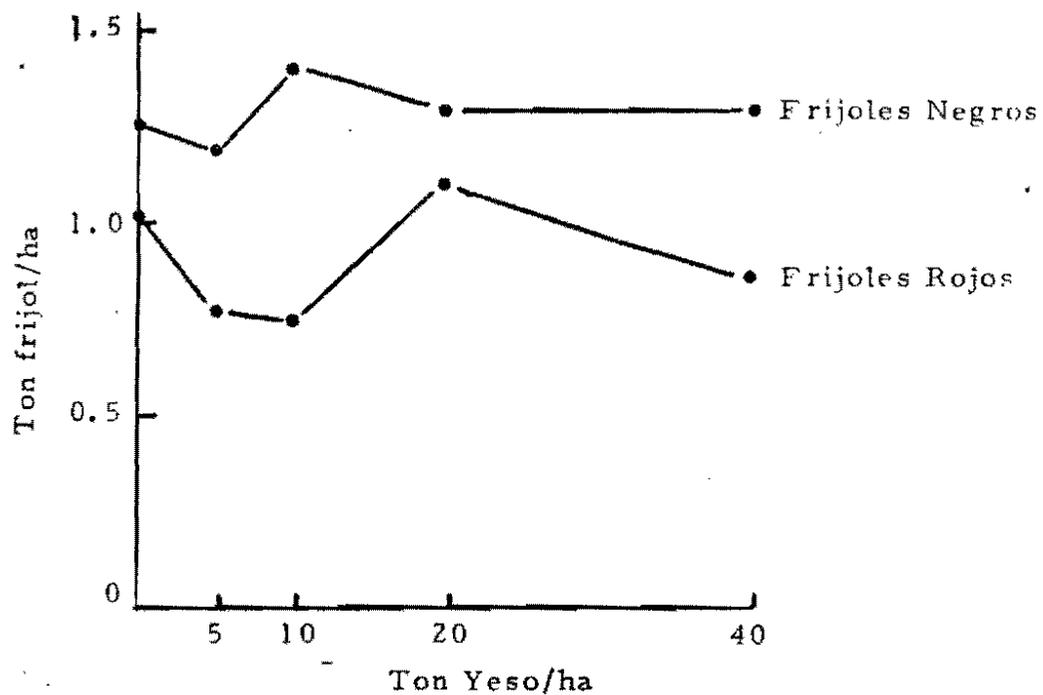
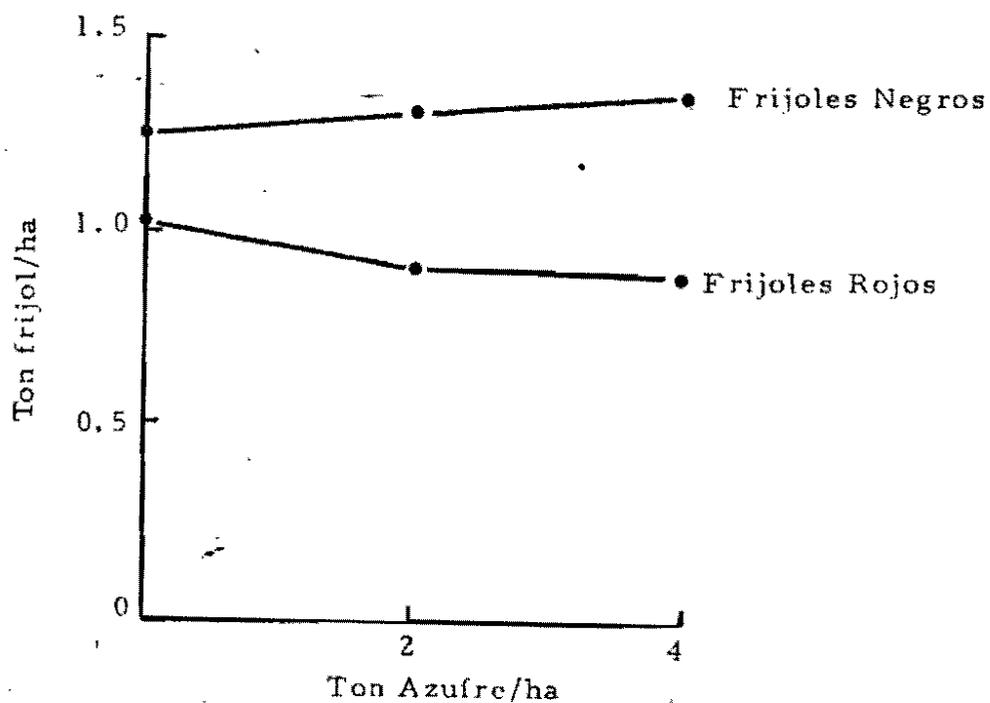


Figura 1. Efecto de la salinidad en la germinación de cuatro cultivos comunes. Ayers y Hayword (2).

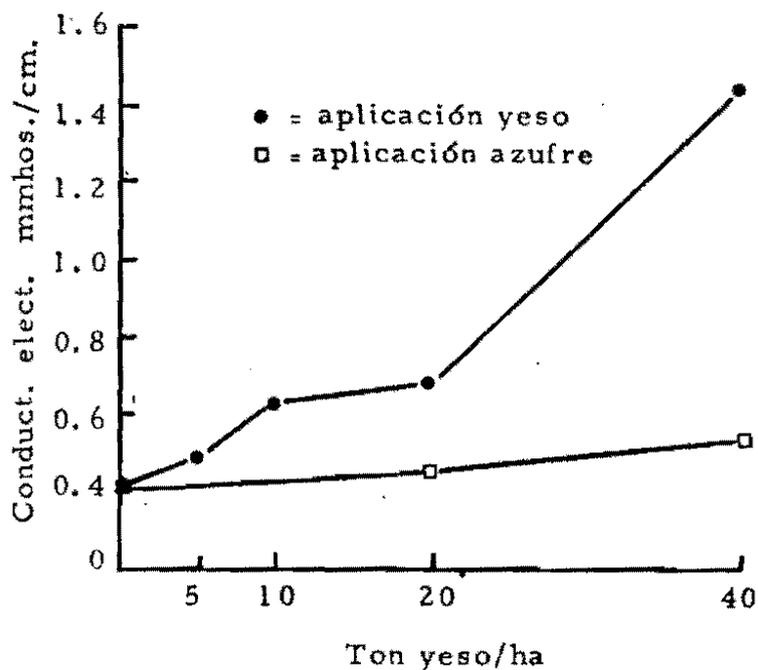


Efecto de yeso en frijoles negros vs. rojos



Efecto de azufre en frijoles negros vs. rojos

Figura 2. Efecto de la adición de yeso y azufre a un suelo sódico del CIAT, Palmira, en los rendimientos de diversas va-



Efecto de yeso y azufre sobre C. E.

Figura 3. Efecto de las aplicaciones de yeso y azufre a un suelo sódico del CIAT, Palmira, sobre la conductividad eléctrica del extracto de saturación.

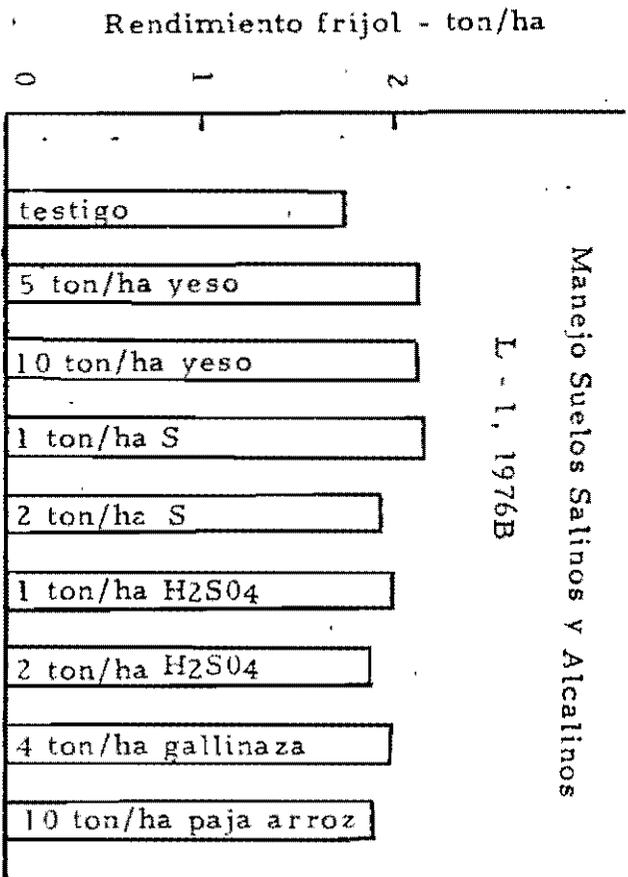


Figura 4. Respuesta del frijol a la adición de enmiendas en un suelo sódico del CIAT, Palmira.

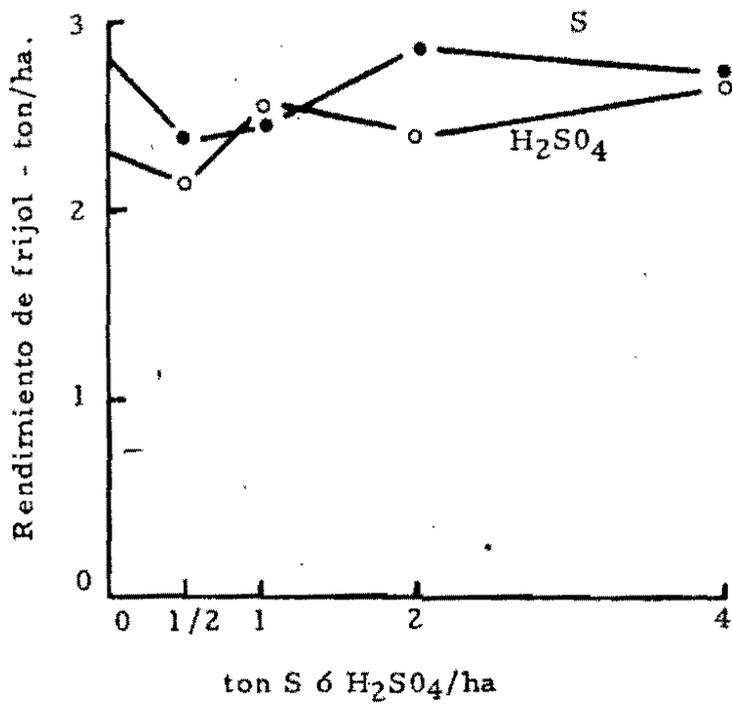


Figura 5. Efecto de la adición de azufre y ácido sulfúrico a un suelo del CIAT, Palmira, en los rendimientos de 15 variedades de frijol.

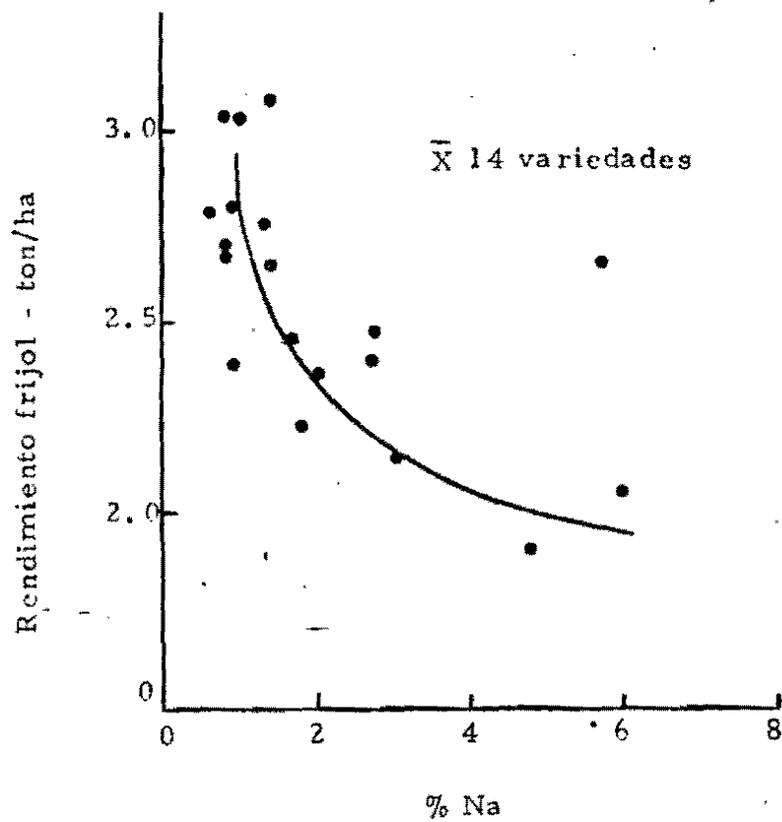


Figura 6. Efecto de la saturación de sodio intercambiable en los rendimientos de frijol en un suelo del CIAT, Palmira.

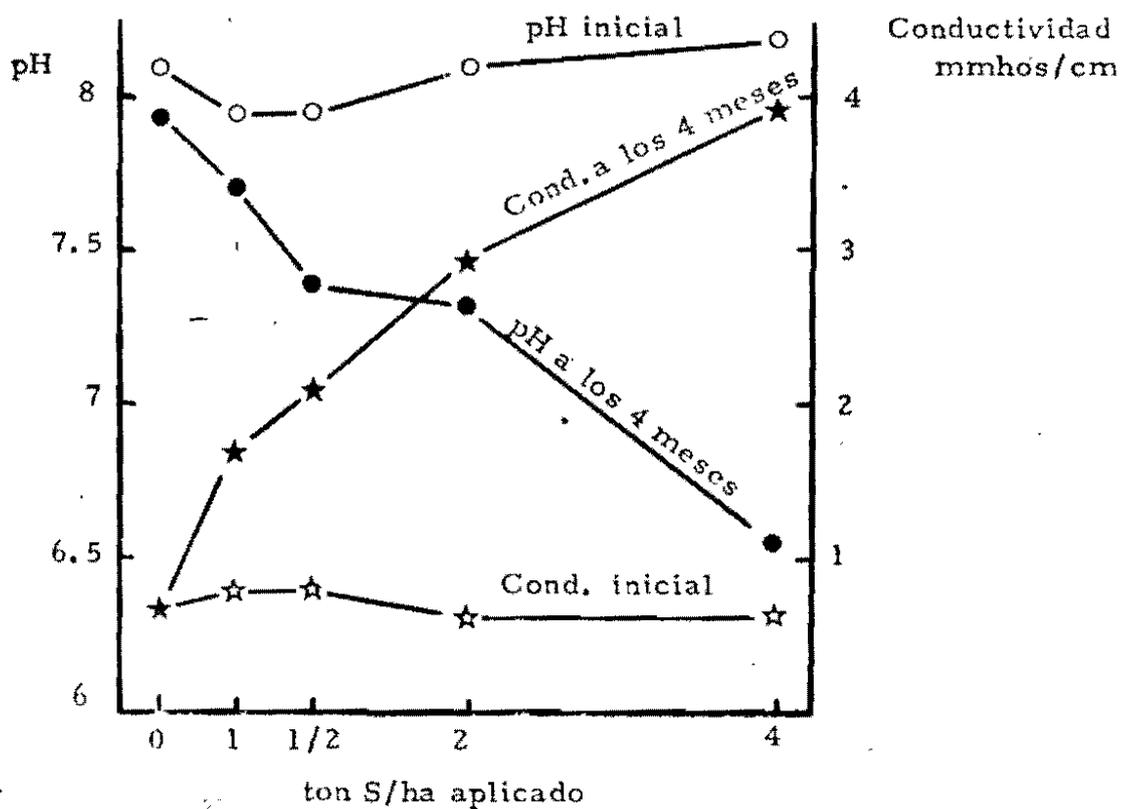


Figura 7. Efecto de las adiciones de azufre a un suelo del CIAT, Palmira sobre el pH y la conductividad eléctrica del extracto de saturación.

ENFERMEDADES VIRALES DEL FRIJOL Y SU CONTROL

Guillermo E. Gálvez-E.

1. VIRUS DEL FRIJOL TRANSMITIDOS POR AFIDOS

1.1 Mosaico Común del Fríjol (Bean Common Mosaic Virus, BCMV)

Distribución geográfica e importancia económica

El Mosaico Común del fríjol, causado por el virus BCMV, se registra en cualquier sitio donde se cultive fríjol. Es la enfermedad más importante y de mayor frecuencia en los cultivos de fríjol. Iwanowski lo registró por primera vez en Rusia en 1894. Durante 1916 y 1917 el virus causó pérdidas considerables en el Estado de New York según Stewart and Reddick. En 1925 Rands and Bortherton ensayaron varios cientos de variedades colectadas en varios países del mundo para estudiar resistencia a varias enfermedades. Observó síntomas de mosaico en plántulas provenientes de semillas de Argentina, Zayre, Brasil, Chile, Colombia, Checoslovaquia, Ecuador, Inglaterra, Francia, Alemania, Guatemala, Honduras, Italia, Japón, Java, México, Holanda, Perú, Rusia, Uruguay, y Venezuela.

Dependiendo de las variedades cultivadas, las pérdidas causadas por el BCMV son desde un 10% hasta un 90% según estudios efectuados en Estados Unidos y en CIAT. El porcentaje de infección también varía de un 15 a un 100% según la variedad, y dependiendo de la edad cuando la planta es afectada por el virus. Estudios efectuados en Perú confirman estos resultados.

Sintomatología

El BCMV muy rara vez mata la planta, e infecciones suaves no producen síntomas conspicuos. Como la mayoría de las enfermedades virales, enanifica la planta, y, causa moteado, y, mal-formaciones en las hojas. Los síntomas difieren de acuerdo a la variedad, a la edad de la planta, la cepa o variante del virus, y, las condiciones climáticas bajo las cuales crece el frijol. Cuando la infección proviene de la semilla, las hojas primarias, la una o ambas, puede mostrar un suave moteado, algo curvadas, y, de menor tamaño. Las hojas trifoliadas tienen una forma irregular, con áreas verdes y amarillo claras de varios tamaños, acompañadas del moteado característico de los mosaicos, que en algunas ocasiones puede ser la única evidencia de la enfermedad. Además del moteado, puede observarse considerable arrugamiento, malformación, y otras alteraciones en la forma de las hojas. Las hojas infectadas pueden ser más angostas y más largas que las normales, con encrespamiento en copa hacia abajo causado por el crecimiento desigual del tejido. Los síntomas de mosaico no pueden reconocerse en los tallos o semillas.

Las vainas en plantas severamente infectadas son usualmente de menor tamaño y contienen más pocos óvulos que los producidos por plantas normales. Usualmente están cubiertas de pequeñas manchas verde oscuro y a menudo son de tardía maduración, y al cosecharlas presentan semillas pequeñas y arrugadas. Las temperaturas altas (15 - 25°C) favorecen la expresión de los

síntomas, y, bajas temperaturas tienden a enmascararlos (10 - 15°C).

Las plantas de algunas variedades al ser infectadas en el campo presentan algunas veces manchas necróticas en forma de tela de araña en las hojas inferiores. Probablemente estas lesiones corresponden al sitio de introducción del virus por su vector.

Existe una variante o cepa del virus que provocan marchitamiento de todas las hojas, y finalmente muerte de la planta. Estos síntomas están acompañados por necrosis vascular de las raíces, tallo, hojas, y vainas. Un rayado aparece frecuentemente a lo largo de las suturas dorsal y ventral de las vainas. Esta necrosis sistémica se conoce como "raíz negra" o "black-root", e inicialmente se pensó que era causado por un virus diferente al BCMV. Sus síntomas también pueden confundirse con aquellos producidos por organismos causantes de pudriciones radicales. Las variedades con resistencia provenientes de la variedad Corbett Refugee o sus derivados producen estos síntomas.

Etiología

El virus causante del BCMV es una partícula alargada, flexible, de 750 nm de largo por 15 nm de diámetro. Tiene un punto termal de inactivación de 56 - 58°, punto final de dilución de 1: 1000, y, longevidad in vitro de 28 hr at 18°C.

El virus consiste de varias cepas o variantes que según Drijfhout corresponden a 8: NL1, NL2, NL3, NL4, NL5, NL6, NL7, y NL8, determi-

nadas su patogenicidad en un juego de 11 variedades diferenciales.

Transmisión

1. Mecánica: La naturaleza infecciosa de la enfermedad fue demostrada por primera vez por Reddick y Stewart en 1918, quienes obtuvieron infección por frotación del haz de hojas jóvenes con zumo extraído de plantas con mosaico. El virus es sistémico en plantas susceptibles, y, por lo tanto, las hojas más nuevas muestran síntomas más severos que las anteriores. Bajo condiciones altas de temperaturas, plantas con el gene de resistencia dominante desarrollan necrosis, o sea "raíz-negra", no así las variedades susceptibles.
2. Vectores: El virus del BCMV es transmitido por varias especies de áfidos, de una planta enferma a una planta sana dentro de una plantación frijolera. Los principales pulgones vectores son Myzus persicae Sulz. y Aphis fabae Scol. En un campo de frijol en CIAT con una infección a través de la semilla de un 15%, todo el campo fue completamente afectado debido a una alta infestación de M. persicae en el término de 15 días. Además de estas dos especies, existen como otras 13 especies de áfidos transmisores del virus.
3. Semilla: Reddick y Stewart en 1919 demostraron la naturaleza de transmisión por la semilla del virus del frijol, y notaron considerable variabilidad en el porcentaje de transmisión del virus en la semilla de diferentes plantas afectadas por el mosaico. El porcentaje de trans-

misión depende de la variedad, y, se han registrado diferencias desde un 15% hasta un 95%. Se ha observado que el virus puede sobrevivir en la semilla por lo menos 30 años.

La transmisión por semilla constituye la fuente primaria de inóculo, y, por lo tanto, se debe tener muy en cuenta en las medidas de control a usarse. Así mismo es el medio mejor de diseminación del virus de un lugar a otro, y, quizá por ello es que BCMV está diseminado por todo el mundo.

4. Polen: Se ha probado que el polen puede ser un medio de transmisión. Se encontró el virus en los óvulos y en los granos de polen en cruces entre plantas infectadas de Refugee y sanas de Early Prolific.

Hospedantes

Han sido poco estudiados; en general se limita a especies de Phaseolus como Ph. lunatus, P. acutifolius, P. culcaratus, P. lathyroides. Sin embargo, otros autores aseveran que el único hospedante es P. vulgaris. Meiners encontró que la maleza Rhynchosia minima es un buen portador del virus.

Control

Siendo los programas de certificación de semillas deficientes o no existen en los países en desarrollo, uno de los principales medios de control es el uso de semilla libre del virus. Como el porcentaje del virus que se transmite por semilla no siempre es del 100%, se seleccionan plantas sanas

en casas de malla, y su semilla se multiplica controlando al máximo los áfidos principalmente hasta la formación de las vainas. En zonas donde las poblaciones de áfidos son bajas se puede hasta erradicar la enfermedad por uso de semilla "limpia".

El método más económico y mejor, es el uso de variedades resistentes. Existen varias fuentes de resistencia, algunas con el gene dominante que bajo condiciones de temperaturas debajo de los 28°C ofrece buena resistencia, y, que por encima de ella causa hipersensibilidad como Porrillo Sintético, ICA-Tuñ, Jamapa, Top crop, Alabama 1, etc. Hay otras fuentes de resistencia con genes recesivos, como Great Northern U.I. No. 1 Robust. El uso de variedades resistentes combinado con un buen programa de certificación de semillas, estabilizará la baja producción actual, y, aún incrementará en por lo menos un 50% los rendimientos actuales.

1.2 Mosaico Amarillo (BYMV)

Distribución geográfica e importancia económica

Su ocurrencia en los trópicos no es tan frecuente como la del Mosaico Común. Se encuentra más limitado a zonas templadas en Brasil, Argentina, y Chile. Como no es transmitido por semilla su diseminación no es muy grande, y se encuentra especialmente correlacionado con la presencia de Melilotus alba Desr., Trifolium pratense, T. incarnatum, Gladiolus sp., Glycine max., y Arachis hypogea L.

Aunque en Chile ocasiona pérdidas económicas de importancia en algunos años, en general, no tiene la importancia del Mosaico Común.

Sintomatología

El frijol afectado por BYMV se reduce en tamaño, y muestra un mosaico más severo que en el caso del Mosaico Común, y es más amarillo. Sin embargo, este amarillo es opaco comparado con el amarillo brillante causado por el Mosaico Dorado que se describirá posteriormente. Algunas razas de BYMV causan epinastia y muerte de las plantas.

Etiología

El Mosaico Amarillo es causado por un virus cuya partícula es alargada, flexible, de 7.50 nm de largo x 15 nm de diámetro idéntico morfológicamente a lo del BCMV. Los dos virus también están relacionados serológicamente e inmunológicamente en la planta. Se distingue del BCMV, por no ser transmitido a través de la semilla del frijol.

Transmisión

En la naturaleza se lleva a cabo por áfidos, especialmente Aphis fabae y Myzus persicae. Experimentalmente se transmite mecánicamente

Hospedantes

Tiene muchos hospedantes como gladiolos, tréboles, soya, maní, y muchas malezas leguminosas.

Control

Por medio de variedades resistentes.

2. VIRUS DEL FRIJOL TRANSMITIDOS POR MOSCAS BLANCAS

Distribución geográfica e importancia económica

Existen por lo menos 5 virus transmitidos por las moscas blancas que afectan el frijol en condiciones de campo.

Su distribución geográfica se presenta en el Cuadro 1. Su presencia está conmitada a la presencia del insecto vector, el cual no se encuentra a alturas mayores de los 1500 m de altura sobre el nivel del mar, y, a temperaturas por debajo de los 20°C.

De estas enfermedades virales, hasta el presente, solo el Mosaico Dorado del Frijol (BGMV) tiene importancia económica, siendo el mayor factor limitante de la producción en las áreas donde se presenta. Zonas tradicionalmente frijoleras en Guatemala y Brasil han debido ser dedicadas a otros cultivos debidos al BGMV. Ensayos en Centro América, Jamaica, y Brasil indican pérdidas frecuentes de 100% cuando las plantas son afectadas en los primeros 15 días de edad, disminuyéndose estas pérdidas a un 25% al ser atacadas 30 después de la siembra. El período vegetativo de las plantas se prolonga excesivamente. De 8000 colecciones de P. vulgaris ensayadas, ninguna ha mostrado una alta resistencia Pocas variedades son tolerantes.

BGMV se ha registrado en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Colombia, Venezuela, y Brazil, así como en todas las islas del Caribe donde se cultivan frijoles como Puerto Rico, República Dominicana, Haití, y Jamaica.

Las otras cuatro enfermedades:

- 1) Virus del Mosaico del Abutilón (AMV), conocido también como Clorosis Infecciosa de las Malváceas (ICV), o Virus del Mosaico de la Sida (SMV);

- 2) Virus del Mosaico de las Euphorbiaceas (EMV);
- 3) Virus del Mosaico de Jatiopha (JMV); y,
- 4) Virus del Mosaico de Rhinchasia (RMV), se encuentran esporádicamente en cultivos de fríjol sin causar pérdidas económicas de importancia. Excepcionalmente AMV, conocido en frijoles como Moteado Clorótico o Enanismo Moteado, presenta fuertes ataques particularmente cuando hay cultivos vecinos de soya, donde este virus causa síntomas de Mosaico Dorado.

Sintomatología

Pueden dividirse en dos grupos por los síntomas que presentan en sus hospedantes.

- 1) Aquellos que presentan en las hojas aclaramiento o amarillamiento de las venas, un moteado de color amarillo o arrugamiento y enrollamiento de las hojas resultante de desarrollo desuniforme de las áreas normales y las afectadas con mosaico. Los síntomas de mosaico son del tipo clorótico o más frecuentemente del tipo amarillo o dorado, y
- 2) Aquellos del tipo enrollamiento en los cuales los síntomas de mosaico no son evidentes y las plantas muestran enanismo, hojas con amarillamiento difuso, arrugamiento o adelgazamiento de venas y enaciones en las hojas.

En fríjol se pueden observar tres tipos de sintomatología:

2.1 Virus del Mosaico Dorado del fríjol (BGMV)

Es el más importante y el único que no ha sido relacionado con malezas distintas de leguminosas. Plantas infectadas se distinguen muy fácilmente de

las sanas por el fuerte amarillo dorado de las hojas. Los primeros síntomas consisten de un enrollamiento hacia el envés de las hojas, las que presentan luego síntomas del Mosaico Dorado. Estos pueden ser predominantemente sobre las venas o involucrar grandes áreas del parenquima de las hojas.

En la mayoría de las variedades hay poca reducción en tamaño de las hojas y de la planta. Las vainas presentan manchas de Mosaico Amarillo.

2.2 Virus del Moteado Clorótico o Enanismo Moteado del Fríjol (AMV)

El virus causal puede ser el virus del Mosaico del Abutilón (AMV), que afecta malváceas especialmente Sida spp., o el Virus del Mosaico de Rhinchosia (RMV). Las plantas afectadas presentan reducción del crecimiento y tienden a formar rosetas. En las hojas jóvenes se presentan manchas cloróticas, y, en las tardías se presentan manchas amarillas acompañadas de enrollamiento. En ataques tempranos las plantas se enanifican severamente, y, adquieren aspecto de escoba de bruja.

2.3 Virus del Arrugamiento de la Hoja del fríjol (EMV)

En general se presentan lesiones locales necróticas. La infección sistémica raramente se desarrolla y cuando ocurre, toma la forma de lesiones necróticas y algunas veces cloróticas diseminadas en las hojas trifoliadas. Se presenta arrugamiento y enrollamiento de las hojas observándose finalmente desarrollo axilar anormal y enanismo.

Transmisión

1. Semilla: Todos los ensayos llevados a cabo en Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Jamaica, Brasil y Colombia han dado resultados negativos.
2. Mecánica: Los virus del BGMV y RMV se transmiten por medios mecánicos, de frijol a frijol, de frijol lima a frijol, o viceversa, y de *Rhinchosia* a frijol con relativa facilidad. AMV se transmite mecánicamente de Malva o Sida o Malva parviflora. La transmisión a frijol es errática y difícil.

El virus del EMV puede ser fácilmente transmitido mecánicamente a Datura stramonium de Auphorbia o Datura. Sin embargo, plantas de frijol no han podido ser infectadas por medios mecánicos.

3. Vectores: El vector de todas estas enfermedades es la Mosca Blanca Bemisia tabaci Genn. En Puerto Rico, han comprobado la existencia de biotipos de Bemisia, que las distinguen como B. tabaci (Sida), y B. tabaci (Jatropha), siendo la que se multiplica en Sida el vector más activo. El vector no sólo se multiplica en grandes cantidades en estas malezas sino también en Rhinchasia sp., y, en cultivos comerciales de tomate, algodón, tabaco, y soya. Estas enfermedades, por lo tanto, son diseminadas en naturaleza por medio de las moscas blancas.

En general, se han encontrado las siguientes relaciones de transmisión:

1. Los virus transmitidos por moscas blancas no son adquiridos tan rápidamente como en el caso de los virus transmitidos por áfidos.

2. La eficiencia de B. tabaci como vector se incrementa con períodos de alimentación superiores a varias horas sobre la fuente del virus.

3. En la mayoría de los casos hay un período de incubación definido pero relativamente corto.

4. Todos estos virus son retenidos en su insecto vector por períodos un poco mayores a 20 días.

Etiología

Se ha encontrado recientemente en Colombia, Brasil, Puerto Rico, y Estados Unidos, que este virus consiste de partículas icosaédricas dimeras o siamesas, las cuales al separarse pierden su capacidad infectiva, En el Cuadro 2 se presentan las principales propiedades de estos virus, y, de las relaciones virus-vector.

Control

Para el virus de mayor importancia económica, el BGMV, no se han encontrado hasta ahora fuentes de resistencia adecuadas. Algunas colecciones de frijol muestran tolerancia, que se espera sea gobernada por diferentes genes como el fin de poder transferir e incrementar esta tolerancia en variedades comerciales.

En cuanto a los otros dos virus se han hallado fuentes de resistencia, que se espera pasar fácilmente en caso de que estas enfermedades se tornen de importancia económica.

Pruebas serológicas han indicado que el virus causante de los mosaicos dorados del frijol en Centro América, Puerto Rico, Brasil, y, Colombia es el mismo. No se descarta la posibilidad de la existencia de cepas diferentes del virus.

El uso de insecticidas para controlar las moscas blancas reduce la transmisión dentro del cultivo, pero no contrarrestan adecuadamente las enfermedades virales.

La siembra de frijol lejos de P. lunatus, y Macrotylum lathynides ayuda a disminuir la infección de BGMV debido a que son los hospedantes más susceptibles, así como la destrucción de otras leguminosas susceptibles. Por otra parte, en regiones donde se efectúan cultivos sucesivos de frijol deben evitarse las plantas voluntarias de frijol de la cosecha previa por ser ellas la principal fuente primaria de inóculo.

La alta incidencia de BGMV está correlacionada con altas poblaciones del vector, y, por lo tanto, el evitar cultivos vecinos donde crecen y se multiplican numerosas las moscas-blancas como soya, tomate, tabaco, y algodón ayuda a contrarrestar la enfermedad. Así mismo estudios ecológicos del vector ayudarán a planificar las siembras de frijol para disminuir la incidencia del Mosaico Dorado del frijol.

Cuadro 1. Localización de virus transmitido por Moscas Blancas en América Latina

PAIS	VIRUS						
	BGMV	ICV	EMV	JMV	SMV	AMV	RMV
Sur América							
Argetina							
Chile							
Perú							
Brasil	+	+	+		+	+	-
Venezuela	+	+					
Colombia	+	+	+		+	+	+
Centro América							
Costa Rica	+	+	+				
Nicaragua	-	+					
El Salvador	+	+			+		
Guatemala	+	+					
Caribe							
Puerto Rico	+	+	+	+	-	+	+
Jamaica	+			+			
República Dominicana	+						
Norte América							
México	+						

BGMV: Virus del Mosaico Dorado

ICV: Virus de la clorosis infecciosa de las Malváceas (sinónimo de AMV)

EMV: Virus del Moteado Clorótico del fríjol (Mottled dwarf)

JMV: Virus del Mosaico del Abutilón

SMV: Virus del Mosaico de Sida (sinónimo de AMV)

AMV: Virus del Mosaico de las Euphorbiaceas

RMV: Virus del Mosaico de Jathropa

RMV: Virus del Mosaico de Rhinchosia.

Cuadro 2. Propiedades y nombre común de los tres virus reconocidos en fríjol

NOMBRE		Longevidad "in vitro"	PFD	PTM	Transmisión mecánica	Forma partícula	Tamaño partícula
Común <u>1/</u>	En Fríjol <u>2/</u>						
BGMV	BGMV	48 hs	10 ⁻¹	55°C	+	Gemela	30-40 nm
EMV	BCV	48 hs	10 ⁻³	55-60°C	+	Gemela	24-26 nm
AMV	BDV	48 hs	5-5	55°C	+	Gemela	24-26 nm

Según Costa:

1/ Mosaico amarillo-dorado de *P. lunatus*

Mosaico de Euphorbia

Mosaico del Abutilón

2/ Mosaico Dorado del fríjol

Arrugamiento del fríjol

Enanismo del fríjol

VIRUS DEL FRIJOL TRANSMITIDOS POR INSECTOS CRISOMELIDOS

Existe un grupo de enfermedades virales del frijol cuyos síntomas característicos son: mosaicos frecuentemente asociados o malformaciones y rugosidades de las hojas, o moteados verdes o amarillos. Se transmiten en forma mecánica con facilidad, son muy estables, y altamente antigénicos. Sus vectores conocidos más importantes son todos escarabajos pertenecientes a la subfamilia Galerucinae de la familia Chrysomelidae.

3.1. Mosaico Rugoso, Moteado de las Vainas, y Mosaico Ampollado

Distribución geográfica e importancia económica

Existe poca información sobre la distribución e importancia económica del mosaico rugoso. La enfermedad fue observada por primera vez en Turrialba, Costa Rica en el período de 1964 a 1968, habiendo sido posteriormente descrita en Guatemala, El Salvador y Colombia. El moteado de las vainas es causado por un virus al cual el del mosaico rugoso es serológicamente relacionado. El ampollado del frijol descrito en El Salvador es causado por un virus perteneciente al mismo grupo del Mosaico Rugoso.

Sintomatología

Tres tipos diferentes de reacción al virus del Moteado de las vainas y al virus del mosaico rugoso se han observado en frijol: infección sistémica, lesiones locales e inmunidad.

La severidad de los síntomas de infección sistémica varía con la raza del virus y la variedad. En general las plantas infectadas con el virus del mosaico rugoso muestran un mosaico severo de tonos verdes, abultamientos y

deformaciones en las hojas en forma de rugosidades o ampollados. Las vainas de las plantas infectadas muestran diversos grados de malformación y moteado, aunque en algunas variedades este síntoma no es evidente. Las plantas infectadas por el virus del moteado de las vainas muestran moteado y malformación de las hojas, y necrosis de éstas en algunas variedades, pero no así corrugaciones o ampollados. Los síntomas son más severos en las vainas, que muestran moteado intenso, malformaciones, y frecuentemente adquieren una tonalidad verde más intensa de lo normal.

Las lesiones locales producidas por ambos virus son similares. En hojas cotiledonales aparecen 3 a 4 días después de la inoculación, son café claro a oscuro, necróticas y de aproximadamente 2 mm de diámetro. El tamaño varía ligeramente dependiendo de la variedad, edad de la planta, y número de lesiones por hoja.

Etiología

Los virus del Mosaico Rugoso, del Moteado de las Vainas, y el Ampollado, pertenecen al grupo del virus del fríjol de costa ("cowpea mosaic virus"), o grupo de los comovirus".

Las partículas del virus del Mosaico Rugoso, del Moteado de las Vainas y Ampollado son polihédricas, de aproximadamente 28 nm de diámetro.

El punto de inactivación termal del virus del Moteado de las vainas es de 70° a 75°, y para el Mosaico Rugoso 65° a 70°, a exposiciones de 10 minutos

Ambos virus poseen un punto final de dilución de 1:10.000 a

1: 100.000.

El virus del Mosaico Rugoso permanece infectivo en extractos crudos 48 pero no 96 hr. a 22°C y el del Moteado de las Vainas resiste 60 días a 18°C.

Cepas o Variantes, y Relaciones con otros Virus

Los comovirus constituyen el grupo más numeroso de virus transmitidos por crisoméidos en leguminosas tales como fríjol, soya y fríjol de costa. En realidad este grupo está constituido por muchos virus, o razas o cepas serológicamente relacionados. Las relaciones serológicas, al igual que las reacciones de las plantas de prueba han sido utilizadas para distinguir y separar tales razas o virus. No obstante, los términos "aislamiento", "virus", "raza o cepa", se han empleado en la literatura con mucha flexibilidad y tales términos no denotan grados de diferencia o similitud entre los virus de este grupo.

Estas razas difieren igualmente entre sí en severidad de síntomas y rango de plantas hospedantes.

Hospedantes

El rango de hospedantes del virus del Moteado de las Vainas está restringido a las leguminosas, específicamente al fríjol común, al fríjol Lima (P. lunatus L.) y a la soya, no encontrándose otras especies susceptibles en 25 probadas pertenecientes a 20 géneros en 9 familias diferentes. El virus del Mosaico Rugoso produce infección sistémica en especies de P. vulgaris, P. acutifolius, P. lathyroides, P. lunatus, Vicia faba, Trifolium incarnatum,

Glycine max, Cicer arietinum y Pisum sativum. Otras 10 especies de leguminosas, pertenecientes a 5 géneros diferentes fueron halladas resistentes. Fuera de las leguminosas únicamente Chenopodium amaranticolor reaccionó con lesiones locales, no observándose ninguna reacción en 11 especies pertenecientes a 10 géneros diferentes. El rango de hospedantes de las razas leve y sev. a de este virus es similar, excepto que estas dos razas infectan varias especies de Vigna, incluyendo V. sinensis.

Transmisión

Transmisión natural

La diseminación natural de los virus del Mosaico Rugoso, Moteado de las Vainas, y el Ampollado, no parece ocurrir por las semillas provenientes de plantas infectadas, siendo efectuada por escarabajos. Las más importantes especies de insectos vectores, y las más ampliamente diseminadas en las regiones tropicales pertenecen a la subfamilia Galerucinae de la familia Chrysomelidae. El virus del Mosaico Rugoso y Ampollado es transmitido por Cerotoma ruficornis, Diabrotica balteata y D. adelpha. El virus del Moteado de las Vainas lo transmiten Cerotoma trifurcata, D. balteata, D. undecimpunctata, Epilachna varivestis, Colapsis flavida, C. lata y Epicanta vittata.

Ambos virus pueden ser adquiridos por sus vectores durante períodos de alimentación de 24 horas o menos. Con muchas de las asociaciones virus-vector, un porcentaje elevado de los insectos transmite por períodos hasta de dos días. En el caso del virus del Mosaico Rugoso del frijol,

C. ruficornis puede transmitir el virus hasta por 7 a 9 días, pero D. balteata y D. adepha lo hacen sólo por 1 a 3 días.

Transmisión experimental

Los comovirus pueden transmitirse en forma mecánica con facilidad, no requiriéndose de ningún tipo particular de procedimiento para realizar tal modo de transmisión.

Control

No existe ninguna información sobre la epifitología del Mosaico Rugoso o del Moteado de las Vainas en fríjol. Al no existir transmisión por la semilla debe postularse la existencia de hospedantes silvestres del virus, de los cuales los insectos lo adquieren introduciéndolo a las plantaciones. La identidad de tales plantas al igual que las condiciones ecológicas que determinan la epifitía requieren ser investigadas. Tanto para el moteado de las vainas como para el virus del Mosaico Rugoso y Ampollado se ha probado el comportamiento de numerosas variedades comerciales de fríjol, existiendo entre ellas un gran número con reacción local o de inmunidad. Si estos virus llegaran a convertirse en un factor limitante en la producción de fríjol, la incorporación de resistencia a infección sistémica a variedades comerciales susceptibles no sería un problema difícil de resolver por existir materiales resistentes de tipo comercial adecuado que podrían utilizarse como material progenitor en un programa de mejoramiento. La herencia de la reacción es monogénica y gobernada por tres alelos. El primero es dominante sobre los otros dos y confiere inmunidad al virus; el segundo es dominante sobre el

tercero y confiere hipersensibilidad; el tercero determina susceptibilidad a infección sistémica del virus.

3.2 Mosaico Sureño y Mosaico en Diseño

Distribución geográfica e importancia económica

La enfermedad fue originalmente descrita en el estado de Louisiana, en los Estados Unidos, y desde entonces ha sido observada en diversos estados del sur y el oeste de ese país. En América Latina se ha observado en México, Colombia, Costa Rica y Brasil. En Costa Rica se han descrito reducciones en la producción de 83 a 94% en variedades susceptibles bajo condiciones experimentales. En México, Colombia y Brasil su importancia ha sido considerada moderada. El Mosaico en diseño registrado en Brasil tiene características muy similares.

Sintomatología

El virus del Mosaico Sureño induce la aparición de tres tipos diferentes de síntomas en variedades de frijol: lesiones locales; mosaico o moteado sistémico; y necrosis sistémica. La severidad y tipo de síntomas varía de acuerdo a la variedad, condiciones climáticas y raza del virus.

La aparición de las lesiones locales necróticas ocurre 2 a 3 días después de la inoculación. Son de color café rojizo oscuro, y de a 1-3 mm de diámetro. Su tamaño puede variar de acuerdo a la variedad, edad de la hoja y número de lesiones por hoja.

Los síntomas de infección sistémica no son muy particulares o diferentes de los inducidos por los virus del Mosaico Rugoso o el Mosaico Común del frijol. Los primeros síntomas de infección sistémica consisten en un moteado leve, que aumen-

ta a su mayor severidad hacia la época de floración. Es frecuente la aparición de bandas verdes a lo largo de las venas, de corrugaciones y malformaciones. La reducción del tamaño de la planta y malformaciones severas son comunes en algunas variedades muy susceptibles, o con algunas razas del virus.

Los síntomas en las vainas son usualmente severos. Estas se distorsionan y adquieren coloraciones verde oscuro o moteados, reduciéndose notoriamente su producción.

Etiología

La denominación de "virus del Mosaico Sureño" se origina del hecho de haber sido aislado por primera vez en materiales de frijol del sur de los Estados Unidos. Distingue un grupo de virus o razas serológicamente relacionadas. El Mosaico severo del frijol descrito en México es causado por una raza de este virus.

El virus del Mosaico Sureño posee partículas isométricas de 25-26 nm de diámetro

El punto de inactivación termal se encuentra entre 90 y 95°C.

El virus soporta diluciones de 1:500.000 hasta 1:4.000.000, de acuerdo a la raza del virus y la planta se prueba utilizada.

A una temperatura de 18°C el virus permanece infectivo 32 semanas, y 11 semanas a una temperatura ambiental de laboratorio no definida.

Cepas o variantes, y relaciones con otros virus

El grupo de virus del Mosaico Sureño comprende la raza tipo descrita

originalmente en el sur de los Estados Unidos, la raza severa de México y la raza de fríjol de costa. Una nueva de fríjol de costa fue descrita recientemente en Ghana. Estas cepas difieren en algunas características como rango y reacción de hospedantes, grado de relación serológica y movilidad electroforética.

Hospedantes

El virus del Mosaico Sureño posee un rango de hospedantes más limitado que el Mosaico Común o Rugoso del fríjol. Únicamente un número de variedades de fríjol común son susceptibles y además algunas variedades de fríjol Lima, P. acutifolius, P. coccineus, Trifolium alexandrinum, Cyamopsis sp., Melilotus indica, soya y fríjol de costa. La raza del virus de esta última especie no infecta fríjol. Ninguna especie fuera de la familia de las leguminosas es susceptible, habiéndose probado más de 20 géneros y 9 familias de plantas. La raza del virus de Ghana infecta fríjol común y fríjol de costa.;

Transmisión

Transmisión natural:

A diferencia de los comovirus de fríjol, el Mosaico Sureño es transmitido en la semilla, y específicamente en la cubierta. La raza de fríjol de costa también es transmitida en esta forma. La diseminación natural ocurre aparentemente por medio de insectos crisomélidos. Las especies de coleópteros Cerotoma trifurcata y Epilachna varivestis han sido descritas como vectoras en los Estados Unidos. En estudios preliminares, la especie Diabrotica adelpha fue señalada como transmisora en Costa Rica. Los insectos pueden adquirir el virus después de alimentarse en plantas infectadas por períodos de 24 horas o menos y pueden retenerlo y

transmitirlo hasta por 19 días en el caso de C. trifurcata, aunque el porcentaje de insectos transmisores decrece después del segundo día.

Transmisión experimental

Los virus del grupo del Mosaico Sureño se transmiten en forma mecánica con facilidad, lo cual es debido probablemente entre otras cosas a su estabilidad y la alta concentración que alcanzan en plantas infectadas.

Control

Aunque la mayoría de las variedades de fríjol no son inmunes a una u otra de las razas del virus, las que reaccionan con lesiones locales pueden ser consideradas comercialmente resistentes.

El uso de insecticidas u otros medios para el control de los coleópteros y la diseminación del virus en el campo, podría ser una medida efectiva, aunque hasta el momento tal práctica no ha sido experimentalmente probada.

La utilización de semilla sana sería además una medida de control adecuada.

3.3 Moteado Amarillo

Distribución geográfica e importancia económica

El virus del Moteado Amarillo o "yellow stipple" del fríjol fue aislado por primera vez en Illinois, U.S.A. en 1948. También ha sido descrito en Costa Rica, Colombia, y hallado en otros países de latitudes tropicales. No existe la evidencia que el virus del Moteado Amarillo cause reducciones importantes en la producción de fríjol.

Sintomatología

Unicamente un tipo de reacción ha sido observado en todas las variedades

de fríjol inoculadas con el virus. Esta reacción de infección sistémica consiste en la aparición de un Moteado Amarillo, siendo estos síntomas más leves que los inducidos por los virus del Mosaico Rugoso, Mosaico Sureño, Moteado de las Vainas y Mosaico Común del fríjol. Al inicio las plantas infectadas muestran un moteado sumamente leve, apareciendo posteriormente manchas pequeñas amarillas en las hojas trifoliadas. Estas manchas pueden coalescer y formar manchas o áreas amarillas de bordes definidos y forma irregular. Las manchas disminuyen en intensidad y número en las hojas formadas al acercarse la floración. Se han observado ligeras variaciones en la severidad de los síntomas de acuerdo a la variedad, época de infección y condiciones climáticas. Algunas variedades muestran leves reducciones en el crecimiento. En general las plantas infectadas no muestran deformaciones, rugosidades o mosaicos asociados a otros virus del fríjol.

Etiología

La denominación del virus como Moteado Amarillo, se ha empleado como sinónimo de "yellow stipple" por coincidir las descripciones de sintomatología, rango de hospedantes y propiedades en savia de ambos virus.

Típico de los bromovirus, el virus del Moteado Amarillo posee partículas isométricas de 26-30 nm de diámetro.

El virus soporta temperaturas hasta de 74°C pero no 76°C por 10 minutos.

Diluciones de 1:1000, a 1:50.000 son todavía infecciosas, no así de 1:75.000. A 18°C el virus permaneció infectivo 5 días, y un día a 20°C.

Cepas o variantes, y relaciones con otros virus

El grupo virus del Moteado Amarillo del frijol de costa reúne dentro de los bromovirus un grupo de virus serológicamente relacionados, y análogos a otros grupos de virus transmitidos por insectos coleópteros. Las cepas o razas conocidas incluyen a la raza tipo de frijol de costa y una raza de Arkansas, y al Moteado Amarillo del frijol.

Hospedantes

Numerosas especies, pertenecientes a más de 20 géneros y 7 familias de plantas han sido probadas como hospedantes del virus. Únicamente especies pertenecientes a las leguminosas son susceptibles a infección sistémica. Las plantas halladas susceptibles incluyen más de 542 variedades de P. vulgaris y diversos cultivares de P. acutifolius, P. lunatus, P. calcaratus, P. ricardianus, P. aconitifolius, P. lathyroides, V. sinensis, V. sesquipetalis, V. hirta, G. max, G. javanica, y Cajanus indicus. En otros estudios Cyamopsis tetragonoloba, P. mungo, y Pisum sativum fueron también halladas susceptibles.

Transmisión

Transmisión natural

El virus del Moteado Amarillo del frijol no es transmitido por las semillas provenientes de plantas infectadas. La diseminación parece ocurrir por medio de insectos coleópteros principalmente. Las especies C. ruficornis, y D. balteata se han identificado como vectores de este virus en Centro América. La adquisición del virus por el vector puede ocurrir en un período de 24 horas o menos. De las dos especies, C. ruficornis puede retenerlo hasta por 3-6 días, pero D. balteata por 1-3 días.

Transmisión experimental

Los bromovirus son transmitidos mecánicamente con facilidad, al igual que los otros grupos de virus transmitidos por coleópteros.

Control

No existe información sobre métodos de control de este virus en el frijol común. Todas las variedades de frijol probadas experimentalmente han sido halladas susceptibles.

4. OTRAS ENFERMEDADES VIRALES DEL FRIJOL

Hay muchas otras enfermedades causadas por virus, que atacan al frijol en naturaleza, pero que no tiene hasta ahora importancia económica. Sin embargo, hay más de 50 virus que atacan al frijol bajo condiciones experimentales.

Hay varios disturbios del frijol, que presentan síntomas similares a aquellos causados por virus.

5. ENFERMEDADES NO VIRALES QUE CAUSAN SINTOMAS SIMILARES A LOS DEBIDOS A VIRUS

5.1 Enrollamiento de las hojas

En plantaciones de frijol donde existen altas poblaciones de la ciganita verde Empoasca spp., las plantas se enanifican y muestran las hojas enrolladas hacia abajo o arqueadas. En el caso de plantas de tipo trepador, las guías no se desarrollan normalmente. En ataques severos hay un amarillamiento de las áreas de las hojas próximas a los márgenes de las hojas, y luego se secan. Cuando hay amarillamiento, éstas áreas están limitadas por las nervaduras.

5.2 Bronceado y Mosaico debido al Ácaro Tropical o Blanco

Las hojas del fríjol infestadas por el casi microscópico ácaro blanco o tropical, Polyphagotarsonemus latus (Banks) Beer & Nuciflora, pierden su brillo verde normal y se tornan un tanto opacas; los márgenes de las hojas se tuercen hacia arriba, y, tienden a ser más rígidos que lo normal. Posteriormente se nota un amarillamiento de las hojas, y, especialmente un bronceado de las mismas particularmente en el envés. En las hojas nuevas, cuando ha habido ataques severos, se notan síntomas de mosaico, idénticos a los causados por virus.

5.3 Malaformación foliar causada por herbicidas hormonales

El fríjol es una planta muy sensible a los herbicidas del tipo hormonal como el 2,4, \bar{D} , 2,4,5-T, Tordon 101, etc. Estos herbicidas provocan en dosis mínimas, malaformación de las hojas, síntomas de pata de rana, que muchas veces se asemejan a los causados por ciertos virus.

También existen herbicidas de otros grupos no hormonales que pueden causar anomalías fácilmente confundibles con síntomas debidos a enfermedades virales.

Bibliografía Consultada

- Bird, J., and K. Maramorosch. 1975. Tropical Diseases of Legumes. Academic Press, Inc., N.Y. p. 171.
- Costa, A. A., 1965. Three Whitefly-transmitted virus diseases of beans in Sao Paulo, Brasil. FAO Plant Prot. Bull. 13: 3-12.
- Costa, A. S. 1971. Investigaciones sobre molestias del fríjol en el Brasil. En Anais do I Simposio Brasileiro de Feijao, Volumen II, p. 305-384.
- Costa, A.S. 1976. Whitefly transmitted plant diseases. Ann. Rev. Phytopathology 14: 429-449.
- Gómez, R. 1977. Enfermedades virales del fríjol transmitidas por Coleopteros. (en preparación).
- Zaumeyer, W. J. and H. R. Thomas. 1957. A Monographic study of bean diseases and methods for their control. USDA Tech. Bull. 868, pp. 255.

106788

PATOLOGIA DE SEMILLAS

Howard
H. F. Schwartz
G. E. Gálvez &
J. Illerrio

Muchos patógenos de la planta son llevados en o sobre la semilla y pueden perpetuar problemas específicos de enfermedades a menos que se hagan esfuerzos para "limpiar" o librar la semilla de ellos. Ejemplos de hongos que pueden nacer sobre la semilla incluyen Colletotrichum lindemuthianum, Isariopsis, Thanatephorus Fusarium, Diaporthe, Rhizoctonia, etc. Ejemplos de bacterias que nacen en la semilla incluyen Xanthomonas phaseoli y Pseudomonas phaseolicola. Ejemplos de virus que nacen en la semilla incluyen Mosaico Común y Mosaico Sureño.

Estos patógenos portados por la semilla pueden reducir la calidad de la semilla utilizada para sembrar cultivos subsecuentes, y reducen no sólo la germinación de la semilla y su emergencia sino que predisponen la planta a infección por otros patógenos. Estos patógenos de semilla también son transmitidos a la planta en crecimiento, constituyendo el inóculo primario, y pueden causar así una grave epifitía al ser dispersados a plantas adyacentes si las condiciones ambientales son favorables.

Las enfermedades portadas por la semilla pueden ser controladas por varios métodos que incluyen: (1) producción de semilla "limpia" (semilla libre de contaminación por organismos patogénicos, (2) productos químicos y/o (3) variedades resistentes.

La semilla "limpia" puede ser producida sembrando plantas en localidades geográficas donde los patógenos de la planta no están presentes o donde las condiciones ambientales no son favorables para una infección. La semilla limpia cosechada de estas localidades puede ser distribuída luego a agricultores en otras regiones para la producción de fríjol. La semilla limpia también puede ser obtenida no cosechando vainas que hacen contacto con la superficie del suelo y que, por lo tanto, pueden estar contaminadas de patógenos del suelo o vainas de plantas que están obviamente infectadas por un patógeno. Es importante cosechar la semilla tan pronto como está madura en el campo para reducir la contaminación de organismos saprofitocos que pueden reducir la calidad de la semilla.

Se pueden aplicar varios productos químicos a la semilla contaminada para destruir los patógenos de hongos o bacterias presentes en la parte exterior de la semilla. Varios productos químicos también protegen la semilla al tiempo de la germinación de infecciones causadas por patógenos del suelo. Algunos productos químicos tienen propiedades sistémicas y pueden penetrar la semilla y destruir contaminantes de hongos nacidos internamente. Sin embargo, se necesita más investigación antes de hacer recomendaciones para un control práctico. Las aplicaciones foliares de productos químicos pueden reducir la frecuencia de la contaminación de semilla en el campo. Por otra parte, ningún tratamiento químico ha controlado exitosamente las bacterias portadas internamente o los virus presentes internamente o externamente en la semilla del fríjol.

La manera más efectiva y económica de producir semilla limpia es utilizando variedades que son resistentes a la infección y/o colonización de semilla por

patógenos de la planta. Variedades resistentes se encuentran disponibles o están siendo desarrolladas por instituciones de investigación tales como CIAT. Sin embargo, algunas variedades pueden tolerar infección limitada, de modo que pueda ser obtenido control efectivo sólo al incluir tratamientos químicos y/o producción de semilla limpia.

6234

PATOLOGIA FRIJOL

H.F. Schwartz
Pablo Guzman

I. HONGOS FITOPATOGENOS

Roya de Frijol

Uromyces phaseoli var. típica Arth = Uromyces appendiculatus (Pers.) Unger es un patógeno muy importante que afecta los frijoles que crecen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Pueden desarrollarse epidemias si las condiciones ambientales son favorables para que el hongo infecte variedades susceptibles. Para el desarrollo del hongo y su infección en el hospedero temperaturas entre 17 y 20°C y una humedad relativa de al menos 95% durante ocho horas son las óptimas.

El hongo puede producir varias formas de esporas (pequeños cuerpos vegetativos o semillas) durante su crecimiento, pero la espora más frecuente producida en Sur América es la uredospora. Cuando una uredospora (inóculo) hace contacto con el haz o envés de una hoja de frijol (inoculación), puede comenzar a crecer por la producción de un tubo germinativo (germinación). Este tubo puede penetrar (infección) en la hoja a través de una abertura natural tal como una estoma, y el hongo comienza luego a ramificarse y desarrollarse extensamente a través del tejido de un huésped susceptible y causar daño. Si la planta infectada posee resistencia genética a la roya, el hongo no se desarrolla muy extensamente dentro del tejido ni daña seriamente la planta. Los primeros síntomas de infección generalmente aparecen en el envés de la hoja cinco días después de la inoculación y se hace evidente en forma de una pequeña mancha blanca llamada soros. El hongo continúa creciendo y después de 10-12 días de inoculación,

soros rompen la epidermis de la hoja y las miles de uredosporas café-rojizo contenidas allí son llevadas por el viento a las hojas o plantas para repetir el proceso.

El hongo causante de la roya es bastante variable debido a su habilidad para infectar variedades de frijol con bases genéticas las cuales tienen genes de resistencia diferentes. Las uredosporas producidas por un soro pueden infectar la variedad A pero no la B. La diferencia entre estos soros se llama raza fisiológica o raza especializada. Por ejemplo, las uredosporas de un primer soro pueden pertenecer a la raza 2; y la variedad A es susceptible a la raza 1 pero no a la 2, mientras que la variedad B es susceptible a la raza 2 pero no a la 1. Las variedades susceptibles o resistentes de varias combinaciones de variedades son utilizadas luego para clasificar las razas individuales de la roya. Un total de 35, 31 y 26 razas han sido identificadas en los Estados Unidos, Mexico y Brasil, respectivamente.

La infección de roya puede ser controlada por varios métodos. Algunos productos químicos pueden ser rociados en las hojas de las plantas para prevenir la germinación e infección de esporas. Sin embargo, muchos productos químicos son caros y deben ser aplicados una vez cada 7-10 días o más pronto si las lluvias arrastran el producto de las hojas. La remoción y destrucción de los residuos de la planta de frijol que fueron infectados durante el semestre anterior ayudarán a reducir el nivel de uredosporas presentes, las cuales pueden infectar la nueva planta de frijol. La rotación de cultivos también reducirá el nivel inicial de uredosporas presente en un campo en la siguiente etapa de siembra en Latinoamérica.

Un método final para el control es el desarrollo de variedades las cuales son resistentes al hongo. La resistencia de

plantas generalmente se divide en dos clases principales: específica y general. La resistencia específica se presenta cuando una variedad es resistente a algunas pero no a todas las razas. El carácter de esta resistencia es evidente cuando no ocurre ninguna infección o cuando se producen bajas cantidades de uredoesporas por pequeños soros. Se presenta resistencia general cuando una variedad es igualmente resistente a todas las razas. El carácter de esta resistencia generalmente es difícil de identificar ya que algunos soros de roya a menudo se desarrollan en la planta pero estos soros aparecen en menor cantidad o más tarde que en las variedades susceptibles.

El Programa de Frijol de CIAT está evaluando las variedades y materiales mejorados para observar su resistencia (específica y general) a infecciones naturales de roya producida y distribuida de los campos infectados del agricultor del Valle del Cauca. El material que es resistente en CIAT será enviado a otras partes del mundo para ser sembrado en viveros internacionales y ensayar su resistencia a diferentes poblaciones de roya. El material que es resistente a todas las poblaciones de roya será ofrecido a programas nacionales de mejoramiento, los cuales desean mejorar la resistencia de sus variedades locales.

Antracnosis del Frijol

El hongo Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. y Magn.) Scribner está distribuido a través de todo el mundo y puede causar gran daño en el frijol seco a menos que se utilicen varios métodos de control. La infección del patógeno se favorece por condiciones ambientales frescas (17-18C) y humedad (lluvia o humedad relativa de por lo menos 92%).

El hongo sobrevive entre las épocas de siembra en restos de plantas infectadas y semillas. La semilla infectada generalmente tiene canchales hundidos amarillos o cafés en la testa. Cuando germina esta semilla, el hongo también se desarrolla e infecta los cotiledones de las plantas jóvenes. Masas rosadas de conidias (esporas) se forman en esos canchales o lesiones y son diseminados por agua (rocío o lluvia) a otras partes de la planta u otras plantas.

La infección ocurre por penetración directa. El apresorio de la conidia al germinar ejerce una presión mecánica sobre la célula de la planta. Los síntomas de la infección incluyen lesiones oscuras, rojo ladrillo a morado, las cuales se vuelven más oscuras a negro y pueden aparecer en los cotiledones, hipocotilo, peciolo, envés de la hoja a lo largo de las venas o vainas. En la infección de la vaina (forma por la cual las semillas se infectan) inicialmente aparecen manchas pequeñas color herrumbre, las cuales luego se convierten en canchales.

Al igual que el hongo de roya, el de antracnosis es variable por su habilidad de infectar variedades de frijol con bases genéticas, las cuales poseen diferentes genes de resistencia. Investigadores han identificado muchas razas del hongo que existen dentro de unas pocas clases principales patogénicas.

La infección de antracnosis puede ser controlada por varios métodos. Algunos productos químicos pueden ser rociados en las partes de la planta para prevenir la germinación y la infección de las esporas. La rotación del cultivo, eliminación de los residuos de frijol infectados y el uso de semilla limpia reduce los niveles de inóculo presente dentro del campo y la infección subsiguiente. El hongo puede ser esparcido a través del campo por el cultivo cuando la lluvia o el rocío están presentes en el momento del arado.

Las variedades de plantas resistentes a infección por una o más razas del patógeno están disponibles. El Programa de Frijol del CIAT está evaluando la resistencia de las variedades y materiales mejorados a poblaciones naturales de antracnosis presentes en Popayán. El material que es resistente allá será seleccionado y enviado a otras partes del mundo para ser sembrado en viveros internacionales y ensayada su resistencia a diferentes poblaciones de antracnosis. Materiales mejorados estarán entonces disponibles a programas nacionales para mejoramiento de sus variedades locales.

Pudrición de Raíz en el Frijol

La pudrición de raíz en el frijol es causada a menudo por un complejo de patógenos del suelo en muchos países del mundo. Uno de los hongos más aislados es Fusarium solani (Mart.) Appel y Wr. F. phaseoli (Burk.) Snyder y Hansen. Este hongo y otras especies de Fusarium causan pudrición seca de raíz

Los síntomas incluyen una decoloración leve de la raíz principal y aparecen aproximadamente una semana después de la emergencia. Esta decoloración aumenta en intensidad y extensión y puede cubrir la raíz principal completamente. Este color rojo luego se vuelve marrón. Pueden presentarse fisuras longitudinales y grietas en la parte exterior de la raíz principal y extenderse sobre el nivel del suelo. La raíz principal y tallo inferior pueden ser infectados y volverse eventualmente medulosos (pudrición seca de raíz). El sistema de raíces laterales frecuentemente es destruido por el hongo, sin embargo, un grupo de raíces fibrosas puede desarrollarse encima de la lesión. Estas raíces secundarias mantienen a menudo la planta viva para que produzca bajo rendimiento bajo condiciones ambientales favora-

Estas plantas pueden atrofiarse y sus hojas amarillarse e incluso morir si el ambiente es cálido y seco.

La infección de la planta generalmente ocurre por la germinación de las conidias, clamidosporas y micelio presente en el suelo o restos de la planta. Las especies de Fusarium están adaptadas a sobrevivir en el suelo durante la ausencia de huéspedes ya que el hongo puede crecer saprofiticamente en los restos de plantas dentro del suelo. El hongo no es portado directamente por la semilla, pero podría estar presente en la superficie de la semilla. Las esporas del hongo pueden ser diseminadas dentro y entre campos al correr las aguas de lluvias y posiblemente con el agua de riego.

La severidad de infección puede ser reducida por rotaciones de cultivos (6-8 años). El tratamiento de la semilla con fungicidas también puede reducir la infección. El tratamiento del suelo antes de la siembra removiendo el suelo muy compacto y evitando permitir que las plantas desarrollen sistemas radiculares vigorosos de raíces con menos infección es una práctica cultural adecuada.

Un amplio espaciamiento de plantas dentro del surco permite el desarrollo de sistemas más vigorosos de raíces entre las plantas diseminadoras del hongo. Si la infección de Fusarium es superficial reducirá los daños mecánicos de las raíces (lugares para infección). La luz y riegos frecuentes (5-7 días) serán menos favorables para el desarrollo de pudrición de raíz que riegos fuertes. Las variedades de frijol difieren en resistencia a infección y muchos programas de mejoramiento incorporando resistencia a variedades adaptadas localmente.

Otro patógeno importante de pudrición de raíz es Rhizoctonia blight que también causa damping-off, tallo hueco,

cancro de tallo o pudrición de tallo en frijol. El hongo tiene un amplio rango de huéspedes y está presente en muchos países del mundo.

Los síntomas incluyen canchros hundidos rojizos-marrón en la raíz o hipocotilo. Si ocurre una infección grave en plantas jóvenes, puede ocurrir damping-off. Una infección menos grave generalmente permite sobrevivir al huésped y el hongo frecuentemente causa descoloración rojo-ladrillo de la médula.

El hongo esclerocio o basidiospora germinada penetra en la raíz ejerciendo presión mecánica sobre la epidermis. Rhizoctonia no es un buen saprofito y por lo tanto se vale de su amplio rango de huéspedes para sobrevivir. También produce pequeños esclerocios los cuales proveen la supervivencia en la ausencia del huésped. La severidad de la infección se aumenta por temperaturas cálidas durante la época de siembra.

Infección causada por Rhizoctonia solani puede ser reducida por el uso de semilla limpia, ya que el hongo puede ser portado por la semilla y por tratamiento químico de la semilla o del suelo para prevenir infección durante la germinación de la semilla y emergencia. Variedades resistentes también están siendo desarrolladas y deberían reducir efectivamente la severidad de la infección.

Otro miembro común del complejo de pudrición de raíz es Pythium. Varias especies de Pythium son patogénicas y las más importantes incluyen P. aphanidermatum (Edson) Fritz., P. debaryanum Hesse, P. myriotylum Drechs. y P. ultimum Trow. Una o más de esas especies y otras pueden causar damping-off, tallo hueco, pudrición de raíz, pudrición de tallo o marchitez del tallo. Este hongo también está presente en muchos países del mundo, sin embargo, normalmente no causa daño significativo.

El hongo produce zoosporas las cuales pueden nadar a través de una capa de agua y acumularse en las raíces, hipocotilo y tallo. Las zoosporas germinan y penetran en la raíz en regiones de elongación y madurez o en heridas en partes de la planta. La presencia de las especies de Pythium está influenciada por temperatura ya que P. ultimum y P. debaryanum prefieren temperaturas frescas. P. aphanidermatum prefiere temperaturas cálidas y P. myriotylum prefiere temperaturas altas.

Si Pythium causa daño significativo, puede ser controlado mediante el tratamiento de la semilla y un amplio espaciamiento entre plantas. También se están desarrollando variedades resistentes.

Sclerotium rolfsii (Curz.) West puede causar una pudrición de la corona o de la raíz en el frijol y es frecuente en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Sclerotium es favorecido por temperaturas cálidas y alta humedad ambiental y alta humedad del suelo. El hongo tiene un amplio rango de hospederos y puede sobrevivir en el suelo por la producción de esclerocios.

Los síntomas de infección incluyen un amarillamiento leve de las hojas inferiores y eventualmente de las superiores. La turgencia del tallo superior e inferior en la superficie del suelo se reduce por la presencia de agua y es destruida por el hongo, el cual ha penetrado inicialmente el tejido por presión mecánica. Las señales de infección de Sclerotium incluyen la presencia de micelio blanco y estructuras de supervivencia de esclerocios en y bajo la superficie del suelo alrededor del tallo infectado. Los esclerocios son blancos cuando se producen inicialmente, pero luego se tornan marrón, suaves, brillantes y tienen un diámetro de 1-2 mm.

Los procedimientos de control consisten en rotación con cereales y otros cultivos no hospedantes. Los productos químicos controlan efectivamente Sclerotium rolfsii, sin embargo, hay una resistencia varietal a la infección.

El Programa de Frijol de CIAT ensayará material avanzado de mejoramiento para resistencia a estos hongos que infectan la raíz y distribuirá líneas resistentes o variedades a programas nacionales para mejoramiento de frijoles adaptados localmente.

Mancha Angular

El hongo Isariopsis griseola Sacc., causa mancha angular o gris en las hojas del frijol en muchos países del mundo. La infección foliar es favorecida por temperaturas moderadas (24°C) y periodos de alta humedad.

La infección por conidias generalmente comienza en el follaje inferior de la planta y luego se esparce al follaje superior, tallos y vainas. Las lesiones de la hoja son pequeñas y de color gris inicialmente, pero luego se tornan marrón claro. Las lesiones de la hoja son de forma angular debido a la delimitación de las venas y venillas. Las lesiones del tallo son elongadas y color marrón. Las lesiones de la vaina son ovaladas y de color rojo-marrón con bordes marrón oscuro. Las conidias se producen en una columna recta de hifas (sinema) dentro de una lesión y son diseminadas por el viento a otras partes de la planta o a otras plantas.

Se ha trabajado poco en el control químico en este patógeno. Sin embargo, se han identificado variedades resistentes y pueden ser utilizadas en programas de mejoramiento. El Programa de Frijol del CIAT seleccionará material de mejoramiento por resistencia.

Mancha gris

El hongo Cercospora vanderysti P. Henn. causa la mancha en Colombia. Otras especies de Cercospora, tales como C. scens Ell. y G. Martin y C. phaseolina Speg. han sido identificadas en Colombia y pueden contribuir a la infección. La infección de C. vanderysti se favorece por condiciones frías y húmedas comunmente encontradas a elevaciones por encima de 1500 metros mientras que C. canescens es más frecuente a elevaciones bajas con condiciones cálidas y secas.

Los síntomas de infección de C. vanderysti incluyen lesiones angulares color verde pálido a clorótico (2-5 mm en diámetro), las cuales aparecen inicialmente en el haz de la hoja. El crecimiento polvoso fino color gris-blanco de la conidia y conidioforos (tallos en los cuales la conidia es producida) se presenta a menudo en las lesiones de la superficie superior de la hoja. Un cojín o colchón gris de conidia y conidioforos, característicos de mancha gris, también son producidos en las lesiones en el envés de la hoja.

El hongo es muy difícil de sembrar en medios artificiales. La mayor parte de la investigación ha utilizado infección natural para seleccionar por resistencia. Algunas variedades resistentes a la infección de Cercospora y pueden ser utilizadas por programas de mejoramiento.

Mustia hilachosa

La mustia hilachosa es causada por Rhizoctonia microsclepora Matz. (el estado perfecto es llamado Thanatephorus cucumeris). El hongo también ha sido llamado Pellicularia filamentosa.

(Pat.) Rogers. El patógeno puede causar daño grave al frijol y otros cultivos huéspedes sembrados en regiones con temperaturas calientes y alta humedad.

Basidiosporas o hijas infectan la planta produciendo pequeños puntos circulares y presentando un aspecto húmedo en las hojas, tallos o vainas. Los puntos (1-3 mm en diámetro) parecen ser escaldados y son de coloración clara y frecuentemente rodeados de un borde oscuro. *Mustia hilachosa* produce hifas de color habano, las cuales crecen de estos puntos y cubren el nuevo follaje de la planta hasta que eventualmente toda ella está cubierta por una red de hifas. El hongo produce esclerocios pequeños, marrones (0.2 a 0.5 mm en diámetro) los cuales pueden sobrevivir en el suelo por lo menos durante un año.

Las pérdidas causadas por este hongo pueden ser controladas sembrando frijol durante la época seca si hay irrigación disponible. Las plantas deberían espaciarse para que haya una aereación adecuada entre ellas, para mantener un microclima con baja humedad. La rotación con cultivos no huéspedes tales como maíz, es recomendable. CIAT también ha identificado variedades tolerantes a la infección del hongo.

Mildeo Polvoso

El Mildeo polvoso del frijol es causado por *Erysiphe polygoni* DC ex. Merat. El hongo está distribuido a través del mundo y su crecimiento es favorecido por una baja humedad y temperatura moderada. El patógeno puede causar severos daños si la infección ocurre en plantas jóvenes. Sin embargo, normalmente solo se observa en plantas mayores ocurriendo una pequeña pérdida en rendimiento.

Las conidias son diseminadas por el viento o la lluvia a las plantas de frijol sanas donde germinan y penetran en el huésped. El tubo germinativo produce una estructura haustoria dentro de la hoja para absorber nutrientes directamente de la planta. Sin embargo, el micelio blanco del hongo permanece en la superficie de la hoja, donde produce una masa polvosa de conidias, característica del patógeno. Las señales iniciales de infección en la superficie de la hoja consisten en puntos blancos circulares que crecen y eventualmente coalescen, cubriendo la mayor parte de la hoja. Si la infección es severa, puede ocurrir defoliación y el crecimiento de las vainas puede ser impedido o pueden ser deformadas. El mildew está compuesto de diferentes razas fisiológicas (como los hongos de antracnosis y roya), los cuales pueden infectar cultivos con diferentes genotipos.

El hongo puede ser controlado con varias aplicaciones químicas tales como azufre en polvo (Elosal). El empleo de variedades resistentes a una o más razas del mildew polvoso proporciona un control efectivo.

II. NEMATODOS PATOGENOS DE LA PLANTA

Varias especies de nemátodos infectan la planta del frijol e incluyen: Meloidogyne sp. (nemátodo del nudo de la raíz), Trichodorus sp. (nemátodo de pudrición de raíz), Pratylenchus sp. , Belonalaimus gracilis, Heterodera sp. y Ditylenchus sp. Ecuador reporta la presencia de los siguientes nemátodos: Meloidogyne incognita, Dorylaimus sp., Rotylenchus sp. y Tylenchorhynchus sp. Solo M. incognita causó daño a frijol seco en Ecuador. Colombia reporta que Meloidogyne incognita y M. javanica causaron pudrición del nudo de la raíz en frijol.

Los nemátodos del nudo de la raíz se distribuyen a través del mundo y pueden causar el 50% de las pérdidas en el rendimiento en suelos altamente infectados. Los síntomas de la infección incluyen plantas que son enanas, amarillentas y que marchitan durante las horas cálidas del día. El examen del sistema de la raíz de una planta infestada muestra numerosas agallas desde muy pequeñas (1mm en diámetro) hasta grandes (10-15 mm en diámetro) o alargamientos en los cuales están localizados los nemátodos dentro del tejido de la raíz. Estas agallas se diferencian de los nódulos que contienen bacterias fijadoras de nitrógeno, ya que los nódulos están ligeramente unidos al sistema de la raíz, mientras que las agallas de los nemátodos son una parte integral del tejido de la raíz. Estas agallas hacen que la planta difícilmente obtenga agua y nutrientes del suelo y reduzca en gran parte sus rendimientos o maten la planta.

Los nemátodos pueden ser controlados por una rotación de cultivos con una especie no susceptible, como el maíz. Varios productos químicos pueden ser aplicados al suelo para matar los nemátodos antes de la siembra. Sin embargo, este procedimiento

costoso. Algunas variedades de frijol son resistentes a la
acción de nemátodos y los programas de mejoramiento tendrán
utilizar estas fuentes si los nemátodos se convierten en una
plaga grave para la producción de frijol en Latinoamérica.

III. BACTERIAS FITOPATOGENAS

Anublo Bacterial Común

El anublo común del frijol es causado por Xanthomonas phaseoli (E.F. Sm.) Dows. y por Xanthomonas phaseoli var. fuscans (Burk.) Starr and Burk. Ambas bacterias pueden ser responsables de la infección pero solo pueden distinguirse por medio de pruebas de laboratorio específicas. Las bacterias están esparcidas por el mundo entero y pueden causar grandes pérdidas en rendimiento, especialmente en áreas con temperatura y humedad relativas altas.

Las bacterias pueden entrar en las hojas a través de estomas abiertos o heridas y al tallo a través de estomas, heridas, cotiledones infectados o elementos vasculares provenientes de una hoja infectada. Los síntomas en las hojas incluyen una lesión oscura y de aspecto húmedo que comienza en el envés, la cual llega a ser necrótica y café, rodeada por un borde amarillo claro, hacia los 12-14 días después de la inoculación. Gotas amarillas de exudado bacterial pueden ser visibles cerca a la lesión foliar o en tallos y vainas infectadas. Durante la infección en la vaina, la bacteria entra a través de la sutura e infecta los tejidos interiores de la semilla en formación, por tal razón el patógeno será portado por ella. Durante la infección del tallo, la bacteria produce un exudado viscoso dentro del sistema de conducción de agua (sistema vascular), el cual puede causar marchitamiento de la planta.

La bacteria puede ser diseminada dentro y entre los campos de frijol por los insectos, la lluvia, el viento, por labores en

ultivo cuando el follaje está húmedo, por el agua de riego y semilla contaminada. El patógeno puede sobrevivir en la tierra por muchos años y es muy difícil erradicarlo completamente por tratamientos químicos. Sin embargo, el tratamiento a semilla puede remover bacterias contaminantes presentes en la capa exterior de ella y reducir inicialmente la severidad de la infección.

Las recomendaciones de control incluyen la siembra de semilla certificada y/o limpia. La rotación de cosechas es importante para remover los residuos de frijol ya que la bacteria puede sobrevivir en los desechos en la superficie del suelo.

Las siembras tempranas pueden también permitir que los frijoles maduren un poco antes de que las condiciones climáticas adversas se presenten. Si la infección está presente en el cultivo de frijol, los agricultores no deberían entrar en el campo hasta que el follaje esté completamente seco, para reducir la dispersión del patógeno.

Algunas variedades son resistentes, o mejor, tolerantes a la infección y ofrecen el más prometedor método de control. El programa de frijol del CIAT está evaluando variedades y material genético por resistencia, el cual podrá ser distribuido a través de Latinoamérica.

El anubio de Halo

El anubio de halo del frijol es causado por Pseudomonas solanaceae (Burk.) Dows. Esta bacteria está ampliamente distribuida y prevalece especialmente en áreas con temperaturas altas y alta humedad.

La bacteria causante del anublo de halo es muy similar a los organismos causantes del anublo común con respecto al modo de infección, diseminación y recomendaciones de control. Sin embargo, P. phaseolicola usualmente causa una lesión más grande que la bacteria del anublo común y las hojas se presentan más amarillas. El exudado bacteriano del anublo de halo es de color crema claro o ligeramente plateado en comparación con el exudado amarillo producido por X. phaseoli.

Otras bacterias

Otras bacterias comúnmente patógenas en frijol son: Corynebacterium flaccumfaciens (Hedges) Dows., (marchitez bacterial); Pseudomonas syringae Van Hall, (Mancha bacterial) y una especie de Xanthomonas, posiblemente X. phaseoli var. sotensis (pústula bacterial).

5738
INSECTOS ASOCIADOS CON EL FRIJOL EN AMERICA LATINA:
SU DISTRIBUCION, BIOLOGIA, IMPORTANCIA Y CONTROL^{1/}

A.V. Schoenhoven^{2/}

Los insectos que atacan al frijol

Ruppel e Idrobo (1962) presentan una lista con un total de 208 insectos que atacan al frijol. Manófa (1975) da una lista de aproximadamente 400 insectos asociados con el frijol en El Salvador. Bonnefil (1965) considera que en América Central existen aproximadamente 15 especies de insectos económicamente importantes. La mayoría de las plagas del frijol son polífagas, atacan a diversas leguminosas cultivadas y otros cultivos.

Con base en la literatura y en nuestras propias observaciones las plagas más importantes del frijol son:

Insectos que atacan al frijol en estado de plántula:

1. Hilanya sp.
2. Larvas trepadoras, Chuzas, Grillos y Ciempies.
3. El nematodo liberatilis

Insectos que atacan a la planta:

1. Ortocóridos (Orthocentrus sp., Leptocentrus sp., etc.).
2. Dípteros (Phaenocarpa, Phaenocarpa, Phaenocarpa, Phaenocarpa, etc.).

^{1/} Manófa, "Insectos que atacan al frijol", 1975.
^{2/} Manófa, "Insectos que atacan al frijol", 1975, pp. 67-73, 74-75, 76-77, 78.

3. Epilachna varivestis.

Insectos chupadores:

1. Saltahojas, principalmente Empoasca kraemeri.
2. Acaros (Tetranychus sp. y Polypharotarsus sp.)
3. Mosca blanca (Trialeurodes tabaci).
4. Afidos.

Insectos que atacan las vainas:

1. Anthonomus gibbosum.
2. Phenacoccus opposita, Lasioyngia sp., Maruca testulalis.
3. Heliothis sp.

Insectos que atacan el frijol almacenado:

1. Zabrotes sublineatus.
2. Acanthoscelides obtectus.

Esta división no se puede mantener estrictamente, puesto que

Epilachna varivestis, los Orisamelicos y Trichoplusia sp. también atacan a las vainas jóvenes, en tanto que Phenacoccus y Heliothis pueden atacar a las hojas y vainas.

Distribución geográfica de los principales insectos nuevos

El complejo de especies del frijol y sus aplicaciones de una región a otra en México, pero no se dispone de una documentación completa al

pecto. Con base en un reconocimiento adelantado por Gutierrez et al.

75) los insectos más ampliamente distribuidos en América Latina son, en orden de importancia, especies de Empoasca, Crisomelidos (principalmente Protica balteata), larvas trozadoras y grillos, insectos que atacan las plantas (especialmente Anion godmani) e insectos que atacan al frijol almacenado. Sin embargo, no presentan estimativos de la importancia económica de estas plagas (Cuadro 1).

Bonnefil (1965) señala al Empoasca como la plaga más importante del frijol en América Central, seguida en importancia por los Crisomelidos (Cuadro 2).

En la figura 1 se presenta la distribución de las plagas más importantes; se presenta en forma simplificada, puesto que Spilacma varivestis, por ejemplo, se presenta en México, las tierras altas de Guatemala y Nicaragua. La especie Anion godmani también es un problema al norte de Nicaragua. Las labores que no se incluyen en este texto, son un grave problema en cultivos de frijol en El Salvador y Honduras.

Los insectos que atacan al grano almacenado, Acanthoscelides obtectus y Leptoglossus phyllorhiza se encuentran en todas las regiones de América Latina; A. obtectus se presenta principalmente en las mayores latitudes, tanto en el campo como en bodegas (Chile, Perú, zona montañosa de Colombia), tanto que L. phyllorhiza se encuentra principalmente en las bodegas de almacenamiento.

Niveles de población de importancia económica

Un aspecto importante del manejo de plagas, es el nivel de daño que se puede tolerar en términos económicos. Greene y Kinnick (1967) obtuvieron una reducción en el rendimiento del 37 por ciento con un 25 por ciento de defoliación una semana después de la floración, en tanto que durante la floración las reducciones en el rendimiento sólo se iniciaron con una defoliación que osciló entre el 33 y 50 por ciento. Los estudios realizados por el Dr. Gálvez (CIAT, 1975) mostraron que las defoliaciones más perjudiciales son las que ocurren entre los 30 y 45 días después de la siembra (inicio de la floración hasta finales de la floración). Sólo se presentaron pérdidas en el rendimiento mayores del 35 por ciento cuando se eliminó más del 60 por ciento del follaje. Los resultados de estudios con lorito verde (Amnospiza kraepari), indicaron una pérdida en rendimiento del 6,4 por ciento por cada ninfa adicional por hoja (CIAT, 1975). Estos datos indican que el frijol puede tolerar ciertos niveles de defoliación o daño ocasionado por insectos, sin que se presenten pérdidas en rendimiento o sin la necesidad de aplicar medidas de control.

Pérdidas ocasionadas por insectos

Las pérdidas por pérdidas debidas al daño ocasionado por insectos varía en gran medida de acuerdo con la región, fecha de siembra, variedades, prácticas culturales y especies de insectos. En estudios realizados por Pi

da (1971), las pérdidas ocasionadas sólo por insectos oscilaron entre 33 por ciento, al comparar parcelas sin tratamiento con parcelas tratadas.

Mancía et al. (1974) reportaron pérdidas en El Salvador debido al ataque de insectos hasta del 94 por ciento. Estos son algunos ejemplos extremos. Entre 16 ensayos con insecticidas reportados en América Central, la pérdida promedio de rendimiento en el testigo, en comparación con el tratamiento de mayor rendimiento con insecticidas, fué de 47,25 por ciento. Las mayores pérdidas son ocasionadas al Phaseolus sp. (Cuadro 3). Estas cifras probablemente sobreestiman la importancia de los insectos en el cultivo del frijol, debido a que la mayoría de los ensayos con insecticidas se hacen durante los mayores niveles de ataque.

En seis ensayos con insecticidas realizados en el CIAT con la variedad Diacol-Galima susceptible al lorito verde, las pérdidas ocasionadas por el ataque del insecto oscilaron entre el 14 y 23 por ciento (promedio de 22 por ciento) durante la estación de lluvias, en tanto que durante la estación seca las pérdidas oscilaron entre el 75 y 95 por ciento (promedio 75%) (Figura 2).

Se considera que las pérdidas ocasionadas por enfermedades, debido al cultivo del frijol durante la estación de lluvias, son más severas que las ocasionadas por insectos.

Sección de cultivo del frijol durante el estado de pluviosidad

Phaseolus ciliarius (Lam.) (Dioscoreales, Fabaceae)

Hylemya cilicrura es una plaga del frijol en Chile y México, y en regiones de los Estados Unidos y Canadá. El género también ha tenido los sinónimos Delia, Phorbia y Hylemyia. La mosca adulta se asemeja a la mosca casera. Otras especies que se han encontrado en el frijol son H. platura e H. liturata. Las especies H. cilicrura y H. liturata están cercanamente relacionadas, pero se pueden separar por diferencias en sus requerimientos nutricionales e infertilidad de los híbridos interespecíficos (McLeod, 1965). Las hembras ovipositan cerca de las semillas o plantas en el suelo. Las larvas se alimentan de las semillas o plántulas de frijol, y empupan en el suelo (Miller y McClanahan, 1960). Harris et al. (1966) determinaron que a 21-23° C el período de incubación de los huevos, el estado larval y el estado de pupa tiene una duración de 2, 9,2 y 8-12 días, respectivamente. También determinaron que a temperaturas mayores de 24° C las pupas entran en un estado de letargo. El promedio de huevos por hembra fue de 268,4. Se observó que las hembras adultas abundan en el diente de león (amargón) y miel acretada por áfidos. La actividad de los adultos disminuye a temperaturas superiores de los 32° C. Los adultos también se han observado en masa y suspendidos en el aire. Las larvas atacan a muchas plantas hospedantes, como por ejemplo frijol, maíz, papa, remolacha, pimentón, tabaco, hortalizas y otras (Miller y McClanahan, 1960). Los adultos son atraídos por un suelo recién labrado y por la materia orgánica, en la cual sus larvas se pueden desarrollar (por ejemplo en espinaza en descomposición). En consecuencia, la

ación de adultos no necesariamente se relaciona con la severidad del
en las semillas.

Daño

~~Hentze~~ y Vulsteke (1972) indicaron pérdidas en la germinación del
30 por ciento con 1-2 larvas por semilla de frijol, en tanto que 2-3 lar
redujeron la germinación en un 50 por ciento. El daño, que incluye una
germinación y producción de semillas deformadas, es producido por las
larvas que se alimentan entre los cotiledones y frecuentemente dañan al em
brión. Las larvas también pueden penetrar por el tallo de las semillas en
germinación y dañar las plantas.

Control

La siembra tardía favorece la germinación rápida de las semillas, y
consecuencia, hay menos tiempo de exposición al Hylemya. En un ensayo
realizado en Chile en el que las siembras se hicieron a intervalos de un
durante tres meses, el porcentaje de plantas germinadas, pero dañadas
Hylemya, se redujo de 26,5 a 9,2 y a 1,5 por ciento, respectivamente
(Quirós, comunicación personal). Es más factible que los suelos húmedo
alto contenido de materia orgánica atraigan a las hembras, y especial
mente cuando el suelo está recién arado. En México se demostró (Guevara,
1977) que los suelos cubiertos 20 minutos después de la siembra, contienen
50 por ciento de la población final.

La literatura (Miller y McGlanahan, 1960) indica que el control biológico sólo opera a bajos niveles.

Vea y Eckenrode (1976st) indican que existen materiales resistentes al Hylemya. Con el fin de asegurar altas poblaciones de larvas para la selección de los materiales, intentaron aumentar la infectación natural mediante la siembra bajo condiciones de altas poblaciones de moscas, y mediante aplicaciones en bandas de harina de carne y huesos. Las pérdidas en plántulas de las variedades C-2114-12 y PI-165426 fueron de 0 y 4 por ciento, respectivamente, en tanto que éstas pérdidas en la variedad susceptible Sprite fueron de 33 por ciento. El porcentaje de plántulas dañadas fué menor para las variedades PI-165426 y C-2114-12. Las variedades de semilla blanca fueron susceptibles. La emergencia rápida y las cubiertas de semilla duras, son factores que contribuyen a la resistencia. Guevara (1957) también reportó diferencias en el nivel de ataque por Hylemya. Las variedades de semilla negra fueron las menos susceptibles, y las de semilla amarilla las más atacadas.

Trozaderas, chinzas, grillos y ciempies

Muchas especies de larvas trozaderas ocasionan danos en el frijol. Las larvas cortan el tallo de las plántulas jóvenes, y en consecuencia ocasionan pérdidas en la uniformidad del cultivo. Las plantas de mayor edad pueden sufrir danos por cortes caulares parciales o totales del tallo, lo

las hace susceptibles al viento. Algunos géneros de trozadores comunes Agrotis, Feltia, Spodoptera y Prodenia. Metcalf y Flint (1972) discuten aspectos acerca de su biología y control.

El ataque de los trozadores en el frijol se presenta en forma irregular, y es difícil de predecir. En consecuencia, es preferible controlar trozadores con cebos, en lugar de utilizar el control químico preventivo tradicional con aldrin.

En ensayos preliminares realizados en el CIAT, se observó que el frijol es el hospedante preferido por Spodoptera frugiperda, una de las especies trozadoras más importantes. En cultivos asociados de frijol y maíz, el daño ocasionado por trozadores en el frijol fue casi nulo, en tanto que en el monocultivo de maíz el daño fue significativamente mayor (71,3%) que en el maíz asociado con frijol.

Las chizas, que son especialmente un problema en terrenos nuevos después de estar en potreros, se controlan más eficientemente mediante la preparación adecuada del terreno.

3. Elasmopalpus lignosellus (Zeller) (Lepidoptera, Pieridae)

Elasmopalpus lignosellus es una plaga del frijol de gran importancia en partes del Perú (P. Avilón, comunicación personal) y Brasil (Costa apenas Pasotto, 1978), en tanto que en otras partes de América Latina se ha reportado en el frijol. Ataca diversas especies y plantas cultivadas, como el

maíz, caña, cereales, leguminosas, etc.

Daños

Las larvas ocasionan daños en las plántulas al penetrar al tallo por sitios a escasa profundidad del nivel del suelo, y barrenando hacia arriba, lo cual ocasiona mortalidad de plantas y, en consecuencia, pérdida de uniformidad del cultivo. Las infestaciones se ponen de manifiesto por tallos engrosados, en tanto que la larva forma con las partículas del suelo una cámara pupal pegada al tallo.

Biología

La hembra adulta oviposita los huevos individuales sobre las hojas o tallos o en el suelo. Los seis estadios larvales tienen un período de duración de 13-24 días, y posteriormente empupan en el suelo (Leuck, 1966). Dupree (1965) encontró poca evidencia de actividad barrenadora del tallo por larvas antes del tercer estadio.

Control

El mejor control se logra mediante el mantenimiento del terreno limpio de rastrojo durante períodos prolongados o mediante riego fuerte (Iñigo, después de Campos, 1972). Leuck y Dupree (1965) registraron parasitismo de huevos y larvas por especies de Tachinidae, Braconidae e Ichneumonidae (en larvas colectadas en plantas de caupí).

Insectos comógenos de tallo

. Especies de la familia Chrysomelidae

En América Latina existen muchas especies de Crisomelidos que atacan frijol. Bonnefil (1965) señala los géneros Diabrotica, Ceratomyza, Diabrotica, y a D. balteata LeConte como la especie más abundante. Ruppel y Gahan (1962) incluyen en su lista 36 especies de Crisomelidos, con los géneros adicionales Epitrix, Chalepus, Colaspis, Mecolaspis, Systena y otros. En este texto se discutirán aspectos principalmente de la especie D. balteata.

Daños

La mayor parte del daño ocasionado por los Crisomelidos ocurre en el estadio de plántula joven; consumen un porcentaje relativamente alto de folíolos. Las larvas pueden ocasionar daños en las raíces del frijol e incluso en los nodos radiculares de Rhizobium, como también a las plántulas durante su germinación, que presentan sus hojas cotiledonares deformadas. En algunos casos, los adultos se alimentan en las vainas jóvenes. Se tiene conocimiento de que los Crisomelidos transmiten el virus del mosaico rugoso del frijol (Gahan 1972).

Biol. de D. balteata

Los huevos comienzan la oviposición cuando cumplen 1-2 semanas de vida. Los huevos se ovipositan individualmente o en grupos hasta de 12 huevos en grietas del suelo o bajo remolchos de plantas. La hembra adulta tiene un período de vida de 14-20 días (promedio de 20,4 días), oviposita

más de 800 huevos. La oviposición generalmente se presenta a intervalos de pocos días. Los huevos eclosionaron en 8,2 días a una temperatura de aproximadamente 21°C, y 5,8 días a una temperatura aproximada de 27°C. En raíces de soya a 27°C los tres estadios larvales tienen una duración de 10,5 días. La pupa se forma en una celda pupal en el suelo, y este estado tiene una duración de 7,2 días bajo esta temperatura (Pitre y Kantack, 1962). Young y Candia (1963) obtuvieron un período de incubación de 5-9 días, un período larval promedio de 17 días y un estado de prepupa y pupa de 9-17 días. La máxima producción de huevos por adultos que se alimentaron en hojas de frijol fué de 144 por hembra. Pulido y López (1973) encontraron un promedio de 326 huevos cuando los adultos se alimentaron en hojas de soya, pero este promedio aumentó a 975 cuando se alimentaron de hojas, flores y vainas jóvenes de soya. La duración de los adultos osciló entre 69 y 112 días cuando se alimentaron en hojas de soya. Harris (1975) describió amplias variaciones de color en los adultos entre la especie D. balteata, pero especialmente en Dirotoma fasciata.

De tanto que los adultos se alimentan en muchas especies de plantas, que incluyen el maíz (flores y polen) y hojas de frijol, las larvas se desarrollan en raíces de maíz, entre otros hospedantes. Pulido y López (1973) incluyen en una lista 52 plantas hospedantes. Entre estas, el maíz y frijol, junto con otras cinco especies de plantas, se incluyen como hospedantes de adultos y larvas. Harris (1975) presenta una lista de plantas comu

es en campos de frijol en el Valle del Cauca como hospedantes de larvas. Estas malezas incluyen las especies Amaranthus dubius, Leptochloa filiformis, Chinichloa colonum y Rottboellia exaltata. Determinó que los adultos de D. balteata y C. fascialis prefieren al frijol, después de la soya, maíz, algodón y maíz. Young (1959-1960) reportó, con base en observaciones hechas en México, que los adultos de D. balteata prefieren alimentarse en plantas jóvenes de frijol y prefieren ovipositar cerca a plantas jóvenes de maíz.

CONTROL

La predación de adultos de Crisomelidos frecuentemente se observan en el campo por especies de la familia Reduviidae, Young y Candia (1963) reportaron un parásito de la familia Tachinidae.

Comedores de follaje del orden Lepidoptera.

Existen diversas especies de Lepidopteros que se desarrollan en el frijol. Aunque las larvas se detectan fácilmente en el frijol, las poblaciones generalmente son muy bajas para ocasionar daños económicos. Su nivel de control biológico es alto.

a. Urbanus (Eudamus-Goniurus) proteus L. (Lepidoptera, Hesperidae)

El enrollador de la hoja del frijol también descrito como gusano cabezón o gusano fósforo, se encuentran ampliamente distribuido en este cultivo, desde los Estados Unidos hasta Brasil. Greene (1971) calculó que las reducciones en rendimiento se presentan cuando se elimina más de 725 cm² de área por planta. Los primeros tres estadios larva -

les de Urbanus no logran ocasionar estas reducciones, pero ~~para~~ las larvas del cuarto estadio larval, que consumen un promedio de 27,7 cm², ocasionen reducciones en el rendimiento, deben estar presentes 26 larvas por planta. Del quinto estadio larval, que consumen 162,4 cm² de follaje, deben estar presentes 4,4 larvas por planta para reducir los rendimientos. Asumiendo un 50 por ciento de mortalidad por estadio, se requerirían 140,8 huevos por planta, población que rara vez se alcanza.

Frecuentemente se han encontrado larvas en malezas del género Desmodium sp. (Quaintance, 1893).

La mariposa adulta oviposita 1-6 huevos por hoja en el envés de las hojas, y la larva joven dobla y pega una pequeña sección de los márgenes de la hoja, y sin embargo, frecuentemente se alimenta en otro sitio. En esta cavidad también se forma la pupa. Las larvas se caracterizan por tres líneas longitudinales dorsales y una cabeza de color marrón rojizo de gran tamaño (Quaintance, 1893).

Greene (1971b) reportó que bajo condiciones de campo, el 4 por ciento de los huevos alcanzaron el quinto estadio larval. A una temperatura de 29,5° los huevos eclosionan en 7,8 días, el estadio larval tuvo una duración de 11,7 días y el estado de pupa, 8,7 días. Observó un gran número de adultos en flores de L. tataricum y en campos de frijol en floración.

b. Adiantum quadrifidum (L.) (Lepidoptera, Arctiidae)

Estigmene acrea

El gusano peludo se encuentra comunmente en el frijol; sin embargo, en los Estados Unidos es más plaga en el algodón, y también ataca a la lechuga y la molacha (Stevenson et al., 1957). Young y Sifuentes (1959) indican que los hospedantes naturales preferidos son Amaranthus palmeri Wats y Amaranthus sp., en tanto que también se presenta en frijol, algodón, hortalizas, soya, ajonjolí, tabaco y diversas malezas.

La hembra adulta oviposita sus huevos en masas, y durante su ciclo de vida puede ovipositar un total de 1,000 huevos. Las larvas se desarrollan en 7-19 días en Amaranthus. Las larvas jóvenes se juntan, y las plantas de las que se alimentan pueden quedar totalmente defoliadas. Las larvas más viejas son solitarias. Su cuerpo está cubierto por setas. Las larvas empupan en el suelo en desechos de plantas. El adulto es una mariposa nocturna de color blanco con puntos negros en las alas (Young y Sifuentes, 1959).

El daño que puede sufrir las plantas individuales en las que se desarrollan los estados gregarios del insecto, puede ser muy severo, aunque en el frijol rara vez ocasiona un daño de importancia económica. En el Valle de México, 12 especies de Dípteros contribuyeron a un nivel promedio de mortalidad del 30,6 por ciento (Kandas, 1973). Young y Sifuentes (1959) reportan predadores de huevos de Estigmene por especies de las familias Meloidae y Meloidae y predadores de larvas por especies de Koduvilla y Koduvilla. También reportan depredadores de larvas por especies del orden Neuroptera.

c. Hedylepta (= Lamprosema) indicata (Fabr.) (Lepidoptera, Pyralidae) Hedylepta indicata es una plaga del fríjol, soya y otras leguminosas en Colombia (García, 1975) y otras áreas de Sur América (Ruppel e Idrobo, 1960). Las larvas viven entre hojas entretajadas, que proporcionan protección contra el control químico, y consecuentemente se llaman pega-pega.

BIOLOGIA Y DAÑO.

La mariposa nocturna adulta oviposita en el envés de las hojas. La hembra oviposita un promedio de 330 huevos microscópicos, que eclosionan después de 3,5 días. Con base en estudios realizados en la India (Kapoor et al., 1972), las larvas verdes se desarrollan en un mínimo de 10.6 días y el estado pupal tiene una duración mínima de 5.1 días. Las larvas se alimentan del parénquima de las hojas entretajadas.

CONTROL

El nivel de control biológico es muy alto. García (1975) encontró un nivel de parasitismo larval del 85% por ciento por Toxophoroides apitalis (Hymenoptera, Ichneumonidae). Se encontró un Carabidae, predador de larvas de H. indicata. Este carabidae oviposita entre los excrementos de las orugas y las preda. La totalidad del ciclo de vida se desarrolla entre las hojas entretajadas por Hedylepta (Lenis y Arias, 1976).

3. Epilachna varivestis Muls (Coleoptera, Coccinellidae) La cochuela del fríjol.

Epilachna varivestis es básicamente una plaga de la soya y otras leguminosas.

psed y Kogan, 1976). Es una plaga del frijol en México, Guatemala y
 vador; en este último país se presenta durante la estación lluviosa.
 portamiento de B. varivestis difiere del de los Crisomelidos, en que
 rvas y adultos se alimentan en el follaje, tallos y vainas jóvenes.
 cece a una familia de insectos que, en la mayoría de los casos, son
 orés; sin embargo, su hábito es fitófago. Los sinónimos de la especie
B. corruta Mulsant (1850) y B. masculiventris Bland, (1864).

Amplitud de hospedantes

Mancía y Joman (1973) determinaron que en El Salvador las especies
 antes son:

P. coccineus vulgaris, P. lunatus, P. atropurpureus, Vigna siceraria y
de max. La especie Desmodium torquosum también se reporta como hospede

Turner (1932) crió el insecto en P. vulgaris, P. coccineus, P.
ns, P. sinensis y Dolichos lablab. En esta última especie, se presen

ta mortalidad de larvas. Este autor clasificó a P. aureus y Vicia
 como inunes. Las especies P. mungo y P. radiatus son hospedantes me

relacionadas, en comparación con P. vulgaris (Wolffenberg y Slessman,
 Augustus et al., 1954). Los ensayos anteriores atribuyen este fe

o principalmente a la concentración de sucrosa que actúa como atrayente
 combinación con diferencias en la acción defensiva del follaje. De

et al. (1965) confirmaron estos resultados con semillas de especies
 con relaciones y aceptables.

Daño

Las larvas jóvenes se alimentan por el envés de las hojas, y comúnmente dejan la epidermis superior intacta, en tanto que las larvas más viejas y los adultos frecuentemente perforan las hojas. El tercer y cuarto estadio larval consumen más que los adultos. Los tallos y vainas son atacados bajo condiciones de alta densidad de población. Las larvas no mastican el tejido foliar, sino que raspan el tejido, lo comprimen y sólo ingieren los jugos. De la Paz et al. (en la prensa) infestaron plantas 41-71 días después de la siembra, con 0-25 larvas por planta. A las larvas se les permitió empupar y posteriormente se eliminó la infestación. Los resultados que obtuvieron indican que la mayor parte del daño ocurre con infestaciones tempranas; también obtuvieron la regresión del tamaño de la población y edad de la planta sobre el rendimiento. La infestación a los 41 días con 25 larvas redujo el rendimiento en un 93 por ciento más que el mismo nivel de infestación a los 71 días.

Biología (Thomas, 1924; Lancía y Roman, 1973)

La hembra adulta comienza la oviposición 7-12 días después de salir de la pupa, y oviposita los huevos de color anaranjado-amarillo sobre el envés de las hojas en lasar que contienen de 4-75 huevos (promedio 52) (Thomas, 1924). Lancía (1973) obtuvo un promedio de 10 larvas de huevos, con un promedio de 12,8 huevos por pupa, que osciló entre 36 y 54 huevos. Los

se eclosionaron en seis días, los cuatro estadios larvales tuvieron una duración de 15-16 días, el estado de prepupa duró dos días y el estado de pupa tuvo una duración de 6-7 días. Las larvas amarillas están cubiertas de espinas ramificadas. La pupa se pega en el envés de las hojas. Los adultos tienen un color cobrizo con 16 puntos negros, y la duración del estado adulto es de 4-6 semanas.

Bajo las condiciones de El Salvador, el insecto alcanza a tener cuatro generaciones en el frijol desde Mayo hasta Noviembre, pero no se tiene conocimiento del sitio donde sobreviven al invierno (Mancía y Roman, 1973). En los Estados Unidos, los adultos por lo general invernan en bosques, de fríjol, etc., y frecuentemente en forma gregaria.

Control biológico

Los predadores de los huevos y del primer estadio larval son Mezilla maculata De Geer e Hippodamia convergens Guen. La especie Pediobius macformanei (Mancía, Roman, 1973) ataca a los adultos, y el Coccinellus epilachnae también se reporta como predador en El Salvador (Smiley, 1974). En soya, la especie Pediobius foveolatus (Hymenoptera, Braconidae) redujo las poblaciones de A. varivestis (Stevens et al., 1975).

Control cultural

Para controlar el insecto se recomienda eliminar los desechos de

plantas y arar profundo. Una menor densidad de plantas disminuye el daño ocasionado por el insecto. El número de masas de huevos por planta disminuye de 1,07 a 0,15 cuando el espaciamiento entre plantas se varió de 5 a 20 centímetros. Igualmente, la reducción del rendimiento disminuyó de 22,6 por ciento a 11,3 por ciento; el daño en vainas también se redujo (Turner, 1935).

Resistencia

En estudios de libre escogencia en jaulas con 60 variedades de frijol y frijol lima, las variedades Idaho Refugee y Wade presentaron resistencia, con sólo un 25,2 por ciento de su follaje destruido, en tanto que la variedad Bountiful perdió el 51,7 por ciento de su follaje. El número de huevos y masas de huevos, como también el peso de los adultos, disminuyeron en más del 50 por ciento cuando los insectos se criaron en líneas resistentes, en comparación con las susceptibles (Campbell y Brett, 1966). En contraste, Wolfenbarger y Slesman (1964) no lograron localizar fuentes de resistencia entre materiales de P. vulgaris. También ensayaron a las variedades Idaho Refugee y Wade que se comportaron como susceptibles (3,5 en una escala de 1 a 9; el puntaje de 9 corresponde a la mayor susceptibilidad). Con base en el daño por consumo de follaje, encontraron que Vigna aurea presenta el mayor nivel de resistencia. Nayyar y Fraenkel (1963) plantearon la hipótesis de que la phaseolunatins (un glicósido cianogénico) en bajas concentraciones atrae al insecto, pero puede ocasionar resistencia en las

edades con altas concentraciones de este compuesto.

García y Sosa (1973) observaron resistencia al insecto en P. vulgaris coccineus. Las introducciones Puebla 84 (P. coccineus), Guanajuato 18 catecas 48 (P. vulgaris) presentaron resistencia. El insecto oviposité menor número de huevos en Guanajuato 18 y Oax 61-A. Concluyeron que la biosis y la no preferencia, juegan un papel al respecto.

otros chupadores

Saltahojas: Empoasca kraemeri Ross y Moore (Homoptera, Cicadellidae)

El lorito verde (Empoasca kraemeri) es la plaga más importante del col. Se ha reportado en Florida (E.U.U.) y México hacia el sur hasta el , en tanto que E. fabae y E. solana se presentan en los Estados Unidos además, y no en Sur América (Ross y Moore, 1957). Otras especies de Empoasca que se encuentran en Sur América son E. prona, E. aratos y E. ceeli (Donnefil, 1965). La especie Empoasca kraemeri no transmite enfermedades virosas. La única especie de Empoasca capaz de transmitir virus es Empoasca fabae Omen, que transmite el virus de la roseta de la parte aérea de la papaya. El único saltahoja del cual se tiene conocimiento que transmite un virus del frijol es la especie Circulifer tenellus, que transmite el virus del apice rasado del frijol.

La especie E. kraemeri, al igual que E. fabae, es un chupador del col. Los síntomas se caracterizan por el enrollamiento y clorosis de las

hojas, disminución del crecimiento y grandes pérdidas en rendimiento, hasta la pérdida total del cultivo.

Biología

En los Estados Unidos, la mayoría de los estudios acerca de la biología de los saltahojas y el daño que ocasionan en frijol, alfalfa y papa se han realizado con la especie E. fabae. En estudios sobre la biología de E. kraemeri en frijol (Wilde et al., 1976), los huevos eclosionaron en 8-9 días, y los cinco estadios ninfales tuvieron una duración de 3-11 días. Las hembras y machos tienen un promedio de vida de 65 y 58 días, respectivamente. La oviposición por hembra osciló entre 13 y 168 huevos, con un promedio de 107,2. Las posturas son ovipositadas individualmente en las láminas foliares, pecíolos, tejido foliar o tallos del frijol. Se encontró el 50-82 por ciento de huevos por planta en los pecíolos, dependiendo de la variedad. El daño puede ser físico y por obstrucción del tejido vascular, pero algunos autores indican la presencia de alguna toxina.

Ecología

El ataque es más severo bajo condiciones climáticas secas y calurosas, y con baja humedad del suelo. Estas condiciones fueron reconocidas en 1922 para la especie E. fabae. El mismo nivel de infestación de saltahojas durante la estación lluviosa y alta humedad del suelo ocasionó menor daño que bajo condiciones de carencia de humedad (Bayer, 1922). Este factor in

sobre la fecha de siembra para el control de las poblaciones de saltahoja Miranda (1967) obtuvo un rendimiento de 1182 kg/ha de frijol seco cuando sembró el 21 de Diciembre, en comparación con un rendimiento de sólo 121 cuando sembró el 21 de Enero. En el CIAT se obtuvieron resultados similares. La selección de materiales por resistencia al Empoasca generalmente se hace durante las estaciones secas o semi-secas, en tanto que para la selección de frijol se recomienda sembrar en la estación lluviosa, desde el punto de vista de control de insectos (CIAT, 1973). Sin embargo, las plagas a finales de la estación seca en algunos casos permanecen libres de daño por estos insectos, y los saltahoja colectados a fines de la estación seca ocasionaron un daño relativamente menor que los colectados a principios de la estación seca. Se supone que la alta temperatura y la escasez de agua agrava el daño ocasionado por Empoasca. En Colombia, el daño es más importante en los climas templados, entre los 1.000 y 1.500 metros sobre el nivel del mar (Ruppel y DeLong, 1956).

Existen otras herramientas ecológicas importantes que se pueden utilizar para reducir las poblaciones de saltahoja y su daño. En parcelas de maíz con diversos niveles de densidad de malezas (de 0-100 por ciento de cobertura del suelo por malezas), las poblaciones de saltahoja adulta en estado de ninfa disminuyeron en un 43,0 y 70,1 por ciento, respectivamente, cuando las parcelas libres de malezas se compararon con las parcelas con un nivel de cobertura del suelo del 100 por ciento. Esta re-

ducción en la población de Empoasca, no se le puede atribuir a un aumento de las poblaciones de parásitos o predadores. Los rendimientos del frijol fueron iguales en las parcelas libres de malezas y en las parcelas enmalezadas. La disminución en la población de Empoasca, pudo ser compensada por un aumento en la competencia de malezas.

Igualmente, cuando las parcelas de frijol de 16 m² fueron rodeadas por franjas de 1 metro de las principales malezas gramíneas del experimento de asociación frijol/malezas (Eleusine indicata y Leptochloa filiformis), las poblaciones de Empoasca se redujeron significativamente.

El maíz también ejerce un efecto de reducción de la población de Empoasca, cuando el frijol se siembra en asociación con el maíz. El maíz sembrado 20 días antes que el frijol, redujo las poblaciones de saltahojas significativamente (72,3 saltahojas adultos por muestra de 80 plantas de frijol, en comparación con 133, cuando el maíz y el frijol se siembran en la misma fecha). En contraste, cuando el frijol se siembra antes o después del maíz, las poblaciones de Spodoptera frugiperda en el maíz se redujeron significativamente (7,8 larvas por 40 plantas de maíz, cuando el frijol se sembró 20 días antes que el maíz, y 25,8 cuando se sembró en la misma fecha).

La utilización de cobertura de suelo y sombrío también redujeron las poblaciones iniciales del Empoasca, en comparación con las parcelas sin tratamiento. Los conteos realizados a los 20 días después de la siembra,

con un promedio por muestra de 18 adultos en las parcelas con cobertura de suelo, en comparación con 103 adultos en las parcelas sin cobertura. Después de 45 días después de la siembra, las plantas de frijol en las parcelas con cobertura se observaron más vigorosas, y los mayores niveles de infestación se encontraron en estas parcelas (CIAT, 1976).

Resistencia

Los saltahojas se reproducen en muchas plantas cultivadas y no cultivadas. En Colombia se han colectado 200 plantas en las que se encontraron ninfas de E. fabae; está pendiente la identificación de las especies.

Resistencia varietal

En 1922 (Beyer, 1922), se reportó resistencia varietal del frijol a saltahojas en los Estados Unidos. Se indicó que la variedad Wells Red sufría menos daño que las otras variedades ensayadas. Tissot (1932) reportó niveles de infestación de saltahojas similares, tanto en las variedades resistentes como en las susceptibles.

Las variedades resistentes a E. fabae (Idaho Refugee y U.S. Refugee) (Gates, 1944) son resistentes a E. kraemeri.

En los Estados Unidos, Wolfenbarger y Sleeman (1961) evaluaron 1619 variedades por resistencia a E. fabae. La línea PI-151014 presentó el menor nivel de infestación, con 0,3 ninfas por hoja, en tanto que Dutch Brown, con el mayor nivel de infestación, presentó 19,7 ninfas por hoja. No obtuvieron

correlación alguna entre el número de pelos epidermales y la población de ninfas por variedad, y reportaron un 90-96 por ciento de correlación entre los conteos de ninfas y los puntajes de daño. También se observaron variedades con altas poblaciones de ninfas y bajos puntajes de quemazón por los saltahojas (Wolfenbarger y Slesman, 1961a). Los mismos autores (1961b) mostraron la relación que existe entre la resistencia a los saltahojas y características de las plantas, como la altura, resistencia al BCMV, semilla rosada o moteada y madurez intermedia. Los menores conteos de ninfas se obtuvieron en V. aureus, P. lunatus y V. mungo. Actualmente, estas especies no se pueden cruzar con P. vulgaris. De los cruces interespecíficos entre P. vulgaris y P. coccineus, indicaron que la resistencia se hereda en forma recesiva (1961c).

Chalfant (1965) ensayó 28 variedades por resistencia, y encontró una reducción del rendimiento de aproximadamente 50 por ciento, al comparar parcelas protegidas y sin protección, sin tener en cuenta el grado de susceptibilidad de las variedades. McFarlane y Rieman (1943) también reportaron resistencia del frijol a E. fabae.

En el CIAP, existe un programa básico de selección por resistencia varietal a Lapposca kraemeri, y hasta el momento se han evaluado por resistencia 8,000 introducciones de P. vulgaris. El esquema de selección se basa en la eliminación de los materiales susceptibles. Se siembran cinco variedades de ensayo entre hileras de ICA-Tui, variedad estándar resistente,

os bordes se utiliza la variedad Diacol-Calima, susceptible al
ca. A la variedad ICA-Tui siempre se le da un puntaje de 2 en una es
e daño de 0-5. El material de frijol más resistente dió un rendi_
igual durante la estación lluviosa con protección química en compa
con las parcelas sin protección. En tanto que con las variedades sus
les se obtuvieron pérdidas hasta del 40 por ciento. Estos niveles de
encia han proporcionado buena protección en ciertas regiones, como en
á, pero en el CIAT durante la estación seca no son lo suficientemen_
os, y en la actualidad se adelanta un programa de mejoramiento gené_
para aumentar el nivel de resistencia.

No se obtuvieron correlaciones entre los conteos de ninfas y los pun
de daño (Wolfenbarger y Slesman, 1961a; Chalfant, 1965), y se con_
que las poblaciones en el CIAT son mucho más altas que en los Esta_
idos, y que las variedades susceptibles sufren de daños tan severos
consecuencia, un alto puntaje de daño) que los saltahojas evitan la
sición en estas variedades.

Aun no se tiene claridad acerca del mecanismo de resistencia, pero
lemente se trata de tolerancia. En ensayos de libre escogencia, se
ó que la preferencia por la variedad ICA-Tui es baja, pero este com_
amiento desapareció en ensayos sin escogencia. No se ha encontrado an
is (Wilde y Schoonhoven, 1975). Como lo demostró Fillemer y Tingey
, puede haber otro mecanismo de resistencia en el cual las ninfas son

son capturadas por tricomas en forma de gancho. En los estudios realizados en el CIAF con E. kraemeri se obtuvo baja mortalidad de ninfas en tricomas en forma de gancho.

2. Acaros

a. Tetranychus desertorum (Banks) Acarina, Tetranychidae)

Los ácaros de la especie Tetranychus desertorum atacan al frijol cuando se aproxima la madurez fisiológica, y en pocos casos influyen sobre el rendimiento; en consecuencia, no se justifican las medidas de control. En Colombia, la especie más importante es T. desertorum, en tanto que en Argentina se reporta la especie T. telarius (Ruppel e Idrobo, 1962).

Nickel (1960) estudió la biología de T. desertorum y concluyó que las bajas temperaturas limitan la distribución geográfica de la plaga. En Colombia, bajo condiciones de laboratorio, el período de incubación tuvo una duración de 4,8 días, los estadios inmaduros de 6,2 días y la hembra ovipositó un promedio de 4,1 huevos por día durante 15 días (Piedrahíta, 1974). Estas cifras corresponden a una tasa de desarrollo relativamente más lenta que la citada por Nickel, y también corresponden a una tasa de oviposición más baja.

Amplitud de hospedantes

La especie T. desertorum tiene una gran diversidad de hospedantes.

Nickel (1960) indica que en el Paraguay existen 12 hospedantes.

Control

La variedad Oregon 58 presentó resistencia (J.G. Rodríguez, comunicador personal). Diversos estudios indican que el control biológico es efectivo con diversos ácaros predadores; sin embargo en la mayoría de los casos se deben utilizar medidas de control químico. La resistencia a los pesticidas ocasiona cambios en los productos recomendados. Gonzales (1969) recomienda que la siembra se restrinja a determinada fecha y que sean uniformes.

b. Polyphagotarsonemus latus (Bank) (Acarina, Tarsonemidae)

A pesar de que se tiene poco conocimiento acerca de la especie, ataca al frijol y puede ser más dañina que las especies de Tetranychus. Su ataque se presenta principalmente después de la floración. También ha sido reportado bajo los sinónimos de Parsonemus, Nectarsonemus y Parsonemus. Es un ácaro pequeño de color verde pálido, difícil de observar sin magnificación.

Biología

El ácaro tiene un corto ciclo de vida que por los estados de huevo, pseudopupa y adulto, que tienen una duración de 1-3, 2 y 2 días, respectivamente, a una temperatura de 27°C (Flechtman, 1972). En el CIAT (1975) en condiciones de laboratorio (22-28°C), la duración de estos periodos fue de 1 y 1 día, respectivamente. Las hembras tuvieron un periodo de vida de 10 días, y ovipositaron un promedio de 48,3 huevos. Los machos tienen un pe-

riodo de vida ligeramente menor (12 días). Los ácaros constituyen un problema bajo condiciones climáticas, húmedas y cálidas.

Distribución y amplitud de hospedantes

El ácaro se ha reportado como plaga del frijol en el Brasil (Costa y Rossetto, 1972) y en el Valle del Cauca de Colombia, donde es una plaga muy grave. En Perú y América Central también se ha observado. Además del frijol, se conocen muchos otros hospedantes, que incluyen papa (Doreste, 1968), tomate, Centrosema y Dolichos (Cromroy, 1958), pimentón, dalia y algodón (Hambleto, 1938). Este ácaro se encontró en diversas malezas comunes en campos de frijol.

Daño

En el CIAT (1975) se han registrado pérdidas en rendimiento del 56 por ciento, con base en mediciones en plantas individuales.

Síntomas

Las hojas se enrollan de los márgenes hacia arriba y adquieren una apariencia brillante. Dependiendo de la variedad, el envés de las hojas toman un color morado. Las hojas jóvenes no se desarrollan normalmente, su crecimiento se reduce y adquieren un color amarillo o dorado. Las vainas pueden ser atacadas y cubiertas por un tejido herido de color marrón. Algunas variedades presentan un enrollamiento de los márgenes de las hojas hacia abajo, y un oscurecimiento de la lámina foliar. Los síntomas se con

fácilmente con los inducidos por virus o deficiencias de minerales.

Moscas blancas

En los países de América existen cinco especies de Aleyrodidæ que atacan al frijol. Estas especies son: Bemisia tabaci, B. tuberculata, Trialeurodes acaciae, Trialeurodes abutilonae y T. vaporariorum. Estas especies también tienen otros hospedantes en leguminosas y no leguminosas. Bemisia tabaci es un vector de enfermedades virosas del frijol, como el mosaico del moteado clorótico y posiblemente más. La especie tiene una gran cantidad de sinónimos, y algunas razas se identifican con base en su característica de transmisión de virus. En ciertas regiones de América Central el mosaico dorado es el factor más limitante de la producción de frijol. En este texto no se tratan aspectos sobre la transmisión de virus por las moscas blancas.

Biología

Los huevos son ovipositados individualmente o en grupos en el envés de las hojas, y el pedicelo del huevo se inserta en la epidermis. Desde el momento de la oviposición hasta el estado adulto se requieren aproximadamente tres semanas. El número de huevos por hembra osciló entre 20 y 32. Los tres estadios inmaduros del ciclo de vida se fijan en el envés de las hojas. La identificación se hace en el estado inmaduro (Russell, 1975).

Control

En Guatemala existen grandes diferencias en la intensidad del ataque

de las moscas blancas, de acuerdo con la zona geográfica y la fecha de siembra (Alonso, 1975).

4. Afidos

Las plantas de frijol son atacadas por diversas especies de áfidos. El daño directo que ocasionan no es de importancia, pero su habilidad para transmitir el virus del mosaico común del frijol los hace plagas de importancia económica. Para mayor información acerca de los aspectos de transmisión de virus, se puede consultar a Zaunmeyer y Thomas (1957). Estos autores reportaron las siguientes especies de áfidos capaces de transmitir el virus del mosaico común del frijol: Aphis gossypii, A. medicaginis, A. rumicis, A. spiraeicola, Brevicorne brassicae, Hyalopterus atriplicis, Rhopalosiphum pseudobrassicae, Macrosiphum ambrosiae, M. solanifolii, M. pisi y Myzus persicae. Costa y Rossetto (1972) dan una lista de los áfidos que se presentan en el follaje y raíces del frijol en Brasil. En el CIAT, el control del mosaico común del frijol se busca mediante la incorporación de genes de resistencia al virus en materiales de frijol.

Es interesante anotar que cuando los áfidos quedan capturados por los pelos en forma de gancho de las hojas del frijol, la mortalidad es alta. El porcentaje de capturas y el número de pelos en forma de gancho aumentó cuando las plantas se cultivaron bajo condiciones secas, en comparación con las cultivadas bajo condiciones de alta humedad (de Fluiter y Ankersmit, 1948). McKinney (1938) reportó una situación similar para la es-

razus persiceae y para los trips.

que atacan a las vainas

Apion godmani Wagn. (Coleoptera, Curculionidae)

La especie Apion godmani es una plaga del frijol de gran importancia

en la zona Central. Mancía et al. (1973b) reportaron daños en El Salvador

que ocasionaron pérdidas hasta del 94 por ciento. El ataque es más severo

durante la estación lluviosa. Estos autores consideran que durante la es

ta estación de lluvias en ciertas regiones de El Salvador, es la plaga más im

portante del frijol.

Apion godmani es una plaga del frijol en Méjico, Guatemala, El Sal

vador, Honduras y Nicaragua; sin embargo, también se ha reportado en culti

vos de frijol en Colombia (A. L. A. E., 1968).

Se ha reportado que en Méjico su ataque es más severo durante la es

ta estación lluviosa en ciertas regiones, especialmente en el altiplano, el cen

tro del país (McKelvey et al., 1951). Enkerling (1957) encontró que

en estas regiones de Méjico los cultivos de frijol fueron destruidos en

un 94 por ciento. En Méjico, la especie A. aurichalceum le sigue en impor

tancia a la especie A. godmani. La oviposición de esta especie sigue un pa

terno distinto, en que la hembra oviposita masas de aproximadamente 35 hue

cos en la porción distal de la vaina, lo cual permite a las otras semillas

de la vaina escapar al ataque (McKelvey et al., 1951).

Existen otras especies de Apion de menor importancia que también atacan al frijol, como A. aurichalceum, A. perpilosum, A. calcaratipes, A. germanum, A. griseum y Chalrodenus aenerus. La especie Apion godmani también ha sido reportada con el nombre de Trichapion godmani (Wagn) (Man-
cía, 1973b; McKelvey et al., 1951). Otras especies hospedantes, además de P. vulgaris, incluyen Dalea sp, Desmodium sp, Rhynchosia sp. y Tephrosia sp. (McKelvey et al., 1947).

Biología

El adulto es de tamaño pequeño, negro y de aproximadamente 2,9 milímetros de longitud. Durante la estación lluviosa se forman por lo menos dos generaciones, y posiblemente una tercera durante la estación seca. No se logró determinar los sitios donde invernan en México (McKelvey et al., 1951)

Bajo condiciones de laboratorio con un promedio de temperatura de 20,8°C y 75 por ciento de humedad relativa, Mancía (1973b) encontró que el período de incubación tiene una duración de cinco días. Los tres estadios larvales duran seis días. En tanto que el estado de prepupa y pupa duran dos y nueve días, respectivamente. El insecto adulto puede permanecer 3-4 días en la cámara pupal, sin embargo, generalmente emerge inmediatamente termina el estado de pupa. Este autor determinó que la longevidad de los adultos oscila desde 10 días hasta más de 11 meses, con un promedio de 2-3 meses.

Los adultos copulan cuando emergen, y pueden hacerlo varias veces.

(1973b) contó un máximo de 392 huevos por hembra con posturas de
vos por día. El período de preoviposición duró 10 días. Con base en
ciones reportadas por McKelvey et al., (1951), el período de incuba
ra 12 días, los estadios larvales 22-34 días, la prepupa dos días,
6-10 días y los adultos viven 2-3 meses.

Daño

Los adultos comienzan a aparecer cuando las plantas aún están jóve
ocasionalmente causan ligeros daños en el follaje, vainas y flores.
os ocasionados por la oviposición se presentan en las vainas recién
as. Durante el día, la hembra adulta abre un orificio pequeño en el
pio de las vainas de 1-4 centímetros de longitud, y generalmente de
e la semilla en formación; en este orificio deposita el huevo, que
n tamaño de 0,2 x 0,3 milímetros. Estos puntos se tornan visibles y
ervan deformaciones hiperplásticas de color blanco. En la pared de
inas también se pueden encontrar los orificios de salida de los adul
Kelvey et al., 1947 y 1951). Las vainas jóvenes atacadas pueden
(Ekerling, 1951).

La larva barrena por el mesocarpio de la pared de la vaina para ini
a alimentación en la semilla en desarrollo en el segundo estadio lar
deja el hilio intacto. Generalmente se encuentra una larva por se

milla; sin embargo, durante niveles altos de infestación se encontraron hasta 3-5 larvas por semilla con un máximo de 22 larvas por vaina (Mancía, 1963b). McKelvey et al. (1947) también reportaron una larva por semilla, aunque también encontraron ^{hasta} 7 larvas por semilla y 28 por vaina. La larva vive en una cámara. Las larvas no se pueden alimentar de las semillas maduras (McKelvey et al. 1947).

Control biológico

Mancía (1973b) encontró dos especies de Braconidae que parasitan larvas de Apion; una de ellas pertenece al género Friaspis. Sin embargo, la semilla que contenga una larva de Apion parasitada es destruida.

Control cultural

En ensayos de siembra quinconales, Mancía et al. (1947) no observaron influencia alguna de la fecha de siembra sobre el nivel de infestación, en tanto que los estudios continuos mostraron una tendencia a presentarse menores infestaciones en las siembras tempranas y tardías.

Resistencia varietal

Guevara (1972) ensayó seis variedades, y encontró que la variedad Pinto 168 fue la más resistente. En esta variedad se encontró el 4,2 por ciento de las semillas de frijol infestadas, en tanto que la variedad Negro Occidental, que fue la más susceptible, presentó el 67,2 por ciento de

millas infestadas. Las variedades Puebla 152 (con un 17,0 por ciento de ataque) y Méjico 228-7 (con 12,0 por ciento de ataque) presentaron resistencia intermedia. La variedad Pinto 168 dió el mismo rendimiento en las ensayas con y sin protección química, en tanto que las variedades Puebla 152 y Méjico 228-7 requirieron dos aspersiones, y la variedad Negro Mecánico requirió tres o cuatro aplicaciones para su control.

Entre 14 variedades ensayadas por Ramirez et al. (1959), la variedad Negro 151 fué la más resistente, con 84 larvas de Apion por 60 vainas. En resistencia a las larvas de Apion las variedades Bayo 164 (con 90 larvas) y Pinto 168 (con 108 larvas). La variedad Canocel, la más susceptible, presentó 108 larvas por 60 vainas. En los conteos de adultos por vaina la variedad Canocel también fué la más susceptible; las variedades más resistentes en crecimiento fueron Negro 151, Chapingo 55-III-7, Pinto 168 y Amarillo

Mancía (1973a) evaluó 2004 introducciones de P. vulgaris por resistencia al Apion. Detectó nueve variedades altamente resistentes y dos menos resistentes, pero no indicó su identificación. Las introducciones altamente resistentes presentaron un daño de semilla de 0,87-4,86 por ciento, en tanto que las introducciones más susceptibles tuvieron un daño de semilla de 43,3 y 91 por ciento.

McKelvey et al. (1951), mostraron que en cuatro años de ensayo con variedades Puebla 32, Hidalgo 6, Puebla 2 e Hidalgo 24, continuamente

presentaron menores infestaciones entre las 8 variedades ensayadas. Las variedades Puebla 32-A-2, Hidalgo 33-A-1; Hidalgo 28-A-2, Puebla 20-B-2, Hidalgo 38-A-1, Guanajuato -A-2, Guanajuato 10-A-5 e Hidalgo 14-A-3 combinaron un alto rendimiento con la resistencia al Apion.

La única documentación existente acerca del mejoramiento genético por resistencia en frijol, proviene de México con Apion (Guevara, 1957).

Este autor evaluó por resistencia con base en el porcentaje de semillas infestadas por 100 vainas. Las fuentes de resistencia fueron Pinto 152 y 153 Amarillo 153, 154 y 155, EAP 88B y Negro 151; posteriormente se utilizaron las variedades Hidalgo 15A y 24, Puebla 2 y 57-B-3, Tlax 2-1-C, Amarillo 156 y 164 y Negro 157 (Guevara, 1969). Los mejores resultados de resistencia al Apion se obtuvieron con los cruces que incluyeron las variedades Hidalgo 6 y Puebla 32. Aunque no se dan detalles acerca del mecanismo o herencia de la resistencia, se obtuvieron líneas altamente resistentes de los cruces Puebla 2 x Hidalgo 12-A-1; Hidalgo 12-A-1 x Puebla 32; y Zacatecas 4A-2 x Hidalgo 6-1.

Entre las 14 variedades ensayadas por Medina y Guerra (1973), encontraron resistencia al Apion, Emboasca y Enilashna en las variedades Negro 66, Jampa, Cañero 101 y 107; resistencia al Apion y Emboasca en las variedades Ojo de Cabra y Negro Criollo; y resistencia sólo al Apion en Bayomex, Delicias 71 y Querétaro 183-1.

Kancía (1973a) indica que en P. multiflorum (= P. coccineus) se en-

ran fuentes de inmunidad al Apion.

, Epinotia opposita Heinr. (Lepidoptera, Olethreutidae)

En Perú y Chile la especie E. opposita (= E. aporema) es una plaga im-
nente del frijol, debido a que ataca las yemas foliares terminales y las
s. Wille (1943) la considera como la plaga más importante de las legu-
as en el Perú, desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de alti-
as larvas se alimentan sobre o dentro de las yemas terminales o late-
, o perforan los tallos y vainas. En la alfalfa, las larvas jóvenes
tejen las hojas y viven dentro de ellas. Las larvas unen los excremen-
los expulsan por los canales de alimentación. En Colombia también se
servado daño y aborto de flores. Las larvas ocasionan deformaciones en
emas y tallos. Pueden resultar daños de las vainas por pudrición secun-
(Alomia, 1974).

Biología

Las hembras son activas durante la noche. Aproximadamente cuatro
después del inicio de la copulación, comienza la oviposición que tie-
período de 1-2 semanas, tiempo durante el cual se depositan 4-8 masas de
s; el promedio de posturas por hembra es de 110 huevos. Los huevos son
sitados en tejidos jóvenes. Los adultos tienen un período de vida de
días. El período de incubación tiene una duración de 3,8 y 6,3 días,
raro e invierno, respectivamente; los cinco estadios larvales tienen

una duración de 14 y 23 días en las correspondientes estaciones. La pupa se desarrolla en un capullo en las hojas o en el suelo (Wille, 1943).

Control

Wille (1943) encontró un parásito de larvas (Diptera, Tachinidae, Eucelatoria australis), que empupa en la piel pupal del hospedante. Avalos (comunicación personal) ensayó aproximadamente 200 variedades por resistencia a Epinotia, y encontró amplias diferencias en el porcentaje de yemas terminales y vainas atacadas. En Chile (C. Quiroz, comunicación personal), la siembra temprana en la primavera redujo el porcentaje de vainas dañadas por Epinotia hasta un nivel de 4,3 por ciento, en comparación con un nivel de 72,3 por ciento en las siembras tardías durante la primavera.

C. Laspeyresia leguminis Heinrich. (Lepidoptera, Olethreutidae)

La especie L. leguminis es una plaga del frijol en Sur América (Wille, 1943 y Alas, 1968). El daño que ocasiona frecuentemente se confunde con el de Epinotia. También ataca a otras leguminosas, como la soya, haba y frijol lima.

El daño es similar al que ocasiona Epinotia, pero también puede entretelar las vainas, lo cual no ocurre con Epinotia (Avalos, comunicación personal). Los adultos ovipositan en las vainas, las larvas jóvenes penetran dentro de ellas y destruyen las semillas. La larva empupa dentro de la vaina (Wille, 1943). Las medidas de control son similares a las aplicadas

notia.

Maruca testulalis (Geyer) (Lepidoptera, Pyralidae)

Al igual que la mayoría de los perforadores de vainas, la especie testulalis oviposita cerca de o sobre las yemas florales y sobre las ho-
venes. El daño en flores y vainas jóvenes se presenta antes de la per-
ón de las vainas (Scott, 1940). También ataca a diversas especies de
nosas. Leonard (1931) proporciona una lista de la distribución y hos-
es de M. testulalis.

La especie M. testulalis se distingue de la especie Stiella zinckenella,
ador de las vainas del frijol lima, por la coloración de las larvas y
s. Las larvas de Maruca presentan cuatro puntos negros o de color gris
en cada segmento, en tanto que el adulto descansa con las alas ex-
as. Las larvas de M. testulalis expulsan el excremento fuera de las
, en tanto que E. zinckenella lo deja en la vaina (Stone, 1965). La
e M. testulalis se ha reportado en el Brasil (Ruppel e Idrobo, 1962),
ia (Fosha et al., 1970) y en Cuba y Puerto Rico (Leonard, 1931).

Heliothis sp.

El daño ocasionado por Heliothis (H. zea y H. virescens) es esporá-
pero puede ser severo. Los adultos ovipositan en las hojas jóvenes y
rvas jóvenes pueden alimentarse en hojas y flores, pero posteriormen-
foran las paredes de las vainas para alimentarse de las semillas.

Pueden ser destruidas varias semillas por vaina, y la pudrición secundaria puede ocasionar la pérdida de las semillas restantes. Las larvas generalmente no viven dentro de las vainas. Aún no se tiene claridad acerca de cual de las dos especies mencionadas es la más común en el frijol; sin embargo, durante un ataque reciente se encontró la especie H. virscens.

Es difícil lograr un control químico de las larvas más viejas, pero generalmente se presentan altos niveles de parasitismo. Posada (1976) da una lista de 26 parásitos o predadores distintos, identificados en Colombia. Durante un ataque reciente se observó que el 89,2 por ciento de las larvas colectadas en el campo, estaban parasitadas por una mosca de la familia Tachinidae.

Insectos que atacan al frijol almacenado

Las principales plagas del frijol almacenado son dos especies de gorgojos: Acanthoscelides obtectus (Say) (los sinónimos son Mylabris obtectus y Pruchus obtectus) y Zabrotes subfasciatus (Boheman) (los sinónimos son Z. pectoralis, Z. dorsalis y Spermatorchus subfasciatus). Ambas especies se encuentran ampliamente distribuidas, y se han reportado desde Chile hacia el norte hasta los Estados Unidos. Se encontraron otras 28 especies de insectos en frijol almacenado; son de menor importancia o se encontraban en el frijol por accidente. En la siguiente sección de este documento, sólo se tratarán aspectos de las dos especies mencionadas.

Biología

El ciclo de vida de las especies A. obtectus y Z. subfasciatus es muy r, y fué estudiado en detalle por Howe y Currie (1964). Difieren bá_ te en su comportamiento de oviposición. Las hembras de A. obtectus nan los huevos entre las semillas almacenadas o infestan al frijol en po, Ovipositan sus huevos en heridas de las vainas en crecimiento. rvas recién eclosionadas penetran en la semilla. En contraste, los de Z. subfasciatus se adhieren firmemente a la semilla. Después de la ón, las larvas jóvenes perforan el corión del huevo y la cubierta de illas a un mismo tiempo (Howe y Currie, 1964).

Las larvas de ambas especies mudan cuatro veces antes de empupar. Du el último estadio larval, la celda pupal se torna visible como una a circular en la semilla a medida que la larva se alimenta en la su_ de inferior de la testa. Terminado el período de pupa, el adulto pue_ manecer en la celda durante varios días antes de empujar la ventana ica. Tiene la habilidad de escapar consumiendo la ventana de salida. ultos, por lo general, no comen, sino que toman el agua o nectar. La ición se inicia rápidamente después de la emergencia, y los adultos un corto período de vida (Howe y Currie, 1964).

Las condiciones óptimas para el desarrollo rápido de los huevos de gny_ fueren de una humedad relativa del 70 por ciento y una tempera_

tura de 30°C, cuando los insectos permanecieron 22,5 días dentro del frijol. La mortalidad durante el desarrollo se presenta principalmente cuando las larvas penetran en la semilla o cuando el orificio de salida no es lo suficientemente grande para la emergencia del adulto. Los adultos tienen un período de vida de 11,8 días a una temperatura de 30°C y una humedad relativa del 70 por ciento. Bajo estas condiciones, una hembra oviposita un promedio de 63,0 huevos (Howe y Currie, 1964).

En el caso de Z. subfasciatus, el óptimo período de desarrollo, incluyendo el estado de huevo, es de aproximadamente 25,0 días a 32,5°C y 70 por ciento de humedad relativa. En esta especie, el 7,2 por ciento de los adultos fueron incapaces de salir de la celda pupal y murieron. Los adultos de Zabrotas exhiben dimorfismo sexual. La hembra generalmente mide 1½ más que el macho. Los adultos tienen un período de vida de 7,6 días a 30°C y 70 por ciento de humedad relativa. Bajo estas condiciones, una hembra oviposita en promedio 35,5 huevos (Howe y Currie, 1964).

Con base en nuestras observaciones, la especie A. obtectus se encuentra distribuida en las mayores altitudes y latitudes, en tanto que Z. subfasciatus se encuentra predominantemente en las áreas cálidas. Existe competencia entre las dos especies. En estudios realizados en Nicaragua (Gibson, comunicación personal) en localidades a 50, 150 o 380 metros sobre el nivel del mar, el frijol fué inicialmente infectado por A. obtectus (9,7%) y Z. subfasciatus (0,3%). Después de 15 semanas, las proporciones

0:100 por ciento a una altitud de 56 metros, 4,6:95,4 por ciento
tros y 27,3:76,6 por ciento a 680 metros. La temperatura promedio
tres altitudes fué de 28,2°C, 25,2°C y 24,3°C, respectivamente. Es
altados indican que A. obtectus es un competidor más fuerte a meno_
eraturas.

En la literatura no se encuentra información precisa acerca de las
económicas ocasionadas por los insectos en el frijol almacenado.
y Craniell (1967) estimaron que las pérdidas de frijol almacenado
o y otros países de América Central son hasta del 35 por ciento. No
ocoron si estas pérdidas son ocasionadas por insectos o son debidas a
usas.

En una encuesta de mercadeo realizada en Brasil (área de Recife), las
promedio por almacenamiento y manejo durante el proceso de merca_
ron de 13,3 por ciento (Slater et al., 1969).

En un estudio realizado en fincas productoras de frijol y en 30 bode_
almacenamiento en Colombia, se concluyó que el período promedio de
miento es muy corto, y durante este tiempo se estiman pérdidas de
ciento (Schoenhoven, 1975).

Medidas de control no químicas y adelantadas por los agricultores

Un método local para controlar los gorgojos, es la aplicación de
al frijol almacenado para siembras futuras. La efectividad de es

te método como barrera física contra el ataque de los gorgojos, fué satisfactoria (CIAT, 1975).

El almacenamiento del frijol en vainas sin daño es una medida de control segura contra el ataque de Zabrotes. Los huevos ovipositados sobre las paredes de la vaina eclosionaron, y las larvas perforaron las paredes de las vainas, pero murieron dentro de ellas sin alcanzar a penetrar en la semilla. Aunque este método es efectivo contra Zabrotes, no se debe utilizar para el control de Acanthoscelides, debido a que este insecto es capaz de atacar al frijol dentro de la vaina. Labeyrie (1957) mostró que el almacenamiento del frijol descascarado o el retardo de la cosecha, favorece en gran medida el ataque de Acanthoscelides.

Otro método de control de gorgojos distinto a los métodos químicos, es el uso de pimienta negra. Un gramo de pimienta molida por 385 gramos de frijol redujo las infestaciones de A. obtectus en un 78 por ciento después de cuatro meses de almacenamiento, en comparación con los lotes sin tratamiento. Con 4,25 gramos de pimienta por 385 gramos de semilla, la reducción fué del 97,9 por ciento (Lathrop y Keirstead, 1946).

Los polvos inertes, especialmente el sílice cristalino, bentonita y carbonato de magnesio, fueron efectivos para el control de A. obtectus; fué especialmente efectiva la fracción de partículas finas. La mortalidad de adultos (muerte del 90% en 12 horas debido a la bentonita) se le atribuyó a la pérdida de agua (Chiu, 1949).

En los laboratorios del CIAT se evaluaron aproximadamente 700 introducciones de P. vulgaris por resistencia a Z. subfasciatus. Varias introducciones fueron muy resistentes, pero algunas se clasificaron susceptibles o se evaluaron en la siguiente generación. La semilla debe mantener su resistencia por lo menos durante tres generaciones de ensayo, antes de que pueda considerarse como resistente y que se pueda utilizar en estudios posteriores. También se ha reportado resistencia a Acanthoscelides (Lefebvre,

Métodos de control químico

El control químico de los gorgojos se logra fácilmente con diversos productos (Sales y Ruppel, 1959; McFarlane, 1970). Las piretrinas son muy eficaces para controlar insectos almacenados.

En nuestra encuesta, la mayoría de las bodegas de almacenamiento utilizan pocos productos para controlar insectos. El 33,3 por ciento de los propietarios de bodegas utiliza fosfoxina, el 40 por ciento utiliza bromuro de metilo, el 26,7 por ciento utiliza CS_2 y el 13 por ciento utiliza pirimetil. Un propietario indicó que utiliza aldrin para el control de gorgojos.

Las recomendaciones de control químico se presentan en el mismo orden en que se discutieron los insectos; se comienza con los que afectan al frijol en estado de plántula y se concluye con el control de insectos de granos almacenados.

Insectos que atacan al frijol en estado de plántula

1. Hylemya sp.

La literatura vieja recomienda el uso de aldrin o lindano, o dieldrin, pero estos productos en la actualidad son menos deseables. Los productos recomendados son:

diazinon (Basuline) 60-80 g i.a./100 kg de semilla (tolva)

chlorpyrifos (Dursban) 60-65g i.a./100 kg de semilla (pasta lechosa)

carbofuran (Furadan) 1-1,2 kg i.a./ha (en el surco)

chloropyrifos (Dursban) 0,8-0,9 kg i.a./ha (en el surco)

Nota: La pasta lechosa se refiere a un insecticida que, frecuentemente, se mezcla con un fungicida y se aplica como revestimiento de la semilla antes de la siembra.

(Eckenrode et al., 1973; G. Quiroz, comunicación personal).

2. Troxalores, grillos, milpiés y chizas

Una medida de control curativo es el uso de cebos, cuando el ataque se presenta. La formulación de un cebo para una hectárea puede ser la siguiente: 25 kg de escorrión o harina de maíz + 3 litros de melaza, + 1 litro de dípterox. Esta mezcla se aplica a lo largo o alrededor de las plantas en las últimas horas de la tarde. Una lluvia llevaría el cebo.

otras recomendaciones curativas son:

amphchlor (Toxafeno) 2 kg i.a./ha

methomyl (Lannate) 250-300 g i.a./ha

Las chizas se controlarán en forma efectiva mediante la aplicación

de 0,9 kg i.a./ha de carbofuran (Furadan) o disulfoton (Disyston)

. Sin embargo, no se recomienda el control preventivo.

(Metcalf y Flint, 1972; CIAT, 1974).

4. Elasmopalpus lignosellus

El control químico se debe adelantar al momento de la siembra, y los

se deben dirigir cerca de la plántula.

Se recomienda aplicar antes de la siembra una pasta de:

Furadan (75% PM), 6 g i.a./kg de semilla

Demeton (methamidophos) 7,2 cc i.a./kg o Azadirin 50% (monocrotophos)

2,4 cc i.a./kg de semilla

Algunos productos pueden ser fitotóxicos.

que se alimentan de las hojas

1. Crisomelidos

Se puede tolerar un número moderado de perforaciones antes de ini-

control químico. Se recomiendan los siguientes productos:

carbaryl (Sevin) 1-1,5 kg i.a./ha

Fluzinon (Basulino) 0,5 litros i.a./ha

Parathión 0,5 litros i.a./ha

2. Comedores de hojas del orden Lepidoptera

El control químico rara vez se justifica, con la excepción de la especie Trichoplusia ni, que ataca las vainas jóvenes.

Se recomiendan los siguientes productos:

Thuricide o dipel (= Bacillus thuringiensis) 0,5-1 kg/ha (de 16.000 UPI/mg); no se recomienda aplicarlo durante periodos secos y soleados. Endo sulfan (Thiodan) 1-1,5 litros i.a./ha.

3. Epilachna varivestis

El control se debe iniciar cuando se presente un adulto o masa de huevos por cada dos metros de surco de frijol. Los productos recomendados son:

Malathion 50% 1 litro i.a./ha

carbaryl (Sevin) 1,5 kg i.a./ha

o al momento de la siembra se pueden aplicar los siguientes insecticidas granulados:

disulfoton (Dicyston) 0,5 kg i.a./ha

carbofuran (Furadan) 0,5 kg i.a./ha

phorate (Phimet) 0,5 kg i.a./ha

aldicarb (Ponik) 0,5 kg i.a./ha

(Galena y Sifuentes, 1969; Hagen, 1974).

Insectos chupadores

1. Saltahojas

Al momento de la siembra se puede aplicar carbofuran (Furafian) a razón de 0,6-1,0 kg i.a./ha cerca o debajo de la semilla en el surco, pero solamente que no quede en contacto con la semilla.

Los productos de aplicación foliar son los siguientes:

Carbaryl (Sevin) 1-1,5 kg i.a./ha

Monocrotophos (Acolrin, Nuvacron) 0,5 litros i.a./ha

Dimethoate (Rogor, Diostop, Roxion, perfecthion) 0,5-1 litro i.a./ha.

2. Acaros

a. Tetranychidae. El ataque frecuentemente se presenta a finales de la estación de crecimiento, y es posible que no sea necesario aplicar medidas de control. Se pueden presentar después de un uso intensivo de plaguicidas.

Se recomiendan los siguientes productos:

Tetradifon (Tedian) 0,5 litros i.a./ha (altamente específico)

Dinocap (Arathane, Karathane) 0,5 kg i.a./ha

Dicofol (Kelthane) 0,8 kg i.a./ha (la resistencia a este compuesto está ampliamente distribuida)

Methamidophos (Tamaron) 0,5-1 kg i.a./ha

Phorate (Thimet) granular aplicado al surco, 1 kg i.a./ha

(Wilcock y Howland, 1960)

b. Tarsonemidae. Las poblaciones de ácaros son estimuladas por

Las aplicaciones de dimethoate. El mejor control se logra con los siguientes productos:

azufre en polvo (Elosal) 0,7-1 kg/ha

monocrotophos (Azodrin) 0,5-1 litros i.a./ha

carbaryl (Sevin) 1 kg i.a./ha

3. Moscas blancas

Las moscas blancas ocasionan poco daño, pero se justifica su control para evitar la transmisión de virus.

Oxydemeton-methyl (Metasystox) 0,3-0,9 kg i.a./ha

Los productos sistémicos que se aplican al suelo son:

carbofuran (Furadan) 2-2,5 kg i.a./ha

phorate (Thimet) 2-2,5 kg i.a./ha

aldecarb (Demik) 2-2,5 kg i.a./ha

(Alonzo, 1975; Lancia et al., 1973b).

Insectos que atacan las vainas

1. Apion podmeni

Se recomiendan aspersiones de:

carbaryl (Sevin) 1,5 kg i.a./ha

Methyl-parathion 0,8-1 litro i.a./ha

monocrotophos (Accarin) 1 litro i.a./ha

methomyl (Lannate) 1 kg i.a./ha

El mejor control se logra cuando las aplicaciones se hacen 12 días del inicio de la floración; también se pueden hacer dos aplicaciones a los seis días y la otra a los trece días después del inicio de la floración.

Al momento de la siembra se recomienda la aplicación de 2-2,5 kg i.a./ha de Furacian; este producto controla tanto moscas blancas como en tanto que los otros insecticidas sistémicos ensayados no logran su

(Mancía et al., 1973a; Mancía et al., 1974)

2. Epinotia oxycita

Con el fin de proteger las uvas es necesario hacer una o dos aplicaciones de los siguientes productos:

carbaryl (Sevin) 1,5-2 kg i.a./ha

amincarb (Katacil) 1,5-2 kg i.a./ha

monocrotophos (Azadirin) 0,5-0,6 litros i.a./ha

methamidophos (Damaron) 0,5-0,6 litros i.a./ha

(Torres, 1958).

3. Heliocthis sp.

Es una lagarta muy difícil de controlar si no se hace cuando las larvas son pequeñas. Se recomiendan los siguientes productos:

monocrotophos (Isodrín) 0,5-1 litro i.a./ha

methomyl (Lannate) 0,5 kg i.a./ha

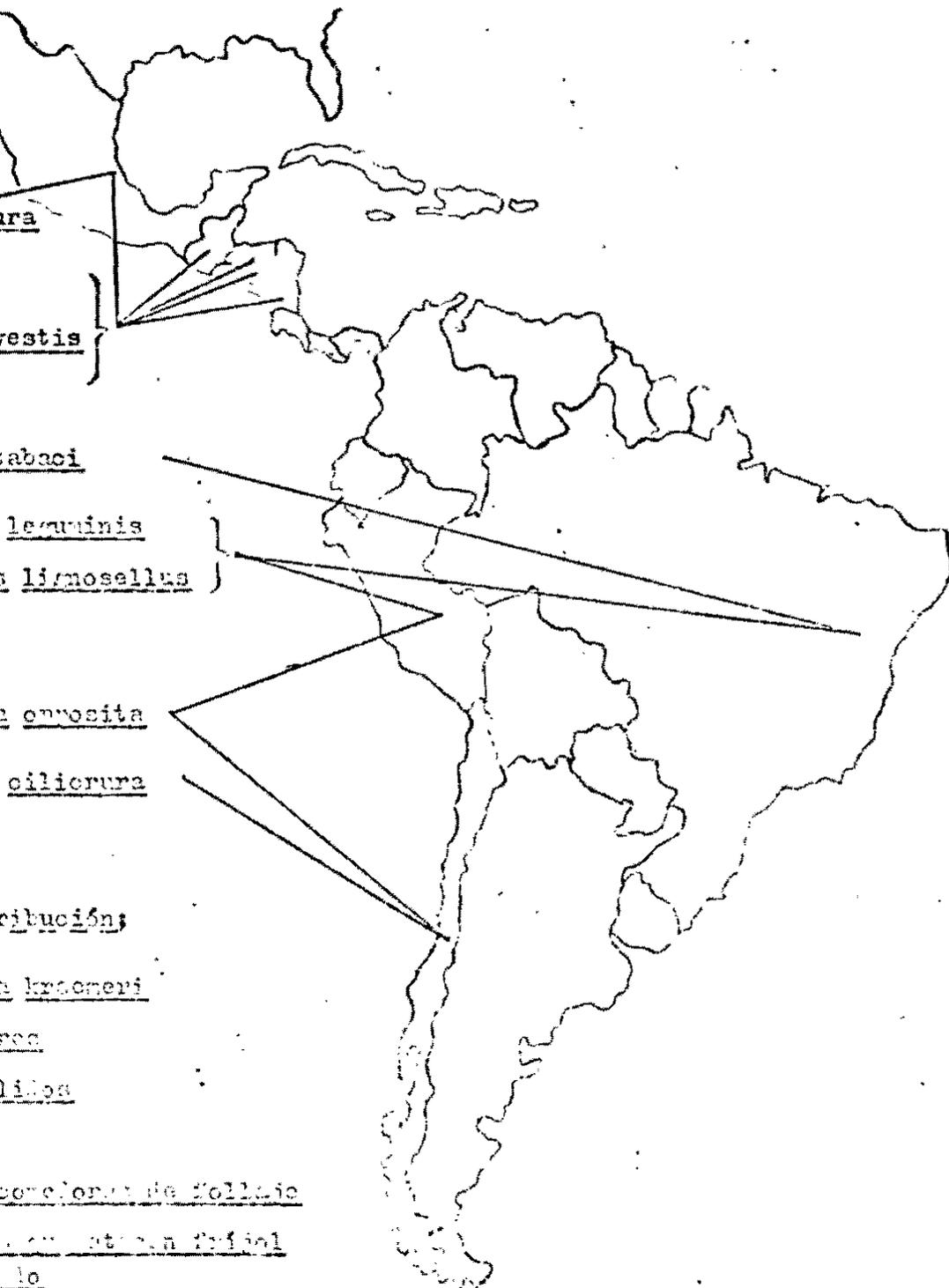
Los nuevos piretroides sintéticos a razón de 200-300 cc i.a./ha son muy efectivos.

Insectos que atacan al grano almacenado

El mejor control se logra con materiales no tóxicos, debido a que el producto está próximo a ser consumido.

Se recomienda la aplicación de aceites vegetales a razón de 5 cc/kg de frijol bien molidos. Las piretrinas o piretroides a razón de 1,7-2 ppm cuando el frijol se almacena en la oscuridad con un control ruralero. Para una mayor cantidad de grano se recomiendan fumigaciones con phostoxin en una dosis de 3-5 tabletas por 1000 kg o 1-2 tabletas por m³. Estas y otras fumigaciones no protegen al frijol, sino que sólo lo desinfectan (Salas y Ruppel, 1959; McFarlane, 1970).

1. Distribución de las principales plagas del frijol en América Latina.



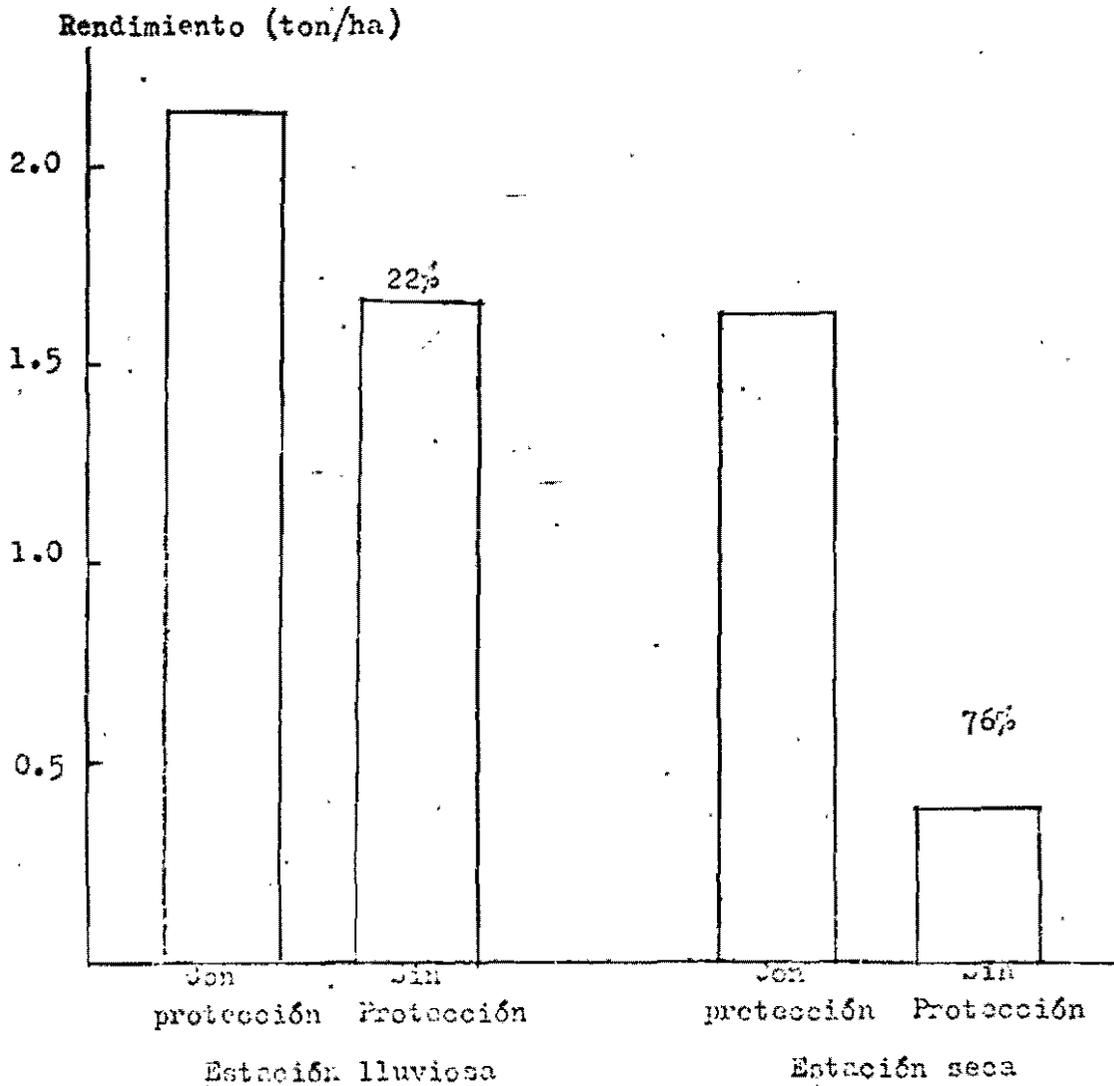


Figura 2. Rendimiento promedio de la variedad Diacol-Jalima en el mejor tratamiento con insecticidas, en comparación con parcelas sin tratamiento, durante la estación lluviosa y seca. (Promedio de tres ensayos en cada estación).

Insectos plaga más importantes del frijol en 12 países de América Latina (Gutierrez et al., 1275).

insectos de al daño	Principales especies	Frecuencia de la plaga
es.	<u>Empoasca</u> sp.	12
s de follaje (Lepidoptera)	<u>Diabrotica</u> sp. <u>Epilachna</u> sp.	10
es	-----	8
que atacan	<u>Anthonomus</u> <u>grandis</u>	5
que atacan a los tallos	-----	5

Cuadro 2. Importancia relativa de algunas plagas del frijol en América Central (después de Bonnefil, 1965)

Pais	Lorito Verde (<u>Empoasca</u>)	Crisomelidos (<u>Diabrotica</u>)	Apion <u>godmani</u>	Mosca blanca (<u>Bemisia</u>)	Epilachna <u>varivestis</u>
Costa Rica	4 ¹	4	1	2	1
Nicaragua	3	3	1	3	3
El salvador	4	3	3	2	1
Honduras	4	3	4	3	1
Guatemala	4	2	3	2	4

1 Importancia relativa con base en una escala 0-4: 0 = ausente y
4 = muy numeroso.

Insectos plaga más importantes del frijol en 12 países de América Latina (Gutierrez et al., 1975).

Insectos de al daño	Principales especies	Frecuencia de la plaga
es.	<u>Empoasca</u> sp.	12
s de follaje (Lepidoptera)	<u>Diabrotica</u> sp. <u>Epilachna</u> sp.	10
es	---	8
que atacan	<u>Anthonomus</u> <u>grandis</u>	5
que atacan marchado	---	5

Cuadro 2. Importancia relativa de algunas plagas del fríjol en América Central (después de Bonnefil, 1965)

Pais	Lorito Verde (<u>Empoasca</u>)	Crisomelidos (<u>Diabrotica</u>)	Apion <u>godmani</u>	Mosca blanca (<u>Bemisia</u>)	Epilachna <u>varivestis</u>
Costa Rica	4 ¹	4	1	2	1
Nicaragua	3	3	1	3	3
El salvador	4	3	3	2	1
Honduras	4	3	4	3	1
Guatemala	4	2	3	2	4

1 Importancia relativa con base en una escala 0-4: 0 = ausente y

4 = muy numeroso.

Promedio de pérdidas en rendimiento de los tratamientos con insecticidas que dieron los mayores rendimientos, en comparación con las parcelas sin tratamiento de 16 ensayos con insecticidas reportados en la literatura de frijol.

	No. de ex_ perimentos	Principales insectos incluidos	Prom. de pérdida en rendimiento(%)
Sal_	5	<u>Asion godmani</u>	54,2
	3	<u>Empoasca kraemeri</u>	64,0
	2	<u>Epilachna variventis</u>	55,0
r, 16_ rto Rico	6	No especificados	30,5
	16	Promedio ponderado	47,25

8200

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL
PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE PLAGAS EN FRIJOL

Preparado por: Rafael Valderrama H. Ing. Agro.
Asistente de Investigación.
Programa de Entomología-frijol.

CIAT - MARZO-ABRIL DE 1977.

neral, la forma de control más utilizada, dentro de los diferentes métodos de control que existen.

El uso de productos químicos para controlar plagas es ventajoso porque es efectivo y se obtiene una respuesta y curación muy directa y rápida y frecuentemente no es muy costoso. Por estas razones, el control químico se conoce como una de las formas de control más importantes y usuales en la agricultura. Sin embargo, el uso de control químico también tiene sus limitaciones y problemas: Los productos utilizados son por lo

para el hombre; además, pueden matar los insectos benéficos que existen en el campo y las plagas secundarias pueden pasar a plagas primarias como ocurre con los ácaros, por ejemplo; son también agentes contaminantes del medio ambiente. Por eso, el control químico, que es útil y efectivo, debe emplearse con mucho cuidado, inteligencia y responsabilidad y mejor aún, integrarse con otras formas de control, como el control cultural, el control biológico, el uso de variedades resistentes, etc.

Estas notas, hacen referencia únicamente al control

de plagas de frijol.

Las recomendaciones que se dan, están basadas en las investigaciones y experiencias del programa de entomología de frijol del CIAT y en las obtenidas por otros investigadores de Colombia y de otros países Americanos. Estas recomendaciones se presentan para las plagas más frecuentes e importantes, siguiendo una secuencia de acuerdo con el ciclo vegetativo del frijol.

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE PLAGAS EN FRIJOL

ESTADO DE PLANTULA

PLAGAS, DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formu- lación	DOSIS I.A.	OBSERVACIONES, APLICACION, NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
DAÑO DE LA SEMILLA					
<i>Acanthosittus</i> sp.	Biazinon	Basudin	C.D.	60-80gr/100kg semilla	mezclarlo con la semilla en la caja de la sembradora.
larvas de esta mosca atacan las semillas en germinación y pueden barrenar los tallos de las plántulas.	clorpirifor	Dursban	P.M.	60-65gr/100kg semilla.	Aplicar a la semilla antes de la siembra.
	carbofuran	Furadan	G.	10-12 kg/ha	Aplicarlo al surco, evitar el contacto directo entre el producto y la semilla.
	clorpirifor	Dursban	G.	0.8-0.9kg/ha	
ARREROS Y TROZADORES					
<i>Proctos litus</i> sp., <i>Spodoptera</i> sp., <i>Proctos litus</i> sp.	cebos tóxicos*				*Preparación del cebo (para 1/ha) - 25 kg de Aserrin de madera o salvado - 3 lts de melaza - 1 lt de Dipterex
larvas son de hábitos nocturnos, cortan las plantas por la base.	carbenclor	Toxafeno	C.E.	20 kg/ha	Aplicarlo en bandas o en corona, en horas de la tarde.
	methomyl	Lannate	P.S.	250-500gr/ha	
LAGAS, MOJOJOYES	carbofuran	Furadan	G.	0.9 kg/ha	Aplicar los productos granulados al suelo.
larvas de escarabajos que dañan las plántulas al consumir las raíces o cortar las plantas.	disulfoton	Disyston	G.	0.9 kg/ha	
ARRANADOR MENOR DEL MAIZ					
<i>Diabrotica</i> sp.	carbofuran	Furadan.75	P.M.	6g/kg semilla	Estos productos se deben mezclar con la semilla por lo menos 3 horas antes de la siembra. La aplicación de adherentes a la semilla antes de mezclarla con el producto proporciona una mejor protección
perforan las plántulas en la base y ascienden barrenando el tallo	metamidofofos	Yamaron 50%	C.D.	7.2 cc/kg semilla	
	monocrotofos	Azodrin 60%	C.S.	24cc/kg sem.	

= Concentrado emulsionable
= Concentrado Soluble

PS = Polvo soluble
G = Granulado
NOTA: La inclusión de nombres comerciales es como ejemplo. No

NOTA: Puede presentarse fitotoxicidad

PLANTAS, DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formu- lación	DOSIS I.A.	OBSERVACIONES, APLICACION, NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
ARRONCITO DE LAS HOJAS <i>Prototica</i> spp. <i>Stoma</i> spp. <i>Triox</i> sp. Los adultos causan el daño. Se observa como perforaciones o huecos en el follaje. Las larvas atacan las vainas.	carbaryl	Sevin	P.N.	1-1.5kg/ha	Se puede tolerar un número moderado de perforaciones antes de iniciar el control. Aplicar los productos al follaje cuando se necesite.
	metazidon	Lasudin	C.E.	0.5 lts/ha	
	paration	Paration	C.E.	0.5 lts/ha	
	endosulfan	Thiodan	C.E.	0.5-1 lts/ha	
HOJAS DE LAS HOJAS <i>Diuraphis ni</i> <i>Diuraphis</i> sp. larvas.	Bacillus thuringiensis	Dipel, Thuricide	P.N.	0.5- 1 kg/ha	*Producto comercial (16.000 UPI/mg). No se aplique en días soleados, ni en periodos muy secos. El <u>T. ni</u> se puede controlar con el uso de virus de la poliedrosis nuclear (N.P.V.) El control químico se justifica cuando hay ataques a las vainas jóvenes.
	endosulfan	Thiodan	C.E.	1 -1.5 lts/ha	
ARRON MEJICANO DEL FRIJOL. MUELA. <i>Achana varivestis</i> Las larvas y adultos se alimentan de las hojas, vainas y granos. Está ampliamente distribuido en Centro y Norte América, en donde es la principal plaga del frijol.	malathion	Malathion 50%	C.E.	1 lt/ha	El control con estos productos se debe iniciar cuando se observe 1 adulto o 1 masa de huevos por 2 metros de surco. Los productos granulados se deben de aplicar al momento de la siembra, al surco, evitando el contacto directo entre el producto y la semilla
	carbaryl	Sevin	P.N.	1.5 kg/ha	
	disulfoton	Dysyston	G.	0.5 kg/ha	
	carbofuran	Furadan	G.	0.5 kg/ha	
	phorate	Thimet	G.	0.5 kg/ha	
	aldicarb	Temik, Temizid 10	G.	0.5 kg/ha	

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE PLAGAS EN FRIJOL

GRUBADOS

PLAGAS, DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formu- lación	DOSIS I.A.	OBSERVACIONES, APLICACION, NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
<p>SALTAMONJAS, CHICHARRITAS, LORITO VERDE</p> <p><u>Empoasca kraemeri</u></p> <p>Las ninfas y los adultos cau- san el daño. Se localizan en el envés de las hojas y ori- ginan amarillamiento y enres- pamiento del follaje al ali- mentarse. Es una plaga de mu- cha importancia en Colombia.</p>	carbofuran	Furadan	G.	0.6-1.0kg/ha	Aplicar al surco al momento de la siem- bra, cerca o debajo de la semilla.
	carbaryl	Sevin	P.M.	1-1.5 kg/ha	Evitar el contacto directo entre ésta y el producto.
	monocrotopos	Azodrin, Nuvacon	C.E.	0.5 lts/ha	Aplicar al follaje cuando se necesita. Las lluvias pueden disminuir las po- blaciones.
	dimetcato	Rogor, Diostop, Roxion.	C.E.	0.5-1.0lts/ ha.	
<p>ARAÑITAS ROJAS</p> <p><u>Tetranychus sp.</u></p> <p>Las colonias de ácaros se ubi- can en el envés de las hojas. El follaje toma una coloración amarillo rojiza y los bordes se doblan hacia abajo. Los ata- ques ocurren hacia el final del período vegetativo. Algu- nos productos químicos incre- mentan las poblaciones.</p>	tetracifon	Tedion	C.E.	0.5 lts/ha*	* Especifico para ácaros.
	binocap	Karathane		0.5 kg/ha	Aplicar al follaje cubriendo el envés de las hojas, cuando sea necesario.
	dicofol	Keithane	C.E.	0.3 kg/ha	En lo posible no usar el mismo pro- ducto más de dos veces durante el de- sarrollo del cultivo, pues estos áca- ros desarrollan resistencia muy rapi- damente.
	metaminofos	Tamaron	C.E.	0.5-1 kg/ha	Aplicar el producto granular al suelo.
	phorate	Thimet	G.	1 kg/ha	
<p>ACARO BLANCO TROPICAL</p> <p><u>Polyphagotarsonemus latus</u></p> <p>Banks</p> <p>Los ataques a los brotes y hojas tiernas, forman focos definidos en el cultivo.</p>	Azufre	Elosal 80, Tiovit	P.M.	0.7-1.0 kg/ha	Localizar los focos y aplicar en las areas más afectadas. La alta humedad favorece su desarrollo. Controlar las malezas.

DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formu- lación	DOSIS I.A.	OBSERVACIONES, APLICACION, NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
Individuos son extremada- mente pequeños y se ubican en bordes de las hojas, prefe- rentemente. En altas poblacio- nes atacan las vainas. Algu- nos productos químicos estimu- lan las poblaciones.	monocrotofos	Azodrin	C.E.	0.5-1.0 lts/ ha.	
	carbaryl	Sevin	P.M.	1 kg/ha.	
MANCHA					
la sp.	cyperoten- retil	Metasystox	C.E.	0.3-0.9 kg/ ha.	Aplicar al follaje cuando se detecta la presencia del insecto.
insectos no causan da- ño por si mismos, pero el control se justifica para evitar la transmisión de enfermedades virósas.	monocrotofos	Azodrin, Nuva- cron	C.E.	0.6-0.8 lts/ ha.	Aplicar al suelo al momento de la siembra o cuando se detecta la pre- sencia del insecto.
	carbofuran	Furadan	G.	2-2.5 kg/ha	
	chlorate	Thimet	G.	2-2.5 kg/ha	
	aldicarb	Senil	G	2-2.5 kg/ha	

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE PLAGAS EN FRIJOL

INSECTOS DE LAS VAINAS

PLAGAS, DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formulación	DOSIS T.A.	OBSERVACIONES, APLICACION, NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
<p><u>GRUPO DE LA VAINA</u></p> <p><u>Conocotia</u> Wagn.</p> <p>Larvas pequeñas se alimentan del mesocarpo, más tarde perforan la testa alimentándose de los cotiledones. Granos pequeños atacados no se desarrollan. El adulto se alimenta de hojas tiernas y vainas pequeñas, pero su daño no es muy importante. Es una plaga importante en Centro América.</p>	carbofuran	Puradán	G.	2.0-2.5 kg/ha*	* Aplicar al momento de la siembra
	carbaryl	Sevin	P.M.	1.5 kg/ha**	** Aspersiones a la planta.
	methylparathion			0.5-1 lt/ha***	El mejor control se obtiene cuando se aplican a los 12-13 días después de iniciarse la floración, en la siguiente forma: 1) Una sola aplicación a los 12 días. 2) Dos aplicaciones: la primera a los 6 días y la segunda a los 13 días.
	monocrotofós	Azodrin	C.E.	1 lt/ha **	
	methomyl	Lannate	P.S.	1 kg/ha**	
<p><u>GRUPO DE LOS BROTES</u></p> <p><u>Diabrotica</u> sp.</p> <p>Larvas barrenan los brotes jóvenes; cuando se forman las vainas, se trasladan a éstas. Es una plaga de importancia en el Perú.</p>	carbaryl	Sevin	P.M.	2.5-2 kg/ha	Aspersiones a los brotes y a las vainas. Se necesita de 1 a 2 aplicaciones para proteger las vainas.
	aminocarb	Matacil	P.M.	1.5-2 kg/ha	
	monocrotofós	Azodrin	C.E.	0.5-0.6 lt/ha.	
	metamidofós	Tamaron	C.E.	0.5-0.6 lt/ha.	
<p><u>GRUPO DE LAS VAINAS</u></p> <p><u>Diabrotica</u> sp.</p> <p>Larvas consumen foliares: las vainas son atacadas cuando se forman. Las larvas pueden consumir granos sin penetrar en las vainas. Su presencia en Colombia es una plaga del frijol es muy importante.</p>	monocrotofós	Azodrin	C.E.	0.5-1 lt/ha	Aspersiones cuando las larvas se encuentran pequeñas. Larvas mayores del tercer instar o después de penetrar en las vainas, no son controlables. *Los piretroides son muy efectivos. No use varias veces el mismo insecticida para evitar el desarrollo de resistencia.
	methomyl	Lannate	P.S.	0.5 kg/ha	
	Piretroides		C.E.	100-300 ml/ha*	

S. DESCRIPCION DEL DAÑO	PRODUCTO		Formu- lación	DOSIS I.A.	OBSERVACIONES, APLICACION NOTAS
	Nombre común	Nombre comercial			
<p>COMPUTADO DEL FRIJOL</p> <p><u>botas subfasciatus</u> (man)</p> <p>hormigas ovipositan sobre granos. Las larvas se de- collan dentro del grano. adulto al emerger perfora agujero. Se desarrollan en climas cálidos.</p>	locaitas vegetales*			5 ml/kg de frijol	Puesto que el frijol está próximo a ser consumido, el mejor control se obtiene con materiales no tóxicos para el hombre.
	piripetrinas*		P.	1.7-2 ppm	
	piratroides*		P.	1.7-2 ppm	* Mezclar muy bien con los granos ** Producto comercial.
	Fosfamina	Phostoxin	Tabletas	4.0/1000kg frijol ** 1-2/1000	Las fumigaciones no dan protección, sino que desinfectan el grano.

RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE MALEZAS EN FRIJOL

G. Giraldo *

C. Fuentes *

W. Piedrahita **

Frijol, el control de malezas es una parte integral del proceso de producción, al igual que el uso de variedades mejoradas, fertilización, control de insectos y enfermedades, buena preparación del terreno, etc.

Estos son factores que aportan condiciones para el óptimo desarrollo y rendimiento del cultivo.

Para tener un correcto enfoque hacia el control de malezas en el cultivo del Frijol, es conveniente recordar que éstas se clasifican en tres categorías de acuerdo a su periodo vegetativo :

Anuales .

Bianuales .

Perennes .

Asistentes de Investigación . CIAT . A. A. 67-13, Cali-Colombia.

Delegado de Investigación . Química Schering Colombiana
A. A. 67-10, Cali - Colombia .

Las anuales son las que generalmente están asociadas con los cultivos semestrales ; crecen rápido, completan su ciclo vegetativo en una cosecha y producen grandes cantidades de semilla .

Las malezas bianuales son plantas que requieren dos años para cumplir su ciclo vegetativo. En el primer año, producen solamente estructuras vegetativas y en el segundo desarrollan las estructuras reproductivas con la consiguiente producción de semillas.

Las especies perennes pueden ser monocotiledoneas o dicotiledoneas que rebrotan años tras año a partir del mismo sistema radicular. Frecuentemente no están asociadas con el cultivo del Frijol sino con cultivos perennes, praderas y áreas no cultivadas. En la Tabla 1, se mencionan algunas de las principales malezas de importancia económica en el cultivo del Frijol y su susceptibilidad a los herbicidas recomendados .

Se ha reportado que el Frijol tiene pérdidas en sus rendimientos desde un 15 % a un 31 %, con un promedio del 51 % causadas por el efecto de competencia ofrecido por las malezas. Estas pérdidas dependen fundamentalmente de la población existente de malezas y de las condiciones locales.

... de frijol y su
 eptibilidad a los herbicidas recomendados.

HERBICIDA

Nombre Vulgar	Cobeco	Ireflan	Vernan	Afalon	Antor	Preloran	Basagran	Nombre Científico
<u>ANCIAS</u>								
raya	R	R	R	M	R	-	S	<u>Kallstroemia pubescens</u> (A)
tilla	R	R	R	R	R	R	S	<u>Ipomoea</u> spp. (A)
o	S	S	M	S	S	S	S	<u>Amaranthus</u> spp. (A)
llo	R	R	R	M	R	H	S	<u>Xanthium occidentale</u> (A)
ronia	S	S	M	S	M	S	S	<u>Cyperonia Palustris</u> (A)
zo	S	S	R	S	-	S	S	<u>Chenopodium</u> spp. (A)
a Uchuva	R	R	R	S	-	S	S	<u>Physalis</u> spp. (A)
ca	-	-	R	S	-	S	S	<u>Galinsoga</u> spp. (A)
ecilla	M	M	M	M	R	-	S	<u>Euphorbia</u> spp. (A)
ncillo	R	R	R	S	R	S	S	<u>Cucumis melo</u> (A)
nga-Masiqifa	M	M	M	S	M	H	S	<u>Bidens pilosa</u> (A)
olaga	S	S	R	S	R	S	S	<u>Lortulaca oleracea</u> (A)
<u>GRINEAS</u>								
adora	S	S	R	R	R	M	R	<u>Rottboellia exaltata</u> (A)
darocfo	S	S	S	S	S	S	R	<u>Digitaria Sanguinalis</u> (A)
drepuerco	S	S	S	S	S	S	R	<u>Echinochloa colonum</u> (A)
mona	S	S	S	S	S	S	R	<u>Leptochloa filiformis</u> (A)
o Argentina	R	R	R	R	R	R	R	<u>Cynodon dactylon</u> (P)
de gallina	S	S	S	S	S	S	R	<u>Eleusine indica</u> (A)

HERBICIDAS

NOMBRE VULGAR

NOMBRE CIENTIFICO

Coboxo
Treflan
Verlan
Afalón
Antor
Preforan
Dasagran

CYPERACEAS

Coquito	R	R	S	R	R	R	R	<u>Cyperus rotundus</u>	(P)
Paja cortadera	R	R	S	S	S	S	S	<u>Cyperus diffusus</u>	(A)

S = Susceptible; M = Medianamente Resistente.

R = Resistente ; - = Sin información.

A = Anual; B = Bianaual; P = Perenne.

MÉTODOS DE CONTROL

En el frijol, las malezas se pueden controlar por métodos 1) Mecánicos, 2) Culturales, 3) Químicos (uso de herbicidas), 4) o por una combinación de las tres anteriores. En todos los casos, lo importante es que el control sea oportuno, efectivo, económico y fácil de realizar.

SELECCION DEL METODO DE CONTROL

La selección del método de control depende de los materiales y equipos disponibles, del tiempo de que se disponga, de la extensión de terreno, de factores económicos, del complejo de malezas presentes y de las condiciones específicas de la región.

caso de que se decida seguir un programa de control químico de
malas, el éxito de la aplicación de los herbicidas dependerá de
siguientes factores:

1. Producto : no sólo debe ser de buena calidad, sino que debe
ser el adecuado para el complejo de malezas presentes en el lote.

2. Identificación de la especie de malezas.

3. Rapidez de aplicación y de acción.

4. Seguridad del producto.

5. Equipo de aplicación.

6. Calidad del agua.

7. Factores ambientales.

8. Tiempo y sitio de almacenamiento del producto.

METODOLOGIA PARA RECOMENDAR UN HERBICIDA

Para recomendar correctamente la aplicación de un producto herbicida en
caso de frijol o de cualquier otro cultivo, debe seguirse la siguiente
metodología:

1. Conocer cuáles son las malezas, sin lo cual es imposible llegar a
una recomendación específica de herbicidas.

2. Determinar el estado de desarrollo de las malezas.

3. Tener en cuenta el tipo de aplicación que se va a hacer, si será :

- a) Pre-siembra incorporado (PST), lo que nos indica que el herbicida debe ser incorporado debido a su alta volatilidad y a su baja solubilidad.
 - b) Pre-Emergente (PRE) o sea todas aquellas aplicaciones que se efectúan después de la siembra y antes de la emergencia del cultivo y de las malezas .
 - c) Post-Emergente (POST), son todas las aplicaciones que se realizan cuando ha emergido el cultivo y las malezas. Se recomienda hacerlas cuando las malezas estén en el estado de 2 a 3 hojas.
4. Otro factor muy importante son las condiciones del suelo, lo cual influye en la dosis y posiblemente en el producto que se va a aplicar, pues se da el caso de herbicidas que no se pueden aplicar en suelos livianos pero sí en suelos pesados.
5. El otro aspecto se refiere ya al producto en sí, cual es su solubilidad, su volatilidad, si se le debe o no incorporar.
- Una vez conocidos todos estos factores se puede llegar a seleccionar el producto, determinar la dosis, el sistema de aplicación y el volumen de agua.

TECNICAS DE LA APLICACION

Un tópico muy importante en cuanto al éxito de los herbicidas, se refiere a las técnicas de aplicación. Esto incluye la revisión del equipo y su correcta calibración, así como la aplicación del producto. Si se falla en cualquiera de éstos tres puntos, no se va a lograr el éxito buscado.

REGULACION DEL EQUIPO

Antes de la calibración del equipo, haremos un repaso rápidamente de los aspectos más importantes, ya que este tema es tratado en otra referencia. En primer lugar, la presión y la velocidad deben ser ajustadas a las recomendadas, la altura del aguilón debe ser la adecuada. Las boquillas deben ser las indicadas para aplicaciones de herbicidas y que nos den el volumen de agua requerido. El operador debe ser una persona que comprenda muy bien todo el proceso de calibración. Siempre debemos tener en cuenta el estado de desarrollo de la maleza, la velocidad del viento, las condiciones del terreno, si estamos haciendo una aplicación total o dirigida o si es una aplicación en que el producto debe ser incorporado. Todo esto determina como vamos a calibrar, es decir como debemos ajustar la aspersora a una dosis adecuada para el herbicida que hemos escogido. Estos son tan solo antecedentes antes de hacer la aplicación en el campo.

HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN FRIJOL

Según a los herbicidas recomendados para el control de malezas en frijol, se puede observar en la Tabla 2, los productos y las dosis usadas en los diferentes tipos de suelos.

TABLA 2. HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN FRIJOL

<u>HERBICIDA</u>		<u>DOSIS PC/Ha</u>		APLICACION
Nombre Comercial	Nombre Técnico	Suelo Liviano	Suelo Pesado	
Treflan	Trifluralina	2.5 l	3.0 l	PSI
Planavin	Nitralina	1.75 kg	2.0 kg	PSI
Vernon	Vernolate	4.5 l	5.5 l	PSI
Basagran	Bentazon	2.0 l	2.0 l	POST
Afalon	Linuron	-	3.0 kg	PRE
Cobexo	Dinitramina	2.5 l	3.0 l	PSI
Preforan	Fluorodifen	13.0 l	16.0 l	PRE
Amiben	Glomamben	11.5 l	12.5 l	PRE
Arctif	DNEP	5.0 l	6.0 l	PRE
* Amex	Butralina	2.0 l	3.0 l	PRE
Prowl	Pemoxalina	3.5 l	4.5 l	PRE
* Antor	H-22234	3.0 l	4.0 l	PRE
Preforan + Afalon		-	7.0l+1.5 kg	PRE
Antor + Afalon		-	2.9l+1.0 kg	PRE

(*) Adn no son comerciales en Colombia

En los tratamientos los dos primeros, Treflan y ^lPlanavin son muy
eficaces ya que son del mismo grupo químico (dinitroanilidas)
pero tienen diferentes concentraciones y diferente actividad por
su diferente ingrediente activo, por lo tanto se reduce en poco la dosis
del Planavin. Ambos productos deben ser incorporados en el suelo
después de aplicación. Otro producto muy parecido es el Cobexo,
con la misma dosificación del Treflan y también es de PSI. Treflan,
Planavin y Cobexo son excelentes para gramíneas anuales, incluyendo
Setaria exaltata, especie que es resistente a muchos otros
herbicidas para gramíneas, pero estos tres productos sí controlan
bien esta maleza.

El Vernan es un pariente del Sutan y del Erradicane, por lo tanto
es eficaz para gramíneas y coquito, se aplica en dosis de 4.5 a 5 l/Ha,
también sirve para soya. La incorporación del Vernan debe ser in-
mediata. En los otros tres productos que se incorporan se puede espe-
rar hasta 6 horas sin que se pierda la efectividad, en cambio con
el Vernan no podemos esperar ni media hora sin que el producto pierda
algo de su efectividad, ya que es sumamente volátil.

El Preforan no se recomienda en suelos livianos pero sí en suelos pe-
sados. En preemergencia, el Preforan es un producto muy selectivo al
suelo y se requiere una buena dosis, de 13 a 16 l/ Ha.
El Preforan es un herbicida nuevo y selectivo en postemergencia en todas las legu-
minosas es el Basagran, cuyo nombre técnico es el Bentazón. Se debe
aplicar cuando la maleza está pequeña y no tenga más de dos a tres
hojas. No controla ninguna gramínea y con malezas de hoja ancha en

importante tener en cuenta la época de aplicación de postemergencia de este producto.

También aparecen registradas en la Tabla 1, las mezclas de Afalon + Preforan y Afalon + Anter, éstas no se recomiendan en suelos livianos pero sí en suelos pesados, en donde tienen magníficos resultados, ya que lo que se pretende conseguir cuando aplicamos una mezcla es :

- (1) aumentar el espectro de control, éste es lo más importante,
- (2) cuando un producto es muy costoso se puede mezclar con otro más barato y reducir así el costo total, (3) se puede reducir la posibilidad de residuos de los herbicidas en el suelo, pues esta residualidad puede afectar los cultivos de rotación. Este es el caso de Gesaprim, que al aplicarlo en el primer semestre en maíz, puede dejar residuos que podrían afectar al frijol en el segundo semestre, pero si mezclamos Gesaprim + Lazo o Gesaprim + Afalon se reduce el peligro, lo que hace que se aumente el margen de selectividad.

A continuación se mencionarán algunos temas de bastante importancia en el futuro para zonas tropicales. Uno de ellos es el de la "doble siembra de cultivos". Este sistema consiste en preparar el suelo en el primer semestre como normalmente se lo hace, pero para la siembra del próximo semestre no se prepara sino que se emplean herbicidas para eliminar las malezas presentes en el lote, empleando el sistema de no labranza. Este sistema está muy de moda hoy en día en zonas templadas (Europa y Estados Unidos). Esto implica el uso de herbicidas postemergentes no selectivos y no residuales que eliminan las

malezas presentes en el momento de la siembra y de herbicidas residuales que dan control durante el establecimiento del cultivo.

Las razones de popularidad del sistema de "no labranza", son diversas: se ahorra tiempo, mano de obra, dinero, agua y suelo al mismo tiempo, se producen rendimientos remunerativos y además se evita o reduce la erosión.

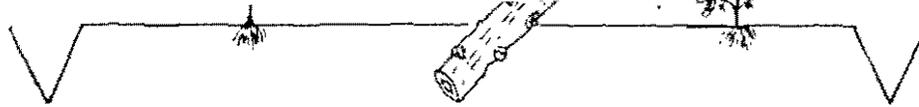
En el CIAT, se está ensayando este sistema. Se emplearon como tratamientos no selectivos y no residuales herbicidas como Gramoxone y Roundup para eliminar las malezas presentes al momento de la siembra. Como herbicidas residuales se emplearon las mezclas de : Gesaprim + Lazo (1.2 kg + 2 l) para maíz; Afalon + Lazo (1.5 kg + 2 l) para frijol arbustivo y Afalón + Preforan (1.5 kg + 8 l) para la asociación maíz + frijol voluble, éstos tratamientos se compararon con el método de corte, es decir que se cortan las malezas a ras del suelo que estuvieran presentes al momento de la siembra, este es el sistema que generalmente acostumbra usar el campesino. Se han obtenido magníficos resultados, demostrando que se puede pensar en sistemas de no labranza para el ambiente tropical.

Un aspecto importante, sobre todo para el campesino del trópico, es el de los cultivos asociados. Actualmente ya está más o menos claro que hay herbicidas selectivos por ejemplo el maíz al frijol o la yuca, pero cuando tenemos la asociación de dos cultivos se complica un poco la selección del herbicida, porque ya son dos especies de plantas que queremos dejar y a la vez eliminar las malezas.

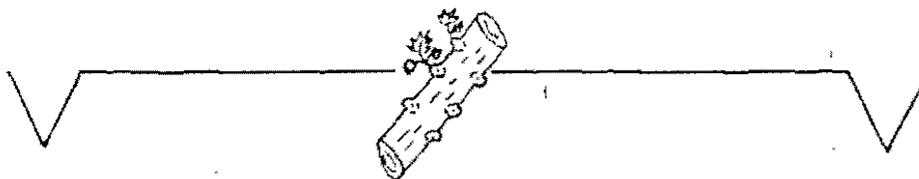
Al respecto, se han realizado algunos estudios en CIAT con la asociación Frijol-Yuca. Se comparó la asociación de éstos dos cultivos con los respectivos monocultivos. Para el Monocultivo de frijol se sembraron dos surcos por cama, para yuca, un surco y para la asociación un surco de yuca en medio de dos surcos de frijol (Fig.1.)

Se encontró que con una población de yuca de 15.000 plantas /Ha, sin haber hecho ningún control de malezas, 30 días después de la siembra la maleza había dominado completamente el cultivo. Al reemplazar el espacio ocupado por las malezas con el frijol se aprovechaba mejor la energía solar y se encontró que al no hacer ninguna desyerba el frijol había desplazado algunas malezas, esto debido a que el frijol es una planta que compete bien, mucho más que la yuca. Al complementar el cultivo asociado con el uso de control químico o mecánico de las malezas ya se estaba utilizando toda la luz solar que llegaba al suelo no para producir malezas sino cultivos. Para dicha asociación se empleó la mezcla herbicida de Antor + Afolon (4.0 l + 2.0 kg).

Pero todavía falta mucha más investigación en este sentido, apenas se ha comenzado a ver algo de las interacciones entre diferentes cultivos asociados, pero obviamente se puede pensar en las asociaciones de cultivos para complementar el control de malezas, puesto que va a haber un mayor número de plantas de valor económico que van a competir con las malezas.



Frijol-Yuca Asociados



Yuca Monocultivo



Frijol Monocultivo

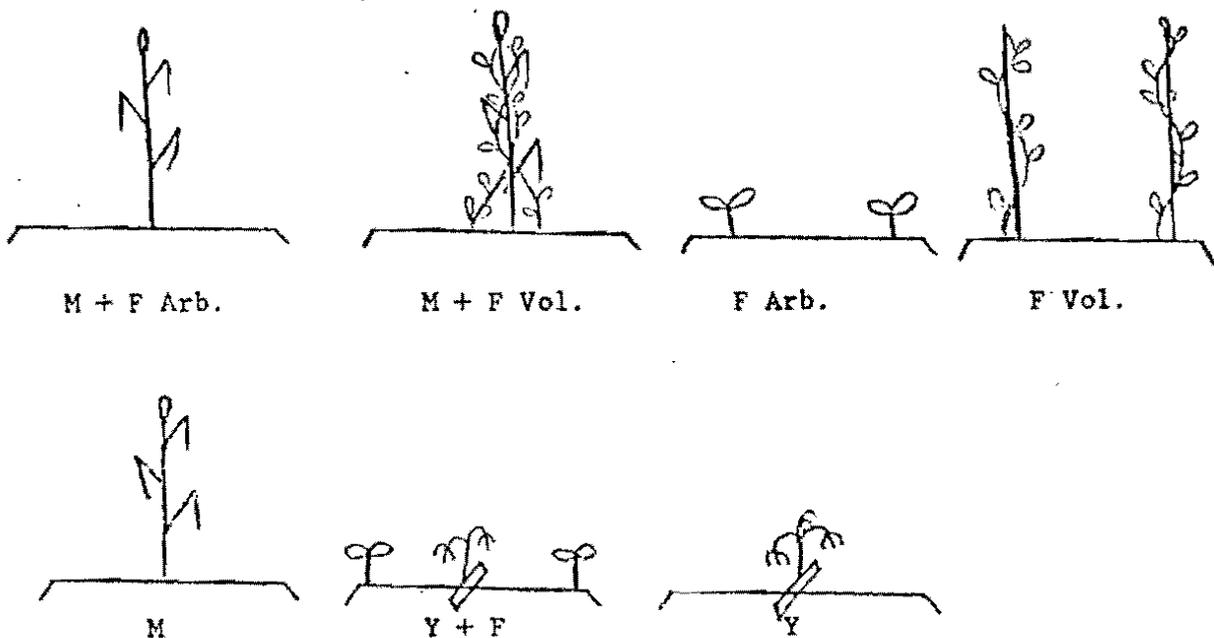
Fig. 1. Sistemas de siembra de Frijol - Yuca asociados y en monocultivo

ENSAYO DEMOSTRATIVO DE HERBICIDAS EN LAS ASOCIACIONESFRIJOL + MAIZ Y FRIJOL + YUCAOBJETIVO

En este ensayo se observará la selectividad presentada por los cultivos frijol, maíz y yuca en mono y policultivos hacia diferentes mezclas de herbicidas. Además, se podrá apreciar los resultados del control de malezas con estos herbicidas.

METODOLOGIA

1. Veinte días antes de la demostración se sembró frijol, maíz y yuca en monocultivos y asociados (Frijol + Maíz y Frijol + Yuca).
2. Se aplicaron mezclas de herbicidas que normalmente presentan selectividad tanto a los monocultivos como a las asociaciones bajo las condiciones de CIAT.

SISTEMAS DE SIEMBRA

DISEÑO DE CAMPO

Frijol Arbustivo

101 A	101 B
CALIMA	ICA-TUI

Frijol Voluble

102 A	102 B
P- 589	P- 16 A

Yuca

103
MEXICO - 11

Maiz

104
H - 207

Maiz + Frijol Arb.

105 A	105 B
CALIMA	ICA-TUI

Maiz + Frijol Vol.

106 A	106 B
P - 589	P - 16A

Frijol + Yuca

107
CALIMA + MEXICO-11

Frijol + Yuca

108
ICA-TUI + MEXICO-11

Frijol + Yuca

109 A	109 B
CALIMA	CALIMA
ICA - TUI	ICA - TUI

110

Testigo Yuca

111

Testigo Maiz

112 A

112 B

Testigo Frijol Arb.

CALIMA

ICA-TUI

1.	alaclor + linuron	0.75 + 1.0	1.6 + 2.0	Pre Pre	101 101	480 50	Lazo + Afalon
2.	alaclor + linuron	0.75 + 1.0	1.6 + 2.0	Pre Pre	102 102	480 50	Lazo + Afalon
3.	alaclor + diuron	1.5 + 1.0	3.0 + 1,2	Pre Pre	103 103	480 50	Lazo + Karmex
4.	alaclor + atrazina	1.0 + 1.0	2.1 + 1.3	Pre Pre	104 104	480 80	Lazo + Gesaprim
5.	fluorodifen + linuron	2.5 + 0.75	2.5 + 5.0	Pre Pre	105 105	300 50	Preforan + Afalon
6.	alaclor + fluorodifen	1.5 + 2.0	4.2 + 3.3	Pre Pre	106 106	480 300	Lazo + Preforan
7.	linuron	1.0	2.0	Pre	107	50	Afalon
8.	cloramben + linuron	2.0 + 1.0	8.0 + 2.0	Pre Pre	108 108	240 50	Amiben + Afalon
9 ₁ .	bentazon	1.2	2.5	Pre	109a	480	Basagran
9 ₂ .	diuron	2.0	2.5	Pre	109b	80	Karmex
10.	testigo yuca						
11.	testigo maiz						
12.	testigo frijol arbustivo						
13.	testigo frijol voluble						
14.	testigo frijol + yuca						
15.	testigo frijol arb. + maiz						
16.	testigo frijol vol. + maiz						

ENSAYO DEMOSTRATIVO DE HERBICIDAS EN FRIJOL

El ensayo se observará el control de malezas logrado con diferentes herbicidas que son selectivos al frijol.

PLANTACIÓN

Diez días antes de la demostración se sembró el frijol en camas de 1.5 m de ancho.

Las parcelas tienen dimensiones de 4 x 3 m, sin repeticiones.

Se sembraron en toda el área semillas de las malezas, Guarda rocío, Pa - gallina, Batatilla y Papunga.

CAMPO

TRATAMIENTO	DOSIS		APLIC.	PARCELA	CONCEN.		NOMBRE COMERCIAL
	Kg/ha	PC/ha			g/l	%	
	1.5	3.0Kg	PRE	101		50	Afalon
fen	4.5	15.0 l	PRE	102	300		Preforan
	1.0	2.0 l	POST(2-3h)	103	480		Basagran
e	3.6	5.0 l	PSI	104	720		Vernam
lina	1.5	3.0 l	PSI	105	480		Treflan
+ fen	0.5 + 2.4	1.0 kg + 8.0 l	PRE	106	300	50	Afalon + Preforan
Absolecta	—	—	—	107	—	—	—
teranilo	—	—	—	108	—	—	—

MONO Y POLICULTIVO; DE MAIZ Y FRIJOL DIVERSIFICADOS

CON MALEZAS DE HOJA ANCHA Y GRAMINEAS

OBJETIVO

En este ensayo se evaluará la dinámica poblacional y el comportamiento de las plagas de frijol, principalmente Empoasca kraemeri y Diabrotica balteata y de maíz, Spodoptera frugiperda; así como la capacidad que tienen estos dos cultivos para competir con las malezas.

METODOLOGIA

Veinte días antes de la demostración se sembraron parcelas de 4 x 3 m (sin repeticiones) de maíz y frijol en mono y policultivos asociados con malezas gramineas y de hoja ancha.

DISEÑO DE CAMPO

F =	G	H.A.	G + H.A.	T
M =	G	H.A.	G + H.A.	T
M + F =	G	H.A.	G + H.A.	T

F = FRIJOL

M = MAIZ

M + F = MAIZ + FRIJOL

G = GRAMINEAS

H.A. = HOJA ANCHA

T = TESTIGO LIMPIO

TENDENCIAS DE BIOCONTROL EN LA ASOCIACION FRIJOL-BLEDO

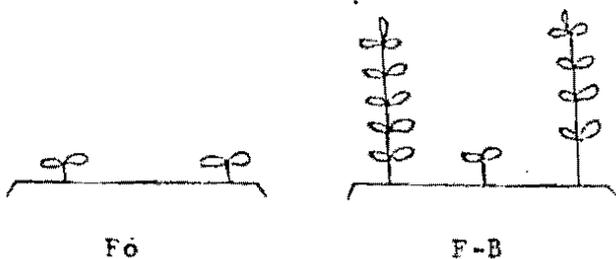
servado que el bledo es fuertemente atacado por un insecto del orden
ra (Hymenia recurvalis). En este ensayo se apreciará el control del
recido por este insecto.

IA

yo consta de dos tratamientos: frijol en monocultivo (Fo) y frijol a-
on bledo (F-B).

las tienen un tamaño de 2 x 3 m. Para el monocultivo de frijol, se
dos surcos por cama, y para la asociación con bledo, se sembró un
frijol en medio de dos surcos de bledo en la misma cama.

ías antes de la demostración se sembró el bledo sin cubrirlo con suelo.
ue alcanzó 5 cm de altura, se procedió a sembrar el frijol. Mediante
se evitó la colonización por otras malezas no deseadas.

DE SIEMBRA

SINTOMATOLOGIA DE DAÑO EN FRIJOL CAUSADA POR HERBICIDAS

OBJETIVO

En este ensayo se observarán síntomas de daño en frijol causados por herbicidas no selectivos y herbicidas que normalmente si lo son.

METODOLOGIA

Veinte días antes de la demostración, se sembraron parcelas de frijol de 2 x 3 m, inmediatamente despues, se aplicaron en preemergencia los productos linuron y atrazina. El linuron es un herbicida selectivo al frijol, pero cuando se lo aplica en una dosis que no es la recomendada, en este caso una dosis alta, pierde su selectividad. El atrazina no es selectivo al frijol, además es un producto residual, y se lo aplicó para simular residualidad al momento de la rotación.

Siete dias antes de hacer la demostración, se aplicaron los herbicidas paraquat y 2,4,D amina en postemergencia para simular daño en el frijol, cuando son arrastrados por el viento.

PLAN DE CAMPO

TRATAMIENTO	DOSIS		APLIC.	PARCELA	CONGEN.		NOMBRE COMERCIAL
	Kía/Ha	PC/Ha			g/l	%	
2,4,D amina	0.2	0.5 l	POST	101	.480		Cerotox- amina
Paraquat	0.1	0.5 l	POST	102	200		Gramoxone
Linuron	3.0	6.0 Kg	PRE	103		50	Afalon
Atrazina	0.8	1.0 Kg	PRE	104		80	Gesaprim

PROBLEMAS Y CALCULOS

Usted es extensionista y llega a una finca momentos antes de que el agricultor empiece a aplicar Treflan . Al inspeccionar la aspersora descubre que hay cuatro boquillas de tamaño 8004 y cuatro más de 8002 en el aguilón de ocho boquillas. No hay otras boquillas disponibles y el agricultor debe hacer la aplicación el mismo día . Qué le aconsejaría ?

Usted tiene una aspersora calibrada para aplicar 250 litros de agua por hectárea. Está aplicando Afalón a 3.0 Kg de P.C. / ha. Necesita llenar el tanque que tiene 400 lts. de capacidad . El tanque ya contiene 45 litros de solución más el afalón . Cuántos gramos de herbicida debe añadir ?

Al calibrar su aspersora , descubre que hay una descarga de 600 litros /ha a una velocidad de 6 K PH , y una presión de 40 lt/ pulg . Qué debería hacer para reducir la descarga ?

- a) a 500 lt/ Ha.
- b) a 250 Lt/Ha.

Un agricultor viene a su oficina con una muestra de una maleza nueva en su región. El dice que hay bastante en su campo de frijol y quisiera controlarla pronto. Qué le preguntaría y qué le recomendaría ?

Usted tiene un campo de 20 Has. de frijón y quiere aplicar Proforan en bandas de 30 cm. sobre surtos de 90 cm. La dosis que va a usar es de 4.5 lt a / Ha.

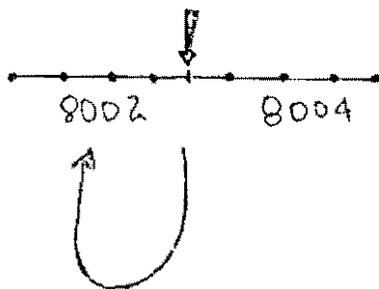
Cuántos litros del producto comercial tiene que comprar ?
La concentración del Proforan es de 300 g / l .

RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS

1. Se tienen Boquillas 8004 y 8002 (Cuatro de c/u) .
El aguilón es para 8 Boquillas .

SOLUCIONES :

- a) Utilizar solamente las boquillas 8002 a 25 cm entre Boquillas .
- b) Utilizar solamente las boquillas 8004 a 50 cm entre Boquillas .
- c) Utilizar en un extremo las boquillas 8002 y en el otro extremo las boquillas 8004 y hacer una doble aplicación por el lado de las boquillas 8002 .
(Ver diagrama)



PROBLEMA # 2 .

Vol. de calibración = 250 lts / Ha.

Herbicida aplicado : Afaion 3.0 kg P.C / Ha.

Capacidad tanque aspersora = 400 lts.

Vol. inicial de solución + Afaion = 45 litros .

Vol. tanque = 400 litros .

Vol. que tiene = 45

Vol. que falta = 355 litros

Si para 250 litros gastamos _____ 2.0 Kg P. C.

para los 335 litros gastaremos _____ X

Por tanto : X = $\frac{355 \text{ litros} \times 2.0 \text{ Kg P.C}}{250 \text{ litros}} = 2.8 \text{ Kg P.C.}$

Debemos adiccionar 2.8 Kg de Afalon más 355 litros de agua al tanque de la aspersora .

PROBLEMA # 3 .

Descarga inicial = 600 litros / Ha.

Vel . = 6 Km P H

Presión = 40 Lt/ ps²

A) Se quiere rebajar la descarga a 500 litros / Ha, entonces debemos :

___ . Aumentar la velocidad a : 7.2 Km . P. H .

B) Se quiere rebajar la descarga a 250 Lts / Ha., entonces debemos :

___ . Cambiar las boquillas por otras que tengan menor descarga .

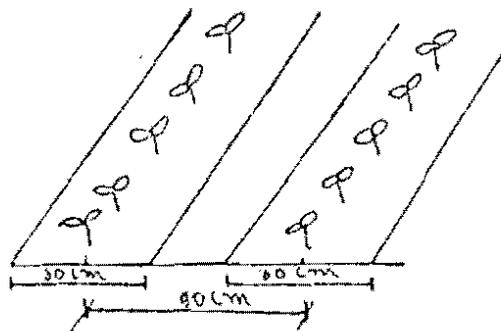
___ . Disminuir la presión a menos de la mitad .

PROBLEMA # 4 .

Se deben conocer algunos antecedentes como :

- ___ . cual es el cultivo y cual su estado de desarrollo
- ___ . cual es el estado de desarrollo de la maleza
- ___ . cual es su agresividad (localizada o general sobre el lote)
- ___ . cuáles son las condiciones del suelo
- ___ . cuáles son las condiciones climáticas de la región
(Humedad, temperatura , viento)
- ___ . equipo disponible y estado del mismo
- ___ . cultivos vecinos
- ___ . topografía

PROBLEMA # 5.



nemos que 30 cm equibalen a 1/3 de 90 cm : o sea que :

área a aplicar sería 1/3 de 24 Has. ; por tanto :

$\times 1/3 = 8$ Has, que sería el aérea total a tratar .

bemos que la concentración del Preforan es de 300 gr/et ,
to nos indica que :

1 Lt P.C Preforan _____ 0.3 Kg I.A/ Ha.

X _____ 4.5 Kg I.A/ Ha

por tanto : $X = \frac{4.5 \text{ Kg I.A / Ha} \times \text{Lt P.C/Na.}}{0.3 \text{ Kg I.A/ Ha.}} = 15 \text{ Lts P.C/Na.}$

sea que estamos aplicando 15 Lts. P.C. \times 8 Ha. = 120 Lts.
reforan / 8 Has.

para regular la descarga de una aspersora, se pueden modificar :

La velocidad de aspersión .

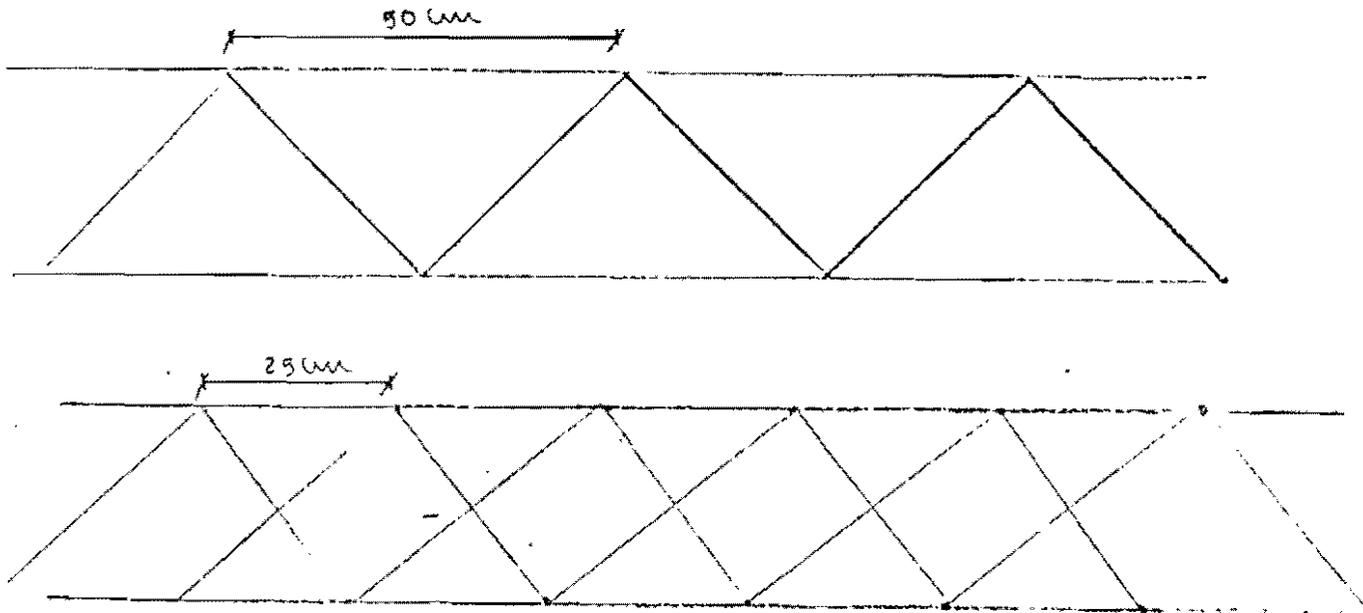
La descarga por unidad de superficie es proporcionalmente
inversa a la velocidad a la que se realiza la aspersión .

(TABLA # 1.) : Relación entre velocidad de aspersión
y descarga a una presión constante .

K P H	LITROS / HA
2	800
4	400
8	200

2. El número de boquillas y la distancia entre estas .

FIGURA # 1. Aguilon (A) con boquillas espaciadas a 50 cm y con una descarga de 250 litros / Ha.; mientras que el mismo aguilon (B) con boquillas espaciadas a 25 cm. tiene una descarga de 500 litros / Ha. cuando la presión y la velocidad son constantes .



3. El tamaño del orificio de la boquilla .

TABLA # 2. Relación entre tamaño de la boquilla , la presión y la descarga en litros por minuto .

No. de Boquillas (Teejet)	Descarga en litros / minutos		Cambio debido a:	
	Lb / pg ²		Presión %	tamaño de boquilla %
	20	40		
8001	0.265	0.380	43	—
8002	0.530	0.760	43	100
8004	1.060	1.520	43	100

Presión de Aspersión .

que la descarga no es directamente proporcional a la presión (Tabla # 2) al aumentar la presión se aumenta la descarga en 43 % .

Para cambios grandes es mejor ajustar la descarga cambiando el tamaño de las boquillas a la velocidad de aspersión que la presión .

